

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros,
 D. Antonio Souler, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

LABORATORIO CENTRAL PARA ENSAYO DE MATERIALES

DE LA

ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

En el Reglamento de la Escuela, venía consignándose años hace, que entre otras dependencias de ella habría un Laboratorio para ensayos de materiales que se encargaría de efectuar todos aquellos que le encargase, tanto la Administración, como los particulares; pero por falta de créditos no se ha realizado tan importante idea, hasta la publicación del Real decreto de 13 de Agosto de 1893, obra del entonces Ministro de Fomento Sr. Gamazo, del Director de Obras públicas Sr. Arias de Miranda, y de nuestro distinguido compañero Sr. De Federico, que, con él vió coronado por el éxito su incesante labor de varios años en pro de la realización de aquella idea.

Pronto hará un año que el Laboratorio está abierto al público, y en ese espacio de tiempo viene efectuando cuantos ensayos se han solicitado por dependencias del Estado y por particulares y fabricantes, haciendo suponer el número de ellos que cada vez será mayor el pedido de ensayos.

A más de los ensayos que se solicitan, el Laboratorio se ocupa en ensayos de investigación que tan útiles pueden ser para obtener mayor economía en las obras públicas, por el mejor conocimiento de los materiales empleados.

La calidad de los morteros en las obras de fábrica, la influencia de la labor más ó menos esmerada, el empleo del canto rodado ó de la piedra partida en los hormigones, las mezclas de cementos de fraguado rápido y cales, son problemas que, á más de otros muchos, abren un vasto campo de estudio al Laboratorio.

Gracias á la poderosa inteligencia y actividad del Director de la Escuela, Sr. Inchaurregui, secundado en su constante trabajo por el esfuerzo de los profesores, á quienes se encomendó la misión de instalar el Laboratorio, pudo éste empezar á funcionar á los ocho meses de concedido el crédito de 230.000 pesetas.

Con esta cantidad, se han hecho todas las obras de arreglo del local, construcción de dos pequeños pabellones, adquisición ó instalación de todas las máquinas y aparatos y gastos de sostenimiento durante el primer año económico.

De desear sería que el Laboratorio se hubiese instalado en edificio especial, pero no habiéndolo permitido la cuantía del crédito concedido, la instalación se ha hecho en el mismo edificio de la Escuela.

La mayor parte del Laboratorio ocupa la planta de sótanos de la Escuela, incluso uno de sus patios que se ha cubierto; como anejos hay dos pabellones, uno para una pequeña instalación hidro-eléctrica y otro para colocar una máquina universal de 250 toneladas de potencia, que en breve llegará al Laboratorio.

La superficie cubierta ocupada por el Laboratorio es de 750 metros cuadrados, incluso los dos anejos.

A fin de que mis compañeros tengan noticia de los ensayos

que en este Centro se verifican y de los medios de llevarlos á cabo, trataré de pasar revista á unos y otros.

Los materiales que han de ensayarse, se pueden entregar en forma de probetas preparadas que han de ajustarse á las formas y dimensiones que en cada caso se indican al público; pero también se encarga el Laboratorio de la preparación de las probetas, en cuyo caso basta entregar la cantidad suficiente de material.

Los talleres de preparación de probetas cuentan con los medios siguientes:

Con los materiales aglomerantes (yesos, cales, cementos y asfaltos), después de reducidos á pastas, se obtienen probetas en moldes de bronce de distintas formas, según la clase de ensayo á que se las someta.

Para la preparación de morteros se emplea como arena normal la de la playa de Leucate, departamento del Aude (Francia), adoptada por la Comisión de los métodos de ensayo de los materiales de construcción; la única preparación á que se la somete es el tamizado, y sólo se aprovecha como arena normal la que pasa por el cedazo de 64 mallas por centímetro cuadrado y queda en el de 141; para esta separación se emplea una tamizadora mecánica.

Como arena ordinaria se emplea la del río Manzanares lavada y tamizada, según los casos.

También se emplea para ensayos especiales la arena que designe el peticionario del ensayo.

Las probetas se conservan hasta las fechas en que han de hacerse los ensayos á que se las someta, bien al aire en un departamento especial á temperatura poco variable y atmósfera húmeda, ó bien en artesas con agua dulce ó salada.

Los hormigones se preparan con piedra silícea, si otra cosa no desea el peticionario del ensayo, y las probetas se obtienen en moldes cúbicos de 28 y de 15 cm. de arista.

Las maderas de construcción se preparan con una sierra mecánica y las herramientas de mano necesarias.

Los metales se preparan por medio de una sierra circular, una cepilladora, dos tornos, una tijera-punzón y máquina de taladrar, movidas todas, así como las antes citadas, por un motor de gas Otto de 5 caballos efectivos.

Ensayos de materiales aglomerantes.

Para los análisis químicos cualitativos y cuantitativos, cuenta el Laboratorio con todos los medios necesarios.

Por medio del volumenómetro del Doctor Schumann, se determina la densidad real, y con auxilio de un aparato especial que permite llenar una medida de un litro, sin que el material experimente compresión, se determina la densidad aparente.

La determinación de la cantidad de agua dulce ó salada con que debe mezclarse cada cal ó cemento para obtener la parte normal, se efectúa por tanteos con la sonda de consistencia de Tetmajer.

Una vez obtenida la parte normal, se determina la duración

por cm. cuadrado basta dividir la carga total por la sección de la cintura de la probeta.

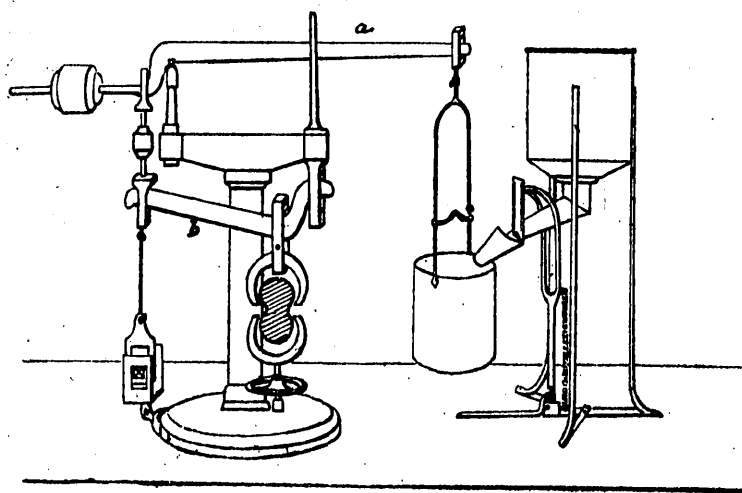


Fig. 3.ª

Para el ensayo de flexión se moldean prismas de 20×20 mm. de sección, y se les rompe por medio del aparato que se ve a la izquierda de la fig. 3.ª, que consiste en dos cuchillos fijos que sirven de apoyos colocados a 100 mm. uno de otro, y un cuchillo central, que colgado de la palanca *a*, ejerce el esfuerzo en el punto medio de la probeta; el esfuerzo se ejerce de igual modo que para el ensayo de tracción, y la carga de rotura se obtiene multiplicando el peso del cubilete y perdigones por 10.

El ensayo de compresión se hace en probetas cúbicas de 7 cm. de arista, ó bien en los mismos ochos rotos por tracción, aplas-

tando separadamente cada una de las mitades y deduciendo de la suma de las presiones necesarias para romper cada una de ellas la carga de rotura por unidad de superficie.

Para efectuar este ensayo se emplea una prensa de 30 toneladas (fig. 4.ª), sistema Amsler-Amagat, construida por la casa J. Amsler-Laffon; la máquina es análoga a la que se describió en esta REVISTA en el tomo I del año 1897; pero por variar algo de aquella, la describiré.

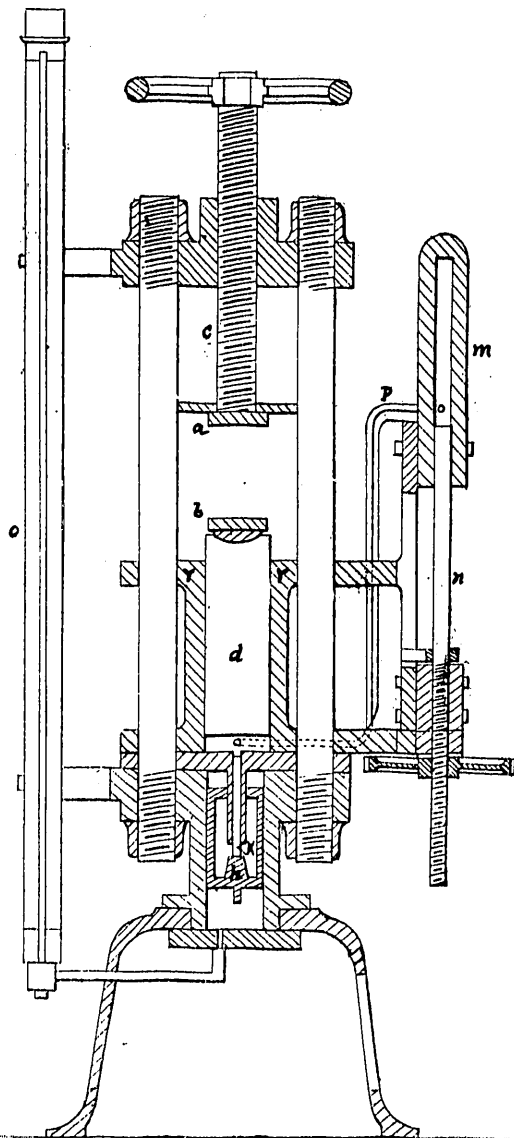


Fig. 5.ª

Es en esencia (fig. 5.ª) una prensa hidráulica en la que el cuerpo transmisor de la presión es aceite de ricino, prefiriéndose éste a cualquier otro por su gran viscosidad y por no contener sustancia alguna que pueda atacar a los metales con los que ha de estar en contacto.

La probeta se coloca entre las dos cabezas *a* y *b*, la primera de las cuales queda fija merced al husillo *c*, y la segunda se apoya por medio de una junta esférica en el extremo superior del émbolo *d*, con lo cual se consigue que el esfuerzo tenga lugar normalmente a las superficies de apoyo.

El cilindro en el cual se mueve el émbolo *d*, comunica por medio del tubo *p* con la bomba *m*, en la cual se comprime el aceite; al émbolo *n* se comunica un movimiento ascensional por medio de un engranaje angular.

Los esfuerzos se registran en un manómetro de columna de mercurio *o*, que funciona merced al reductor de presión colocado debajo del cuerpo de bomba *r*. El reductor consiste en un cuerpo de bomba dentro del cual se mueve el émbolo hueco *h* y el pequeño émbolo *k*; la presión del aceite en el cuerpo de bomba *r*, hace descender el émbolo *k*, y por consiguiente, el *h*, el cual empuja el mercurio que se encuentra debajo, y que aparece, por consiguiente, en el tubo transparente del manómetro; la presión

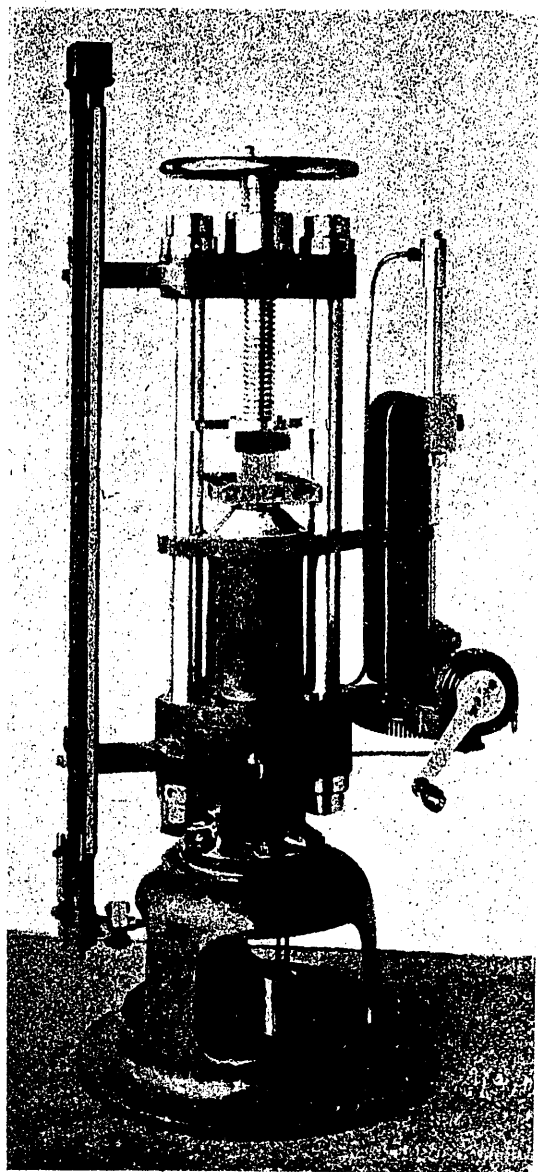


Fig. 4.ª

máxima que ha soportado la probeta queda marcada por un flotador que es arrastrado en el movimiento ascensional de la columna de mercurio, para lo cual está equilibrado por una pesa que cuelga por el exterior del manómetro.

Para la exactitud de las indicaciones del manómetro hay que evitar cualquier rozamiento en los émbolos del reductor de presión, para lo cual se les comunica un movimiento oscilatorio, merced á una palanca montada en ellos y movida por un excéntrico unido al engranje que mueve la bomba de compresión *m*.

La escala del manómetro de las presiones en kilogramos para toda la superficie de la probeta, ó en kilogramos por cm. cuadrado si se emplean probetas normales de 7 cm. de arista.

Los ensayos á la compresión de hormigones se verifican en una prensa de 150 toneladas, que describiré al tratar de los ensayos de metales; las probetas empleadas son cubos de 28 ó de 15 cm. de arista, según sea el tamaño de la piedra empleada.

En los asfaltos se determina su composición química, separando más especialmente el betún y la materia inerte.

Se efectúan ensayos de tracción en probetas en forma de 8, obtenidas por fusión de la pasta ó en frío por compresión; la máquina empleada es la romana Michaëlis ya descrita.

También se observan las penetraciones en la pasta de sondas cargadas por diversos pesos á diferentes temperaturas.

Ensayos de piedras naturales y artificiales.

Se determinan las particularidades petrográficas, valiéndose como auxiliar de un microscopio especial para petrografía con cámara fotográfica, de la casa Carl Zeiss.

El peso específico se determina por medio de los frascos de densidades ó en una balanza hidrostática, y la densidad aparente, en cubos bien labrados, por la relación del peso en el aire y del volumen aparente.

La dureza y la resistencia al desgaste, por ser propiedades relativas, se obtienen por comparación con el mármol blanco de Carrara, que es el tipo escogido por este Laboratorio.

La dureza se determina por el tiempo que una sierra mecánica tarda en cortar un cubo de 7 cm. de arista, colocado en iguales condiciones que otro semejante de mármol de Carrara; la sierra empleada es la misma que sirve para preparar las probetas: la hoja de acero es circular, y se ayuda el corte con agua y arena, ó con polvo de diamante, si la piedra ensayada es muy dura.

La resistencia al desgaste se determina colocando la probeta en una alisadora de platillo giratorio con agua y arena, viendo la pérdida de peso al cabo de un cierto número de vueltas y comparando con el mármol de Carrara puesto en iguales condiciones.

La porosidad, de igual modo que para los cementos y morteros, ó también por la relación de los pesos específicos real y aparente.

Como propiedades higroscópicas, se determinan la absorción y la desecación, deducidas por el tiempo que tardan las probetas en empaparse por completo de agua y en perder toda el agua absorbida.

Para ver la influencia del hielo sobre las piedras, se las somete después de bien empapadas, á temperaturas hasta de 17° centígrados bajo cero, en la heladora ya citada.

El ensayo de compresión se hace en probetas cúbicas, generalmente de 7 cm. de arista, y se lleva á cabo en la prensa de 30 toneladas ya descrita, ó en la de 150 toneladas que luego describiré.

También se hace, y para ello hay todos los medios necesarios, el análisis químico de toda clase de piedras de construcción ó de las de que puedan obtenerse materiales de construcción.

Casi todo lo dicho para las piedras naturales, se aplica á las artificiales, y principalmente á los ladrillos de toda clase y á las tejas y pizarras.

Ensayos de combustibles.

Los ensayos más frecuentes son los de determinación de la proporción de cenizas y composición química de ellas y determinación de la potencia calorífica, valiéndose para ello de un calorímetro de agua, en el que la combustión se verifica en una atmósfera de oxígeno.

También se determinan los residuos de la destilación seca (cok ó carbón vegetal).

Ensayos de aguas.

Por su gran importancia para el abastecimiento de poblaciones, se ha montado una sección especial para ensayos de aguas, en la que además de los ensayos hidrotimétricos y análisis químicos, se estudian los efectos de contaminación de las aguas, por medio del examen bacteriológico, que se verifica produciendo el desarrollo de colonias y observándolas con auxilio del microscopio.

Ensayos de pinturas.

Se determina la composición química de ellas, y se efectúan ensayos de su acción preservadora sobre palastros sometidos á la influencia de los gases, vapores ó líquidos que designe el peticionario del ensayo.

Ensayos de maderas de construcción.

Los ensayos que más generalmente se hacen son los de resistencia á la compresión y á la flexión, empleándose para el primero la prensa de 30 toneladas ó la de 150, y para el segundo la misma de 150 toneladas ó la de 50 que describiré más adelante.

Ensayos de metales.

El Laboratorio cuenta con medios para verificar el análisis químico de todos los metales.

Los ensayos micrográficos, á los que tanta importancia se da hoy, se hacen con un microscopio de Zeiss especial para metales unido á una cámara micro fotográfica.

Para los ensayos de resistencia á la tracción se emplean probetas de sección circular, cuadrada ó rectangular.

Los ensayos de compresión se hacen en probetas de sección circular generalmente, y para los ensayos de flexión suelen tomarse como probetas los mismos materiales tal como se presentan.

Para apreciar las dimensiones exactas de las secciones de las probetas, se emplean compases de espesor con los que se aprecia hasta 0,01 mm.

Para medir los cambios de longitud después de la rotura en los ensayos por tracción y compresión, se dividen previamente las probetas en centímetros, valiéndose para ello de una maquinita especial de Amsler-Laffon, representada en la figura 6.^a

Para efectuar los ensayos hay varias máquinas de diversa potencia y de distinto tipo para escoger en cada caso la más apropiada á las dimensiones de la probeta y á su resistencia, así como también para llenar uno de los objetos del Laboratorio, que es el de servir de enseñanza á los alumnos de la Escuela que así pueden adiestrarse en el manejo de máquinas de algunos de los sistemas más usados.

Para ensayar á la tracción alambres y palastros ó probetas de pequeña sección, se emplea un tractor de 5 toneladas de potencia, construido por la casa J. Amsler-Laffon, representado en las figuras 7.^a y 8.^a, que como todas las demás máquinas de esa casa, es de manómetro.

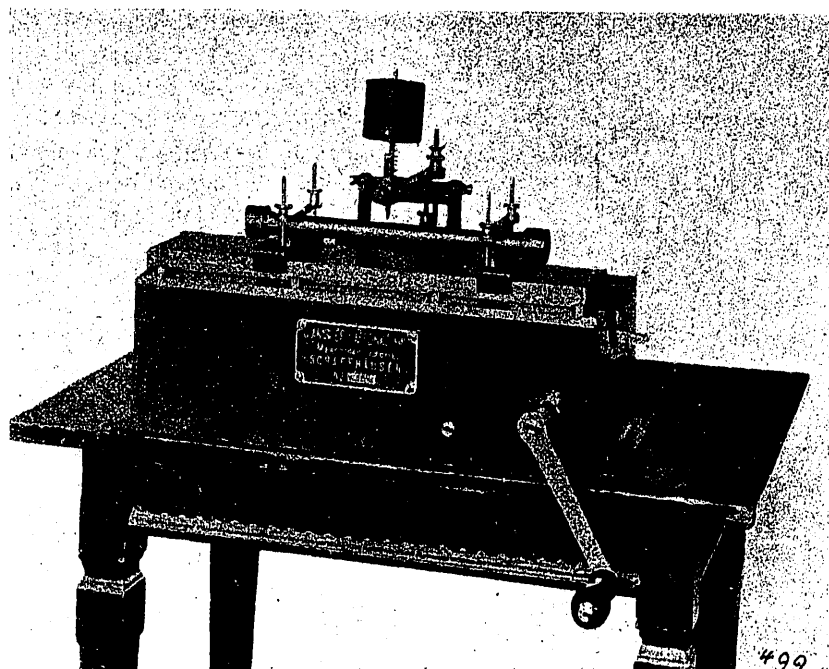


Fig. 6.a

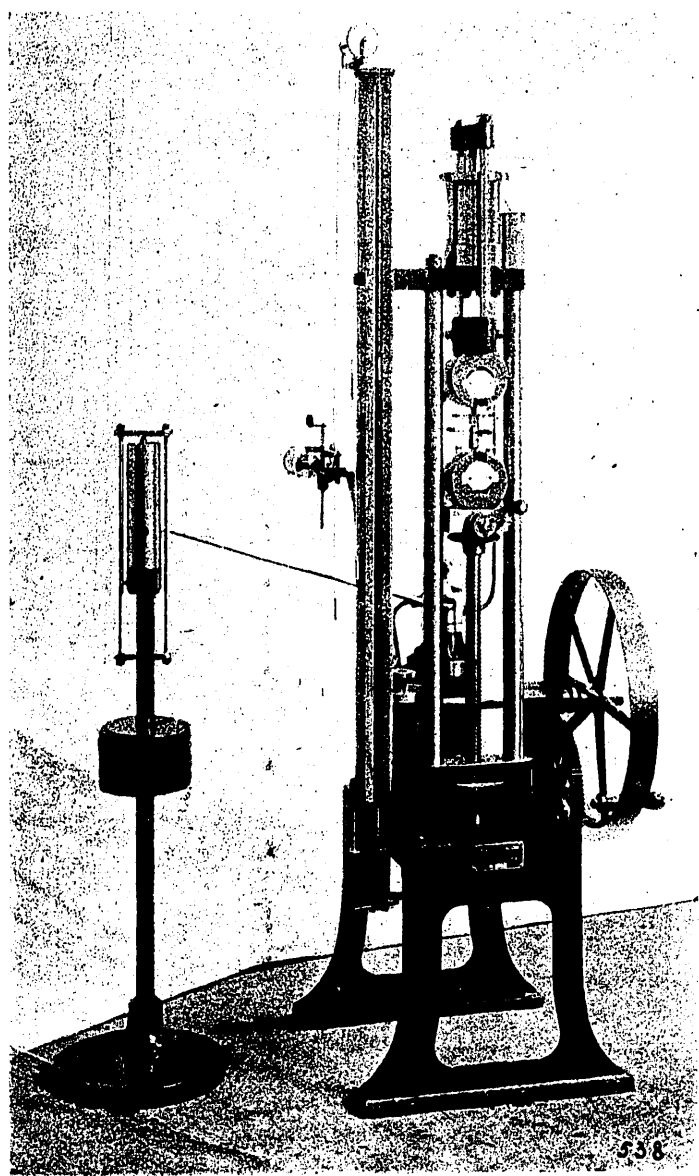
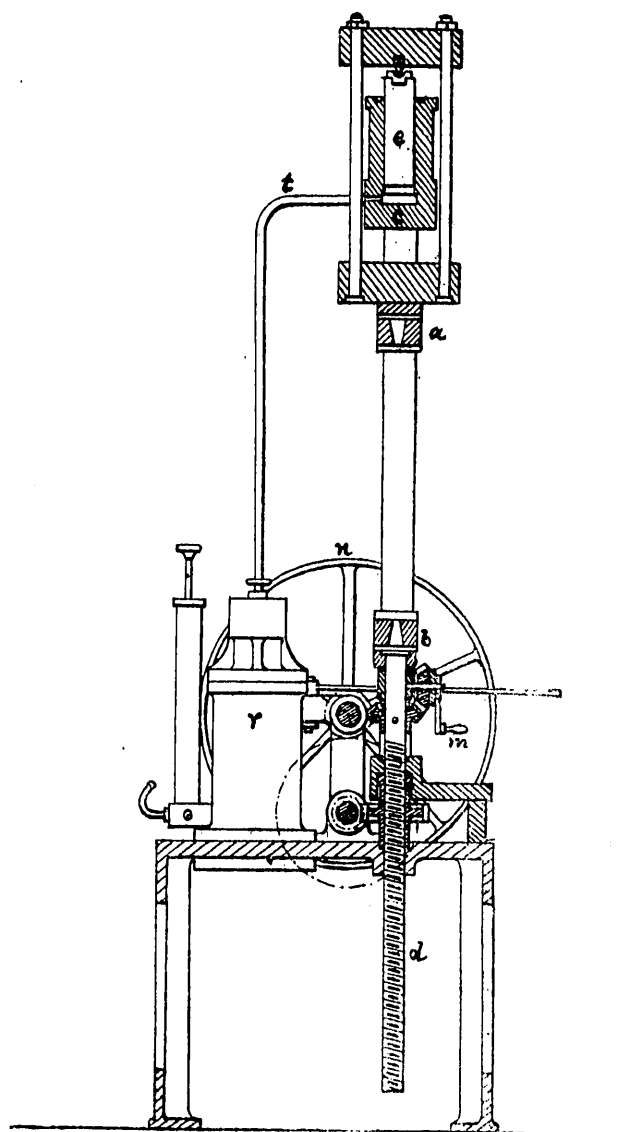


Fig. 7.^a

La probeta se coloca entre las garras *a* y *b*, de las cuales la superior se apoya por medio de una cruceta, en el émbolo del cuerpo de bomba *c*, y la inferior está unida al husillo *d*; éste se mueve rápidamente para la colocación de la probeta, por medio de la manivela *m* y un engranaje angular.

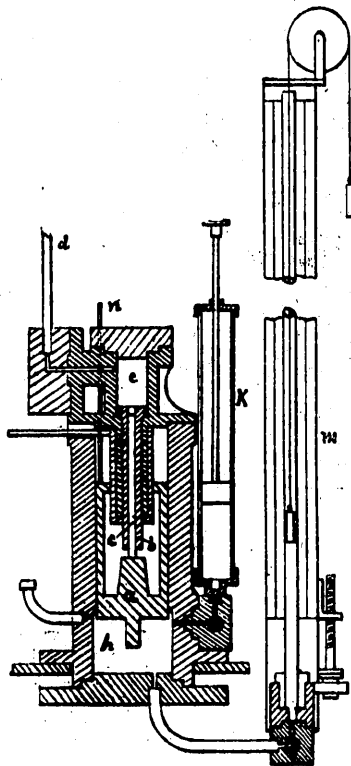
Fig. 8.^a

La tracción se ejerce por medio del husillo *d*, al cual se comunica el esfuerzo por el volante *u* y un engranaje de tornillo sin fin y rueda dentada.

La probeta sometida al ensayo, transmite el esfuerzo al émbolo *e*, el cual comprime el aceite de su cuerpo de bomba y lo en-

vía comprimido por el tubo de cobre *t* al reductor de presión *r*, que á su vez la transmite al manómetro indicador.

El reductor de presión (fig. 9.^a), que es igual en esta máquina á los de alguna que luego describiré, consiste en un cilindro dentro del cual se mueve el émbolo hueco *a*, en cuyo interior á su vez juegan el *b* hueco y el *c* macizo.

Fig. 9.^a

El aceite á presión llega por el tubo *d* al espacio *e*, y en la posición indicada en la figura en que el émbolo *b* está en el extremo de su carrera, actúa sólo sobre el *c*, el cual se apoya en el *a*, obligándole á bajar y empujando por lo tanto el mercurio contenido en el espacio *h*, al manómetro *m*, en el cual la columna de mercurio equilibra la presión interior, y mide, por consiguiente, el esfuerzo ejercido.

Si estando descargada la máquina se introduce aceite en el espacio *h*, por medio de la bomba de mano *k*, obligará á subir al émbolo *a*, que llegará á arrastrar al *b*, el cual quedará en situación de actuar juntamente con el *c* sobre el *a*, y entonces las indicaciones del manómetro serán distintas de las anteriores, puesto que ha variado la relación entre el diámetro del tubo del manómetro y el del émbolo que recibe la presión del aceite; para cada uno de estos casos, el manómetro tiene una escala distinta, lo que permite apreciar esfuerzos mayores ó menores, según convenga.

Las posiciones de los émbolos se acusan al exterior por las que ocupa la varilla *n* apoyada en el émbolo *a*.

Para evitar que los émbolos se peguen, y por tanto que las indicaciones del manómetro fueran falsas, se les imprime un movimiento oscilatorio alrededor de su eje, por medio de la palanca unida á ellos.

Con esta máquina, se obtienen diagramas del ensayo, ó sean curvas representativas de los alargamientos absolutos en función de los esfuerzos de tracción.

El aparato trazador (fig. 10), consiste en un tambor *m*, en el que se arrolla el papel, y un estilete *n*, que en él marca el diagrama.

El estilete está montado en una varilla *a*, que en parte está fileteada y engrana con una rueda montada en el eje de la polea *b*, en cuya garganta se arrolla un hilo con contrapesos en sus extremos, y que da una vuelta á la polea *c* montada en el mismo eje que la *d*; en la garganta de esta última da una vuelta otro hilo, de cuyos extremos cuelgan contrapesos, uno de los cuales queda dentro del tubo transparente del manómetro, y es empu-

jado durante el ensayo por el movimiento ascensional de la columna de mercurio, y el otro cuelga libremente.

El movimiento de la columna de mercurio, debido á los cambios de presión, se transmite á todo este sistema y produce un movimiento rectilíneo en el estilete trazador.

En la probeta sometida á ensayo se colocan dos mordacillas separadas una longitud igual á la en que quieran observarse los alargamientos; estas mordacillas tienen unos cuchillos que se aprietan contra la probeta y que se apoyan siempre en el mismo punto, siguiendo, por tanto, los movimientos que ellos experimenten. En una de las mordacillas se fija el extremo de un hilo que pasa por una polea montada en la otra mordacilla, y después de cambiar de dirección por la polea *e*, da una vuelta al cilindro *m* y queda tenso por un peso colgado de su extremo.

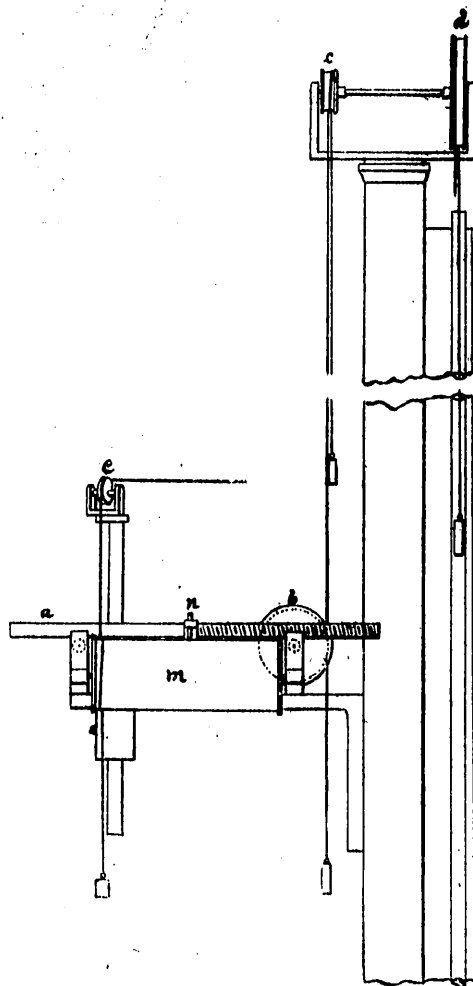


Fig. 10.

Al alargarse la probeta varía la posición relativa de las mordacillas, y, por consiguiente, la que tiene fijo el extremo del hilo tira de él una longitud igual á la que se ha alargado la probeta, y este movimiento del hilo hace girar el tambor *m* en igual cantidad.

De los movimientos combinados del estilete y del tambor se obtiene el diagrama.

En este tractor de 5 toneladas pueden también ensayarse correas y tejidos.

Como tipo de las máquinas de romana posee el Laboratorio una de 10 toneladas de potencia, de la casa Tinius Olsen (Filadelfia).

Con esta máquina (fig. 11) pueden ensayarse probetas á la tracción, á la compresión y á la flexión.

Para los ensayos á la tracción se coloca la probeta entre las placas *a* y *b*; la *a* está invariablemente unida á la plataforma *c*, y la *b* se mueve merced á cuatro husillos *d*, á los que se transmite el esfuerzo por engranajes. La plataforma *c* se apoya por medio de cuchillos sobre tres palancas gemelas *m*, cuyos puntos de apoyo están en el soporte de la máquina.

El esfuerzo producido se transmite desde la placa *b* por inter-

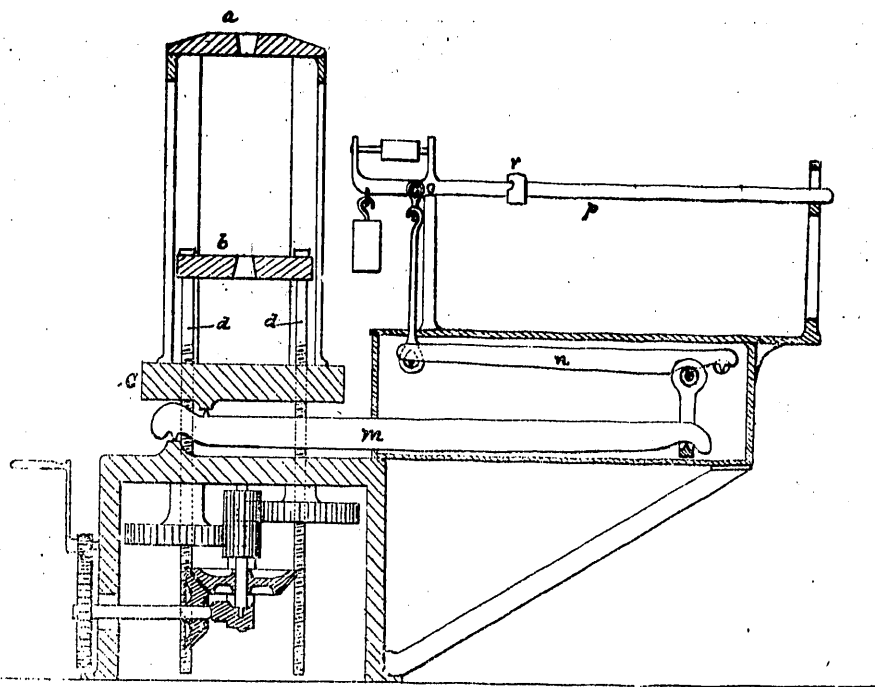


Fig. 1.

medio de la probeta, al sistema *ac*, que actúa sobre la palanca *m*, la cual la transmite á la *n* y ésta á su vez á la *p*, que forma la romana en que se mide el esfuerzo. La relación de brazos de estas palancas es tal, que basta un pequeño peso *r*, que resbala sobre la regla dividida de la romana, para equilibrar el esfuerzo.

Los ensayos á la compresión se verifican entre la placa *b* y la plataforma *c*, y el esfuerzo se transmite y mide de igual modo que antes.

Para ensayar probetas á la flexión se colocan sobre la plataforma *c* dos cuchillos, que constituyen los apoyos de la probeta, y en el centro de la placa *b* se coloca otro cuchillo que efectúa el esfuerzo en el punto medio de aquélla; el esfuerzo se mide de igual modo que en el ensayo de tracción.

De la misma casa constructura, y de igual tipo, se ha adquirido una máquina de 2 toneladas de potencia (fig. 12) para ensa-

bajo del punto medio de la distancia entre apoyos un tope que recibe las deformaciones de la probeta y las transmite á un índice que las marca en un cuadrante.

Para probetas de dimensiones normales se emplea una máquina de 50 toneladas de potencia de la casa Amsler-Laffon, con la que pueden hacerse ensayos de tracción, compresión y flexión.

La máquina consiste (fig. 13) en dos columnas, que en su parte superior soportan el cilindro de alta presión; á lo largo de ellas deslizan las dos cabezas entre las que se efectúan los ensayos. La cabeza inferior se mueve á voluntad ó se fija por medio del husillo central, y la cabeza superior se apoya por medio de una cruceta sobre el émbolo del cilindro de alta presión, al cual llega el aceite comprimido en las bombas que luego indicará.

El ensayo de tracción se efectúa colocando la probeta entre las dos cabezas, de las cuales la inferior queda fija y la superior asciende á causa de la presión del aceite que actúa bajo el émbolo del cilindro de alta presión.

Para el ensayo de compresión se coloca la probeta entre la cabeza superior y la chapa que forma el fondo del cilindro de alta presión, produciendo la compresión de la probeta el movimiento ascensional de dicha cabeza.

Para el ensayo de flexión se une á la cabeza inferior un estribo que actuará en el punto medio de la probeta, y se cuelgan de los extremos de la viga de forma de igual resistencia, otros estribos que actuarán sobre la probeta á la distancia que se desee entre apoyos: el primero quedará fijo y los otros dos seguirán á la cabeza á que están unidos en su movimiento ascensional, y producirán por tanto la flexión de la probeta.

Las bombas en que se efectúa la compresión del aceite se ven á la derecha en la fig. 13: son dos gemelas, una á continuación de la otra, llegando el aceite á la primera desde un depósito colocado encima de ella.

Son rotatorias ó impelentes, y cada una tiene (fig. 14) dos émbolos no situados en prolongación uno de otro, que giran en sentidos opuestos; cada uno tiene en su extremo un diente en forma de media luna que puede alojarse en rebajos practicados en el cilindro. El giro en sentidos opuestos de los émbolos, y por consiguiente de sus dientes, produce la compresión del aceite en el hueco central del cilindro y la impulsión por el tubo de salida.

El aceite ya comprimido pasa primero por una válvula de retención, que permite el paso desde las bombas á la máquina, pero que lo cierra en sentido opuesto. Desde esta válvula, parte del aceite va al cilindro de alta presión de la máquina de ensayo y parte al reductor de presión, pasando antes por una válvu-

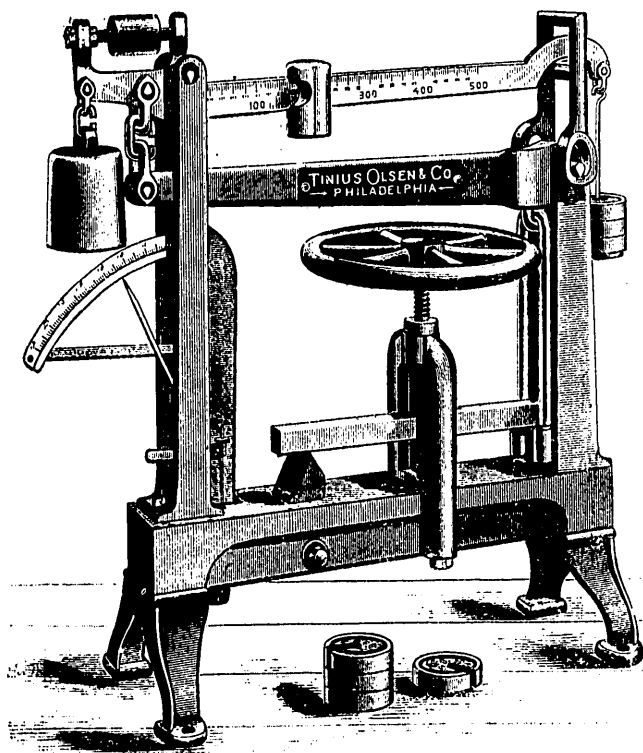


Fig. 12.

más de los esfuerzos, las flechas respectivas; para ello tiene dispositivos de flexión en barretas de poca sección, en la cual se miden, á

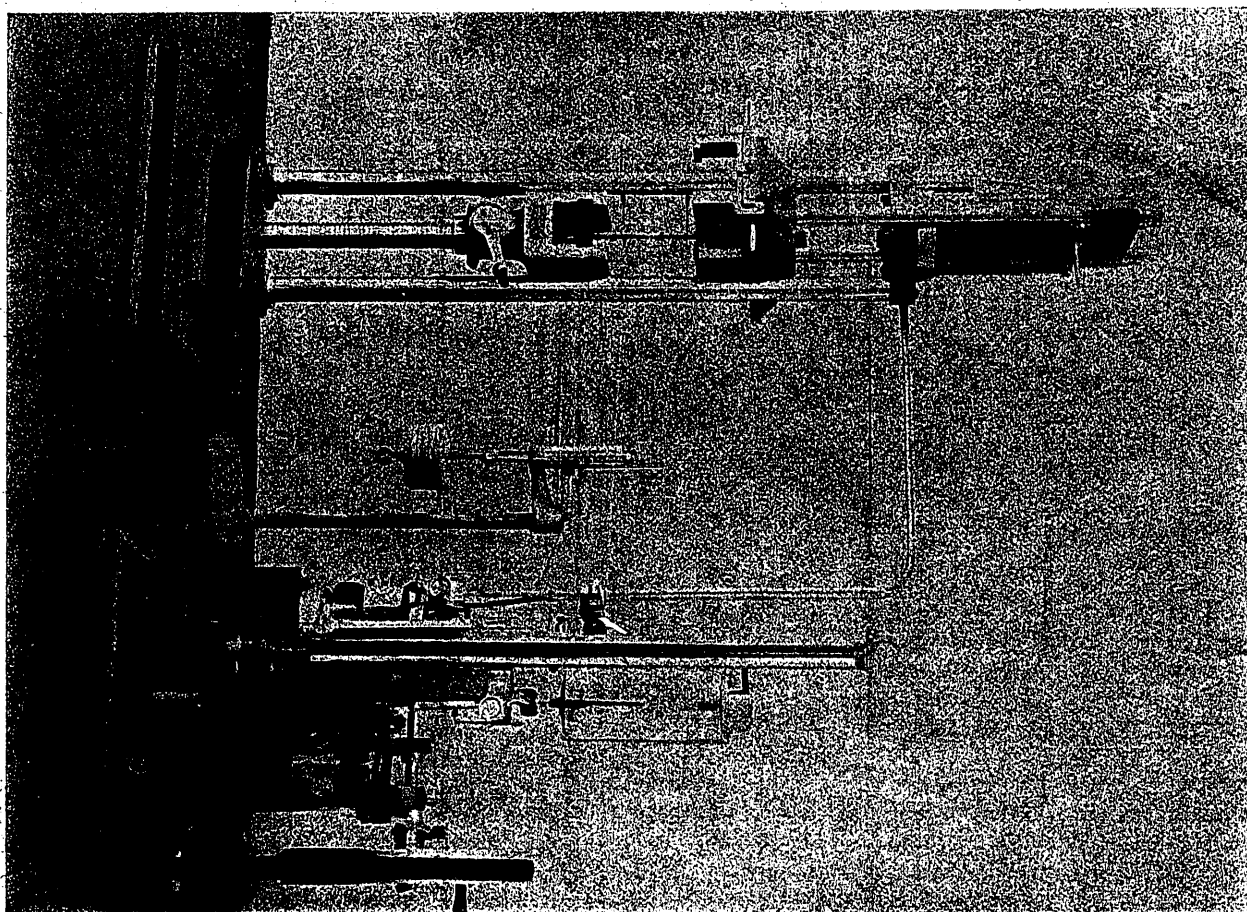


FIG. 13.

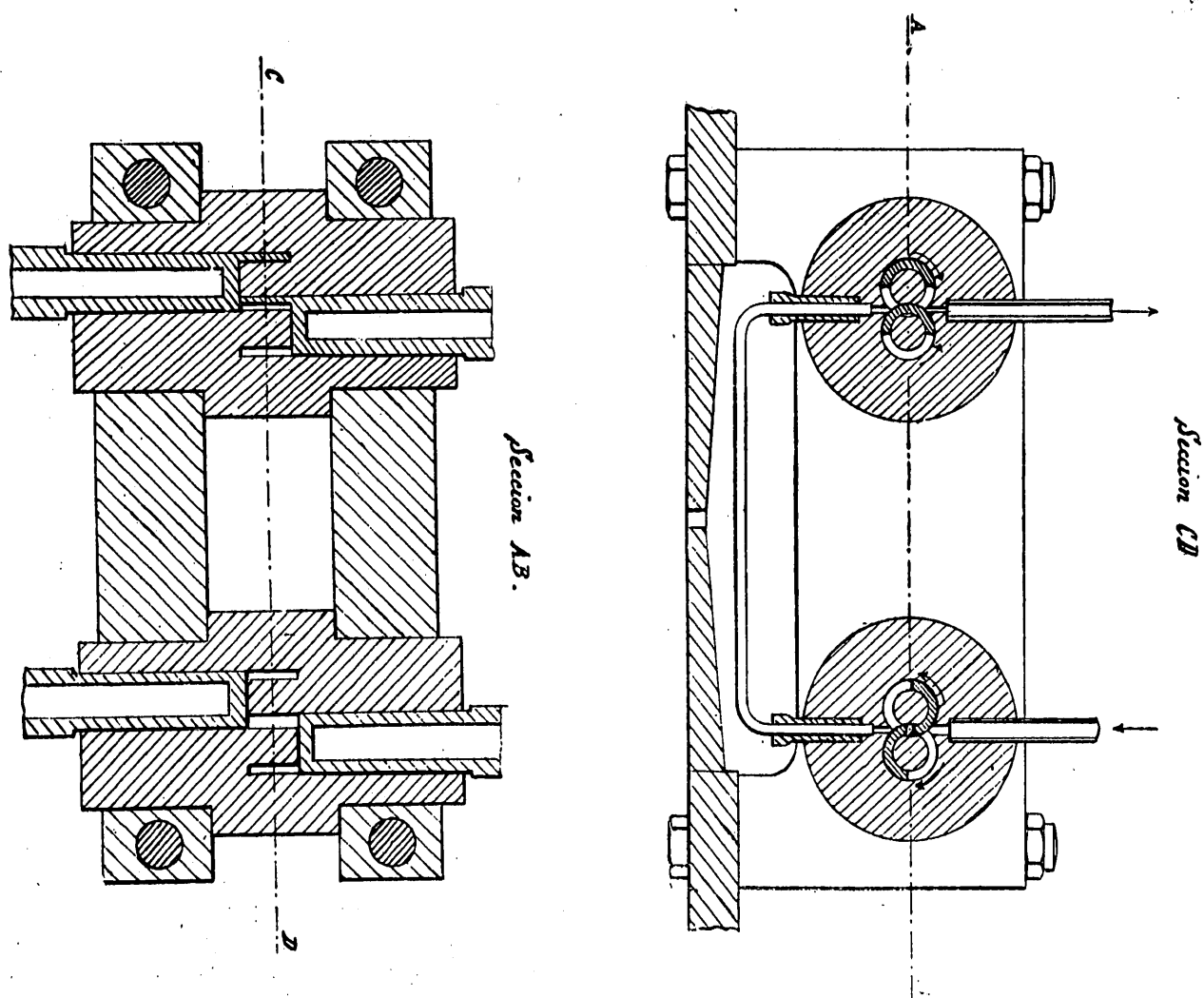


FIG. 14.

la de aguja, que permite llevar el ensayo con más ó menos rapidez ó mantener constante la presión, si las bombas giran con marcha uniforme.

El reductor de presión es idéntico al explicado en el tractor de 5 toneladas, y de igual modo se registran los esfuerzos en un manómetro de mercurio montado en el mismo soporte que las bombas.

La máquina tiene también trazador de diagramas, tanto para los ensayos de tracción, como para los de compresión y flexión, análogo en todo al ya descrito en el tractor de 5 toneladas.

En esta máquina se realizan ensayos al esfuerzo cortante en probetas de sección circular; para ello se coloca entre las cabezas en que se verifica el ensayo de tracción el aparato representado en la fig. 15: la placa *a* resbala dentro de la horquilla *b* y la probeta *c* las atraviesa por orificios practicados en ellas. La tracción de la placa *a* produce la rotura de la probeta por esfuerzo cortante.

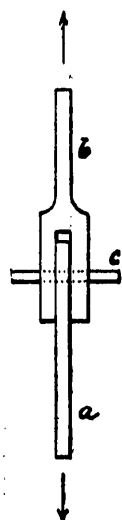


Fig. 15.

También con la misma máquina pueden ensayarse a la tracción trozos de cables y cadenas.

Para ensayos de flexión de probetas, para las que no basta el esfuerzo de 50 toneladas, se emplea la prensa de 150 toneladas, construida por Amsler-Laffon, la que también sirve para ensayos de compresión de hormigones, piedras, trozos de fábricas y maderas.

La máquina funciona de igual modo que las ya indicadas del mismo constructor.

Como se ve en la fig. 16, las bombas son idénticas a las dichas para la máquina de 50 toneladas, y envían el aceite comprimido al cilindro de alta presión, que está colocado en la parte inferior de la máquina.

Al émbolo del cilindro de alta presión está unida invariablemente una viga de forma de igual resistencia, sobre la cual se colocan los dos soportes terminados en cilindros horizontales de acero, que han de servir de puntos de apoyo a la probeta sometida a ensayo, que se doblará por flexión contra otro cilindro unido a la cabeza superior de la máquina, que corresponde al punto medio de la probeta: la cabeza superior se mantiene fija, después de llevada a la posición conveniente por los dos husillos que se ven a los costados de la máquina.

Para el ensayo de compresión queda la máquina del modo que se ve en la fig. 16, y la compresión se efectúa entre el platillo de la cabeza superior y otro apoyado por una junta esférica sobre la viga de igual resistencia.

El reductor de presión y el aparato trazador de diagramas son idénticos a los ya explicados.

En los ensayos de tracción y compresión se determina también el límite de elasticidad del material, considerado como el punto a partir del cual las variaciones de longitud de la probeta cesan de ser proporcionales a las cargas que sufre.

Para realizar este ensayo, se emplea el aparato de espejos sistema Martens, construido por Amsler-Laffon, con el cual se obtienen los alargamientos ó contracciones que experimenta la probeta sometida a ensayo, durante el período elástico.

Este aparato consta de dos partes: una el aparato de observación, que es un trípode que sostiene dos anteojos ordinarios con retículo en cruz y dos reglas divididas en milímetros, y otra el aparato que se monta en la probeta sometida a ensayo, que ha de acusar los cambios de longitud de ella.

Esta segunda parte del aparato (fig. 17), consta de varias piezas, que son: dos reglas de acero que en un extremo tienen un cuchillo que se aprieta contra la probeta, y en el otro tienen una ranura en la que entra uno de los filos de un doble cuchillo uni-

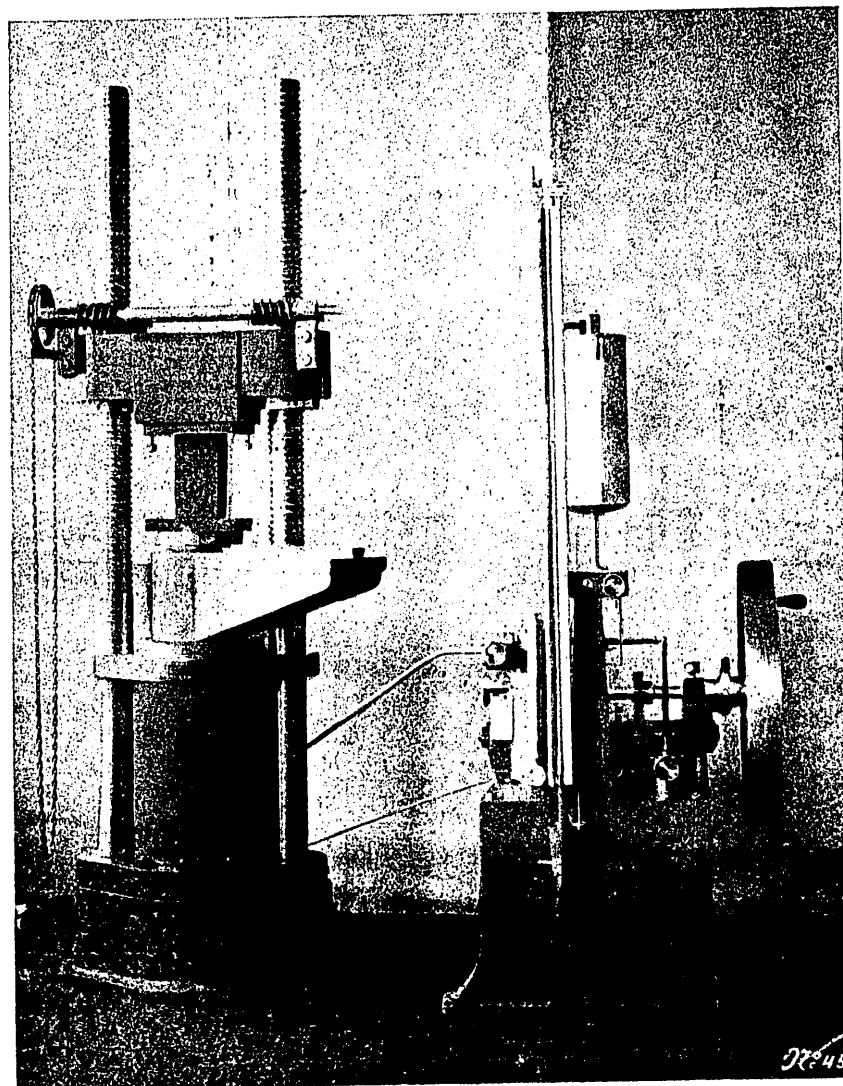


Fig. 16.

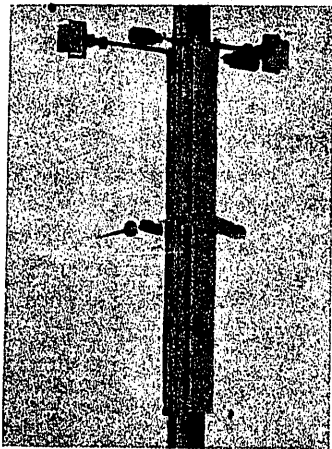


Fig. 17.

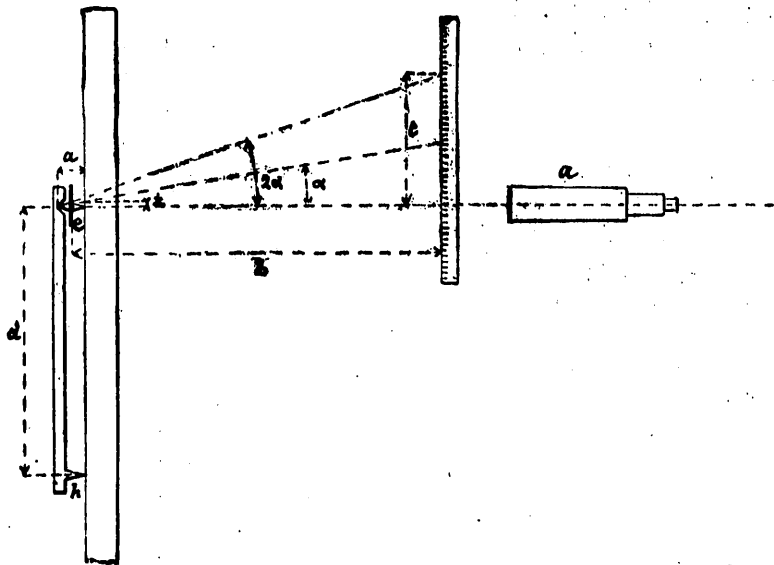


Fig. 18.

do invariablemente á un espejo, y el otro filo se apoya sobre la probeta; todo el conjunto se sostiene por medio de un cerco de apriete; en las observaciones con este aparato se montan en la probeta dos espejos en generatrices diametralmente opuestas, pero para más sencillez en la explicación, supondremos que se ha montado uno solo.

Al empezar el ensayo (fig. 18), el doble cuchillo del espejo e está horizontal, y buscando con el anteojo el reflejo de la escala producido por el espejo, se apuntará una cierta división. Sometida la probeta á un esfuerzo de tracción, sufrirá un alargamiento x que tratamos de medir; como el cuchillo inferior h sigue apoyado en el mismo punto de la probeta, el alargamiento x habrá producido en el espejo un giro de valor angular α , y, por consiguiente, en el anteojo se verá otra división de la escala correspondiente al ángulo 2α y cuya distancia á la primera observada es c .

Entre las cantidades x , c , α , y a b tenemos las relaciones

$$x = a \operatorname{sen} \alpha \quad c = b \operatorname{tg} 2\alpha. \quad (1)$$

Como la distancia x es muy pequeña, lo será también el ángulo α y podremos establecer

$$\operatorname{tg} 2\alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{sen} \alpha$$

y por consiguiente

$$x = \frac{a c}{2 b}$$

que nos da el alargamiento en función de a , c y b : la longitud a es constante, c se observa por el anteojo en la escala dividida y b se escoge á voluntad.

En el aparato que posee el Laboratorio, $a = 6,6$ mm., de modo que colocando la escala dividida á una distancia del espejo $b = 1650$ mm. se obtiene en mm. $x = 0,002$ c.

Como las divisiones de la escala son en milímetros, á cada división de recorrido corresponde un alargamiento de $x = 0,002$ milímetros que es el límite de apreciación del aparato.

Aunque el aparato de espejos sólo debe emplearse para medir deformaciones en el período elástico, puede también emplearse para deformaciones después de pasado el límite de elasticidad, pero entonces habrá que hacer uso de las fórmulas exactas (1).

Durante las observaciones, con este aparato hay que mantener constante la carga en la máquina de ensayo, lo que se consigue por medio de la válvula graduadora citada en la máquina de 50 toneladas, ó mejor aún con el acumulador de presión que se ve en las figs. 7 y 13.

Para la torsión de alambres y tiras de chapas se emplea un aparatito de la casa Amsler-Laffon, en el que la probeta se coloca entre dos cabezas, de las cuales una es fija y la otra gira alrededor de su eje: la máquina tiene un contador de vueltas que

aprecia el número de ellas que da la cabeza móvil hasta producir la rotura de la probeta.

Para los ensayos de plegar y encorvar en frío tiene el Laboratorio dos máquinas de la casa Mohr y Federhaff de Mannheim (Alemania).

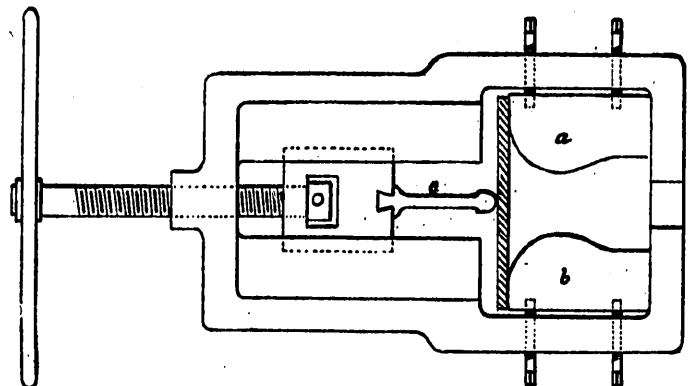


Fig. 19.

En la plegadora, representada en planta en la fig. 19, se coloca la probeta apoyada por sus extremos en las piezas a y b , y el plegado se realiza por el mandril c , que avanza merced al tornillo d . El mandril puede cambiarse y se pone en cada caso el conveniente para producir en la probeta la curvatura deseada.

La encorvadora representada en planta en la fig. 20, produce el encorvado de probetas empotradas por un extremo entre las chapas a y b ; el esfuerzo lo verifica el cilindro c unido al tornillo d , que avanza merced á un engranaje de tornillo sin fin y rueda dentada; por medio del arco m , se mide el ángulo á que ha podido doblarse la fibra neutra de la probeta hasta el momento de presentar grietas.

El esfuerzo máximo que puede hacerse con esta máquina es de cuatro toneladas.

También se verifican ensayos de plegado de alambres alrededor de cilindros de diversos radios; para ello se sujeta el alambre entre dos placas, que en uno de sus extremos tienen medio cilindro del radio deseado, y plegando alternativamente el alambre sobre cada uno de ellos, se cuenta el número de pliegues que pueden dársele hasta producir la rotura.

Para los ensayos de roblonado cuenta el Laboratorio con una roblonadora portátil de presión hidráulica.

Como tipo de las máquinas de péndulo para ensayos de tracción hay una (fig. 21), fabricada por Schopper (Leipzig).

El esfuerzo máximo que con ella puede producirse es de 30 kilogramos, y está dispuesta, especialmente, para ensayar papeles, cartones y tejidos.

La probeta se coloca entre las garras a y b , la b está montada en el extremo superior del tornillo c , que se mueve y produce el esfuerzo de tracción por medio de un engranaje angular.

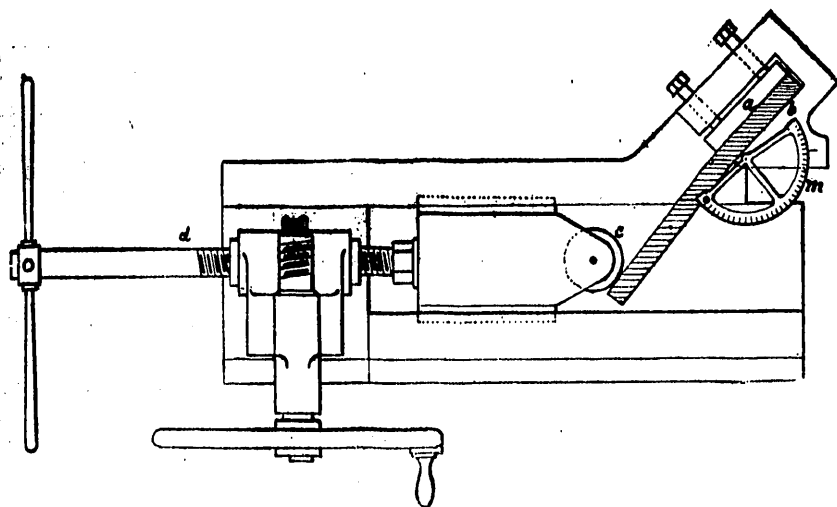


Fig. 20.

El esfuerzo de tracción se transmite por la probeta á la garrilla *a*, unida al extremo superior del péndulo *p* que equilibra el esfuerzo; éste se mide en el arco graduado *m*, por la posición que ocupe en el momento de la rotura el péndulo *p*, para lo cual lleva este último un trinquete diferencial que impide su retroceso.

En el arco graduado *n*, se aprecian los alargamientos absolutos y relativos de la probeta.

Dentro de poco llegará al Laboratorio una máquina horizontal de 250 toneladas de potencia, de la casa J. Amsler-Laffon, para ensayos de flexión, tracción, compresión, torsión y esfuerzo constante, en la cual podrán ensayarse elementos de construcción como columnas, viguetas, piezas armadas, cables y cadenas en grandes longitudes, y será un poderoso auxiliar para los ensayos de investigación de que se ocupa el Laboratorio.

En las pruebas que con ella se han hecho ya en la fábrica, ha roto por tracción una barra de acero de 90 mm. de diámetro, con un esfuerzo de 245 toneladas.

Esta máquina se instalará en el pabellón especial que cité al principio, en el cual ya se ha montado una grúa corrediza sobre puente móvil que servirá para el montaje de la máquina y para el manejo de las piezas que luego hayan de ensayarse.

Comprobación de contadores de agua.

Las pruebas consisten en hacer pasar por el contador que se ensaya cantidades de agua á diversas presiones, desde 0 á 30 metros de carga estática y medir el agua pasada en depósitos previamente cubicados.

La instalación se ha hecho al aire libre, y consiste en una cañería de 40 mm. de diámetro, derivada de la conducción del Canal de Isabel II, y dos depósitos, uno de palastro provisto de tubo indicador de nivel, cuya cabida total es de 500 litros, y en el que se aprecian cantidades de agua de un litro, y otro de cemento cuya cabida es de 6.000 litros, pudiéndose apreciar en él cantidades de agua de 500 litros.

En el ramal de cañería de 40 mm. hay intercaladas (fig. 22) las llaves de paso *a* y *c*, un grifo *d* y un manómetro *m*: al ex-

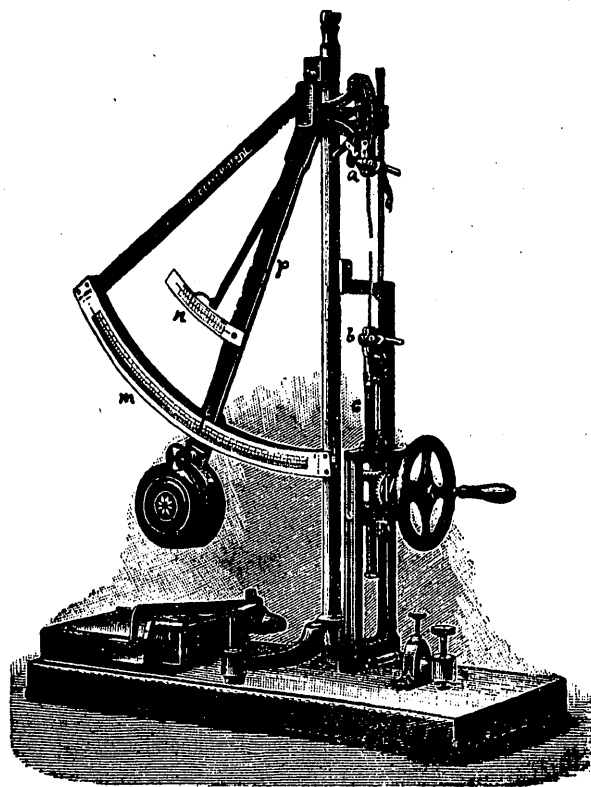


Fig. 21.

tremo *e* de la cañería se une una pieza en U formada por tubos de igual diámetro que el calibre del contador que se prueba: cada uno de los ramales tiene una llave de paso, y en uno de ellos se intercala el contador *P*, cuyo tubo de salida va á verter á uno ú otro de los depósitos aforados, según que el ensayo se haga en mayor ó menor cantidad de agua pasada por el contador.

Estando cerrada la llave *c*, se gradúan la *a* y el grifo *d* hasta obtener la presión estática deseada desde 0 á 30 metros, las cuales se aprecian en el manómetro *m*.

Para cada presión estática pueden obtenerse diversas presiones en movimiento, sin intercalar el contador, bastando para ello abrir por completo las llaves *c* y *k* y graduar convenientemente la *b*.

Una vez obtenidas las presiones deseadas, se cierra la llave *k*, se abre la *h* y se observa la variación de presión que produce el contador; para cada combinación de presiones se hace pasar por el contador un volumen de agua que se mide en los depósitos dichos, y se observa su diferencia con las indicaciones del contador.

Ensayos de electricidad.

Se han adquirido multitud de aparatos de medida de las casas Carpentier, Ducrotet y Chauvin et Arnoux, de París, y Siemens et Halske, de Berlín, con los que podrán hacerse toda clase de ensayos eléctricos cuando estén convenientemente instalados, lo que aún no se ha hecho por haberse recibido gran parte de ellos hace muy poco tiempo.

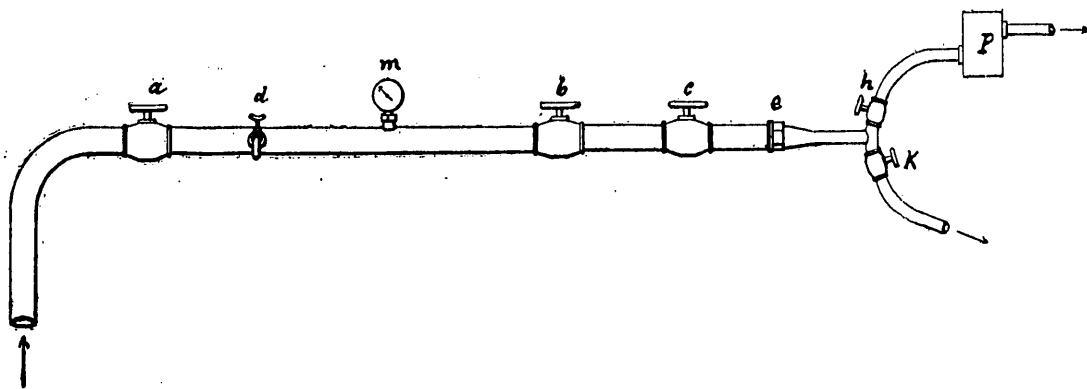


Fig. 22.

Actualmente pueden hacerse ensayos de comprobación de contadores, tanto de corriente continua como alterna, para lo cual se ha montado un cuadro de pruebas de la casa Siemens, al que llega una u otra clase de corriente y en el que se verifican las pruebas por medio de un voltímetro, un amperímetro y dos vatímetros.

También se hacen ensayos de conductibilidad, valiéndose de puentes Wheatstone; proporcionados en cada caso á la resistencia que haya de medirse.

De los ensayos de investigaciones que se están practicando, daremos cuenta cuando los resultados que se van reuniendo sean suficientes.

LUIS MOYA.

Febrero de 1910.

REVISTA EXTRANJERA

Límites prácticos de la transmisión eléctrica de la energía.

M. L. Bell ha estudiado en la revista inglesa *Cassier's Magazine* los límites prácticos de la transmisión eléctrica de la energía. El punto más importante consiste en averiguar hasta dónde puede elevarse el voltaje, porque el precio del cobre necesario para los conductores varía en razón inversa del cuadrado de dicha cantidad.

Actualmente puede considerarse como probada la posibilidad de tensiones de 10.000 voltios; con 20.000 voltios, las líneas empiezan á manifestar por la noche fenómenos luminosos, produciéndose una pequeña pérdida; con 40.000 voltios, la pérdida es ya sensible, y pasando de 50.000, el poder aislador del aire es de todo punto insuficiente. Es necesario entonces aumentar la distancia entre los conductores ó aislarlos de un modo especial.

En cuanto á la distancia de transmisión, la experiencia ha demostrado que, hasta unos 160 kilómetros, la transmisión eléctrica no ofrece dificultad especial. Más allá, conviene reducir la frecuencia de las corrientes; pero desde el punto de vista eléctrico, no hay razón fundamental para que no sea posible transmitir la energía hasta 700 ó 800 kilómetros; no sucede lo mismo desde el punto de vista comercial, á causa del precio á que se eleva la construcción de la línea y de la pérdida considerable que ocasionaría una transmisión á tal distancia.

Si se consideran sólo las transmisiones existentes, puede decirse que las de 500 á 1.000 kilómetros dan resultados satisfactorios cuando la distancia no pasa de 25 á 40 kilómetros.

Entre 40 y 80 kilómetros, las circunstancias locales deben ser más favorables. De 80 á 160 kilómetros, es menester que la empresa sea más importante y las condiciones mejores; finalmente, á distancias mayores de 160 kilómetros, el resultado es hoy todavía dudoso.

Nueva lámpara de incandescencia de Edison.

Acaba de obtener Edison privilegio para un filamento de gran resistencia destinado al empleo de la corriente de alta tensión. Este filamento, que consiste en una mezcla de óxidos de tierras raras, no es conductor, pero es poroso y muy sólido. Forman cuerpo con él partículas de carbón, entre las cuales saltan las chispas engendradas por la corriente de alta tensión. Estas chispas van elevando la temperatura del filamento hasta llegar á la incandescencia. La propagación de la corriente entre las partículas de carbón, es favorecida por el vacío que hay en la ampolla de la lámpara.

Como se ha dicho, el filamento está compuesto principalmente de combinaciones oxigenadas de tierras raras, como, por ejemplo, de óxidos de circonio y de torio. Para que la superficie del filamento produzca una luz fija y viva, se le sumerge por algún tiempo en una sal, el acetato por ejemplo, del óxido que se emplee.

Este baño asegura la producción de una luz blanca y brillante.

Para fabricar el filamento, se empieza por preparar una solución de azúcar, de asfalto ó de un tartrato del metal térreo, con el óxido de este metal. La parte obtenida se somete á una fuerte presión y se la fuerza á pasar por una abertura pequeña, de la cual sale el filamento con las dimensiones requeridas. No falta más que secarlo ó impregnarlo de carbón. En razón á la gran resistencia que el filamento opone al

paso de la corriente, es necesaria una tensión de algunos centenares de voltios para ponerlo incandescente.

También se puede construir el filamento empapando con un óxido térreo una hebra de algodón y calcinándola; se sumerge de nuevo en el óxido y se calienta hasta que se haya depositado una cantidad suficiente de óxido, y en seguida se sumerge en un carburo, y después de secarla, se la baña con la sal destinada á asegurar la producción de la luz blanca y fija.

Frenos de aire comprimido para tranvías.

En los grandes coches automóviles de los tranvías eléctricos, empieza á generalizarse el empleo de los frenos de aire comprimido. Este es suministrado por compresores movidos por el motor ó por un eje, con la conveniente disposición automática para poner el compresor en marcha ó pararlo, según que la presión alcance un mínimo ó un máximo determinados. También empiezan á emplearse depósitos de aire comprimido, que se cargan en la estación central. Cada coche lleva dos de estos depósitos, cuya capacidad colectiva es de 1.000 litros. La ventaja de estos depósitos está en que el peso es menor que cuando se emplean los compresores, y en que se suprime el ruido y las vibraciones que estos aparatos producen.

Con 1.000 litros de aire comprimido á 15 kg. de presión por cm. cuadrado, un coche ha hecho 228 paradas en un trayecto de 150 km., con perfil muy quebrado. La duración del recorrido fué de 6 horas 20 minutos. A la llegada, todavía había una presión de 2,8 kg. en los depósitos. En menos de un minuto se pueden cargar éstos en la estación central.

Empleo del aluminio en la industria eléctrica.

El empleo del aluminio en la industria eléctrica se extiende cada vez más en América, hasta el punto que parece que tiende á suplantarlo por completo al cobre, que venía ejerciendo el monopolio. Ultimamente, en el North-Western Elevated Railroad de Chicago, se han empleado 70 toneladas de aluminio en la instalación eléctrica.

La razón de adoptar el aluminio para las canalizaciones eléctricas estriba en su baratura, como demuestran los siguientes datos que tomamos de *L'Electricien*:

	Cobre.	Aluminio.
Conductibilidad.....	100	63
Peso específico.....	8,93	2,60
Peso correspondiente á conductibilidad igual.....	100	48
Superficie correspondiente á conductibilidad igual.....	63	100
Diámetro de los hilos correspondiente á conductibilidad igual.....	10 mm.	12,6 mm.

Se obtiene, pues, con 1 kg. de aluminio un alambre que tiene la misma conductibilidad que otro obtenido con 2,08 kg. de cobre.

El precio actual del cobre es de 198,50 fr. los 100 kg., ó sea á 1,98 fr. el kg.; para que el aluminio sea ventajoso no debe costar más de 1,98 + 2,08, ó sea 4,41 fr. el kg. En Francia se vende el aluminio á unos 3 fr. el kg.

Además de esta ventaja de la baratura, tiene el aluminio sobre el cobre otras que le hacen preferible.

Empleando el aluminio, como el peso se halla disminuido en un 50 por 100, la instalación de una línea con este metal resultará más barata, puesto que se necesitará menor número de postes y de aisladores.

Cuanto á la resistencia á la tracción, la del aluminio es de 20 á 22 kg. por mm. cuadrado, lo cual, unido á la mayor sección que el alambre ha de tener, constituye otra ventaja sobre el cobre.

Como conclusión, el empleo del aluminio ofrece sobre el del cobre, á conductibilidad igual, las ventajas siguientes:

25 por 100 más barato.

50 por 100 menos peso.