

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 8, primero derecha.

## ESTUDIO DE LA CATENARIA

Y DE SUS APLICACIONES MECÁNICAS

POR D. JOSÉ TOUS Y BIAGGI

Académico de la Real de Ciencias y Artes de Barcelona.

(CONTINUACIÓN)

De la ecuación (1) y de la (3) elevadas al cuadrado y restadas la segunda de la primera resulta la notable propiedad:

$$(6) \quad y^2 - s^2 = 1 : \cos h.^2 x - \operatorname{sen} h.^2 x = 1$$

De sumar las ecuaciones (1) y (3) resulta:

$$y + s = e^x \text{ ó sea } e^x = \cos h. x + \operatorname{sen} h. x$$

de la que se deduce

$$(7) \quad x = l_n(y + s) = l_n(\cos h. x + \operatorname{sen} h. x)$$

La longitud de la tangente  $np$  es

$$(8) \quad np = \frac{pq}{\operatorname{sen} \alpha} = y \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} = \frac{(e^x + e^{-x})^2}{2(e^x - e^{-x})} = \frac{y^2}{s} = \frac{\cos h.^2 x}{\operatorname{sen} h. x}.$$

La de la normal es

$$(9) \quad pk = \frac{pq}{\cos \alpha} = y \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \frac{1}{4} (e^x + e^{-x})^2 = y^2 = \cos h.^2 x.$$

La de la subtangente es

$$(10) \quad nq = \frac{pq}{\operatorname{tang} \alpha} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} = \frac{y}{s} = \frac{\cos h. x}{\operatorname{sen} h. x} = \cot h. x.$$

La de la subnormal es

$$(11) \quad qk = pq \operatorname{tang} \alpha = \frac{1}{4} (e^x + e^{-x})(e^x - e^{-x}) = \frac{1}{4} (e^{2x} - e^{-2x}) = ys = \cos h. x \operatorname{sen} h. x = \frac{\operatorname{sen} h. 2x}{2}.$$

Sustituyendo en la fórmula general que da el radio de curvatura los valores de  $\frac{d \cdot y}{d \cdot x}$   $\frac{d^2 y}{d \cdot x^2}$  dados por las fórmulas (2) se halla

$$(13) \quad \rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{d \cdot y}{d \cdot x}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2 \cdot y}{d \cdot x^2}} = \frac{1}{4} (e^x + e^{-x})^2 = y^2 = \cos h.^2 x,$$

luego el radio de curvatura es igual á la longitud de la normal (9) y también al cuadrado de la ordenada, propiedad sencilla y notable.

De aquí que las coordenadas del centro de curvatura  $c$  se encuentren fácilmente, y por ser  $pk = cp$  y  $qd = qk$ , son:

$$(14) \quad x_c = od = oq - qd = x - ys = x - \cos h. x \operatorname{sen} h. x = x - \frac{1}{2} \operatorname{sen} h. 2x.$$

$$(15) \quad y_c = cd = 2y = 2 \cos h. x.$$

La ecuación de la evoluta, dadas las formas trascendentes usuales bajo las que se expresan  $s$  é  $y$ , no resulta fácil de hallar; pero lo es bajo la forma de funciones hiperbólicas, pues de las ecuaciones anteriores y de la relación

$$\cos h.^2 x - \operatorname{sen} h.^2 x = 1$$

se deduce

$$\cos h. x = \frac{y_c}{2}; \quad x = \operatorname{arc.} \cos h. \frac{y_c}{2}; \quad \operatorname{sen} h. x = \frac{1}{2} \sqrt{y_c^2 - 4},$$

que por sustitución en el valor de  $x_c$  dan

$$(16) \quad x_c = \operatorname{arc.} \cos h. \frac{y_c}{2} - \frac{y_c}{4} \sqrt{y_c^2 - 4}$$

para la ecuación de la evoluta de la catenaria, si bien hay que notar que, á pesar de su aparente sencillez, los cálculos para su aplicación son tan complicados como los de las ecuaciones primitivas, á menos de disponer de tablas de funciones hiperbólicas inversas. Esta evoluta  $fg$  es simétrica con respecto al eje de ordenadas, y presenta en  $f$  un punto de



retroceso. La determinación de las coordenadas  $x$ ,  $y$ , del punto  $g$ , intersección de la catenaria con su evoluta, que dependen de una difícil eliminación por los procedimientos usuales, puede hacerse con relativa facilidad igualando las abscisas dadas por las ecuaciones (1') (16):

$$\begin{cases} x_1 = \text{arc. cos h. } y_1 \\ x_1 = \text{arc. cos h. } \frac{y_1}{2} - \frac{y_1}{4} \sqrt{y_1^2 - 4} \end{cases} \begin{cases} \left( \text{arc. cos h. } \frac{y_1}{2} - \right. \\ \left. - \text{arc cos h. } \frac{y_1}{2} + \right. \\ \left. + \frac{y_1}{4} \sqrt{y_1^2 - 4} = 0 \right) \end{cases}$$

que dan:

$$(17) \quad x_1 = 2,04846; \quad (18) \quad y_1 = 3,94247$$

La ecuación de la envolvente de la catenaria puede hallarse también con facilidad por medio de las funciones dichas. Representando por  $x_e$ ,  $y_e$  las coordenadas de esta curva

$$\begin{aligned} x_e &= or = oq - rq = x - s \cos \alpha = x - \frac{s}{y} = x - \frac{\text{sen h. } x}{\cos h. x} \\ y_e &= rt = pq - pl = y - s \text{sen } \alpha = y - \frac{s^2}{y} = \\ &= \cos h. x - \frac{\text{sen h.}^2 x}{\cos h. x} = \frac{1}{\cos h. x} \end{aligned}$$

de aquí se deduce:

$$\cos h. x = \frac{1}{y_e}; \quad \text{sen h. } x = \frac{1}{y_e} \sqrt{1 - y_e^2}$$

y atendiendo á que la ecuación (7) toma la forma

$$x = l \cdot n (\cos h. x + \text{sen h. } x) = l \cdot n \left( \frac{1}{y_e} + \frac{1}{y_e} \sqrt{1 - y_e^2} \right)$$

queda para la ecuación de la envolvente buscada:

$$(19) \quad x_e = l \cdot n \left( \frac{1 + \sqrt{1 - y_e^2}}{y_e} \right) - \sqrt{1 - y_e^2}$$

esta curva presenta dos ramas con un punto de retroceso en  $m$  y ambas tienen por asíntota el eje de abscisas. Además, la longitud de su tangente  $tq$  vale

$$tq = \frac{rt}{\cos \alpha} = \frac{y - s \text{sen } \alpha}{\cos \alpha}$$

y substituyendo por  $\text{sen } \alpha$  y  $\cos \alpha$  sus valores y atendiendo á la ecuación (6) resulta

$$tq = y^2 - s^2 = 1$$

luego esta tangente es de longitud constante, en general igual al parámetro de la catenaria, y bajo la hipótesis adoptada de tomar el parámetro igual á la unidad, este es el valor de dicha longitud de tangente. Esta envolvente tiene, pues, esta propiedad, que es la de las curvas que los tratados ingleses de Geometría llaman tractrices. Además, si se considera el punto  $q$  como pie de la ordenada y se traza la  $qt$ , perpendicular á la tangente, se tiene:

$$tp = pq \text{sen } \alpha = y \frac{s}{y} = s$$

luego el punto  $t$  pertenece á la envolvente (prescindiendo de que ésta estuviera trazada), y por la ecuación (6)  $tq$ , como se ha dicho antes, es igual al parámetro.

De aquí una construcción geométrica muy sencilla para trazar una tangente á un punto de la catenaria cuyo parámetro es conocido; por el pie  $q$  de la ordenada se traza un arco de circunferencia con un radio igual al parámetro, y por el punto  $p$  de la catenaria, trazando una tangente  $pt$  al arco anterior, se tiene la tangente buscada. Además, el punto de tangencia  $t$  es un punto de la envolvente, y por la propiedad dicha de la igualdad de la normal  $pk$  con el radio de curvatura, se halla éste gráficamente también.

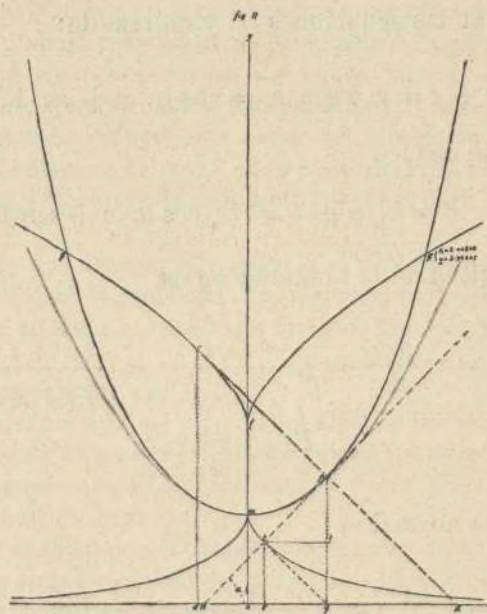
La superficie comprendida entre el eje de abscisas, el de ordenadas, la curva y la ordenada correspondiente á una abscisa  $x$ , vale:

$$\begin{aligned} (2) \quad A &= \int_0^x y d \cdot x = \frac{1}{2} \int_0^x (e^x + e^{-x}) d \cdot x = \\ &= \frac{1}{2} (e^x - e^{-x}) = s = \text{sen h. } x \end{aligned}$$

No se equivocó de mucho Galileo al atribuir á la catenaria la forma de una parábola, pues en las inmediaciones del punto más bajo y, en general, para todos los valores de  $x$ , menores que el parámetro  $a$ , la diferencia no es muy grande. En efecto, tomando la ecuación de la parábola  $y^2 = px$  é invirtiendo los ejes, tomando el diámetro que pasa por el vértice por eje de ordenadas, el origen á una distancia  $a$  de dicho vértice, y además haciendo  $p = \frac{1}{2a}$ , la ecuación de la parábola, que tendría los mismos ejes que una catenaria y pasaría por su mismo vértice, tomaría la forma

$$(21) \quad y = a + \frac{x^2}{2a} = a \left( 1 + \frac{x^2}{2a^2} \right)$$

y es la línea traza la de puntos en la figura 2.<sup>a</sup>



El ángulo de su tangente en un punto cualquiera con el eje de abscisas sería:

$$(22) \quad \frac{d \cdot y}{d \cdot x} = \frac{x}{a}$$

La superficie comprendida entre el eje de ordenadas, el de abscisas, la curva y la ordenada de un punto sería:

$$\begin{aligned} (23) \quad A &= \int_0^x y d \cdot x = \int_0^x \left( a + \frac{x^2}{2a} \right) dx = ax + \frac{x^3}{2 \cdot 3 a} = \\ &= ax \left( 1 + \frac{x^2}{2 \cdot 3 a^2} \right). \end{aligned}$$



La longitud del arco comprendido desde el punto más bajo á otro de abscisa  $x$ :

$$s = \int_0^x dx \sqrt{1 + \left(\frac{d \cdot y}{d \cdot x}\right)^2} = \int_0^x d \cdot x \sqrt{1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2}$$

que desarrollando en serie por el binomio da:

$$(24) \quad s = \int_0^x dx \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{a^2} - \frac{1}{8} \frac{x^4}{a^4} + \frac{1}{16} \frac{x^6}{a^6} - \dots\right) = x \left(1 + \frac{x^2}{6a^2} - \frac{x^4}{40a^4} + \frac{x^6}{112a^6} - \dots\right)$$

Los desarrollos en serie de

$$e^{\frac{x}{a}} = 1 + \frac{x}{a} + \frac{x^2}{2a^2} + \frac{x^3}{3!a^3} + \frac{x^4}{4!a^4} + \frac{x^5}{5!a^5} + \frac{x^6}{6!a^6} + \dots$$

$$e^{-\frac{x}{a}} = 1 - \frac{x}{a} + \frac{x^2}{2a^2} - \frac{x^3}{3!a^3} + \frac{x^4}{4!a^4} - \frac{x^5}{5!a^5} + \frac{x^6}{6!a^6} - \dots$$

dan para la catenaria:

$$(25) \quad y = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) = a \left( 1 + \frac{x^2}{2a^2} + \frac{x^4}{4!a^4} + \frac{x^6}{6!a^6} + \dots \right)$$

para el ángulo de la tangente con el eje de abscisas:

$$(26) \quad \frac{d \cdot y}{d \cdot x} = \frac{1}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right) = \frac{x}{a} \left( 1 + \frac{x^2}{3!a^3} + \frac{x^4}{5!a^5} + \frac{x^6}{7!a^7} + \dots \right)$$

para la superficie en la forma indicada:

$$(27) \quad A = \int_0^x y dx = \int_0^x a \left( 1 + \frac{x^2}{2a^2} + \frac{x^4}{4!a^4} + \frac{x^6}{6!a^6} + \dots \right) d \cdot x = ax \left( 1 + \frac{x^2}{3!a^3} + \frac{x^4}{5!a^5} + \frac{x^6}{7!a^7} + \dots \right)$$

y para el arco:

$$(28) \quad s = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right) = x \left( 1 + \frac{x^2}{6a^2} + \frac{x^4}{120a^4} + \frac{x^6}{5040a^6} + \dots \right)$$

que, como se ve, comparados con los valores respectivos hallados antes para la parábola para valores de  $\frac{x}{a}$  menores que la unidad, difieren poco los unos de los otros, por lo que, en algunas aplicaciones que no necesiten gran aproximación, se puede considerar la catenaria como una parábola. Las ecuaciones anteriores dan la medida del error que se comete con esta asimilación.

Para el estudio de las propiedades de la catenaria la magnitud del parámetro tiene poco interés, mas no sucede lo mismo en las aplicaciones, sobre todo las que se refieren

á la colocación de cables y al estudio de su resistencia. Esta cuestión versa siempre sobre la determinación del parámetro dicho, la que resulta complicada por la forma transcendente de las ecuaciones en que entra.

En la mayoría de casos de la práctica el problema se presenta bajo la forma siguiente: dada la longitud de la cuerda, cable ó cadena y la posición de sus extremos, determinar la forma de la misma. Este problema se resuelve generalmente del modo siguiente:

Sean:  $x' y'$  las coordenadas del punto más alto (supuesto  $x'$  positiva).  
 $x'' y''$  las ídem íd. más bajo.  
 $d = x' - x''$  la distancia horizontal, conocida entre los mismos.  
 $h = y' - y''$  la ídem vertical ídem íd.  
 $l$  la longitud de cuerda ó cable que se suspende.

Si en las ecuaciones (1) y (3) se restablece  $\frac{y}{a} \frac{x}{a} \frac{s}{a}$  en vez de  $y, x, s$ , siendo  $a$  el parámetro de la catenaria que se busca, se tendrá

$$l = s' - s'' = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x'}{a}} - e^{-\frac{x'}{a}} - e^{\frac{x''}{a}} + e^{-\frac{x''}{a}} \right)$$

$$h = y' - y'' = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x'}{a}} + e^{-\frac{x'}{a}} - e^{\frac{x''}{a}} - e^{-\frac{x''}{a}} \right)$$

que elevadas al cuadrado, restadas y reduciendo, dan:

$$(29) \quad l^2 - h^2 = a^2 \left( e^{\frac{d}{2a}} - e^{-\frac{d}{2a}} \right)^2$$

de donde por aproximaciones sucesivas se puede determinar  $a$ .

Además, dividiendo la suma de  $l$  y  $h$  por su diferencia se halla:

$$\frac{l+h}{l-h} = \frac{e^{\frac{x'}{a}} - e^{-\frac{x'}{a}} - e^{\frac{x''}{a}} + e^{-\frac{x''}{a}}}{e^{\frac{x'}{a}} + e^{-\frac{x'}{a}} - e^{\frac{x''}{a}} - e^{-\frac{x''}{a}}} = e^{\frac{x' + x''}{a}}$$

de donde se deduce:

$$(30) \quad x' + x'' = al \cdot \frac{l+h}{l-h}$$

y como

$$x' - x'' = d$$

se hallan fácilmente  $x'$  y  $x''$  que resuelven el problema.

En muchas aplicaciones puede hallarse el valor  $a$  con bastante rapidez por desarrollo en serie del modo siguiente:

$$\sqrt{l^2 - h^2} = a \left( 1 + \frac{d}{2a} + \frac{1}{2} \frac{d^3}{4a^3} + \frac{1}{3!} \frac{d^5}{8a^5} + \dots - 1 + \frac{d}{2a} - \frac{1}{2} \frac{d^3}{4a^3} + \frac{1}{3!} \frac{d^5}{8a^5} - \dots \right)$$



que se reduce á

$$\sqrt{l^2 - h^2} = d \left( 1 + \frac{1}{24} \frac{d^2}{a^2} + \dots \right)$$

que despreciando los términos siguientes de la serie, de los que el inmediato vale sólo  $\frac{1}{1920} \frac{d^4}{a^4}$ , resulta:

$$(31) \quad a = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{24}}} \sqrt{\frac{d^2}{l^2 - h^2 - d}} = 0.2041 \sqrt{\frac{d^2}{l^2 - h^2 - d}}$$

que por medio de unas tablas usuales de cuadrados y cubos se puede hallar con suma rapidez. Este valor así hallado, dado el pequeño valor del primer término despreciado de la serie, para valores de  $\frac{d}{a}$  inferiores á la unidad, será ya muy exacto. Asimismo el valor de  $x' + x''$  vendrá dado por

$$(32) \quad x' + x'' = 2.3026 a \log \frac{l+h}{l-h}$$

que juntamente con  $x' - x'' = d$  permite hallar  $x'$  y  $x''$  por medio de unas tablas de logaritmos usuales.

En el caso, bastante frecuente, de una catenaria de cuerda horizontal, en la que  $h = 0$ , las fórmulas anteriores se reducen á:

$$(33) \quad a = 0.2041 d \sqrt{\frac{d}{l-d}}; \quad x' = -x'' = \frac{d}{2}$$

En este caso es también bastante importante el trazado de la catenaria y determinación de su parámetro cuando se conoce sólo la cuerda horizontal y la flecha, como sucede en el caso de cables de transporte ó eléctricos.

Para esto conviene referir la ecuación general á un eje de abscisas que pase por el vértice, con lo que la ordenada es igual á la flecha, que se denominará  $f$ , y resulta:

$$y = f = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{d}{2a}} + e^{-\frac{d}{2a}} - 2 \right)$$

por ser la ordenada aquí igual á la ordenada de la ecuación general menos  $a$ , y la abscisa  $x$  igual á la mitad de la cuerda  $d$ . Desarrollando el valor de  $f$  en serie y reduciendo queda:

$$f = \frac{a}{2} \left[ \left( \frac{d}{2a} \right)^2 + \frac{1}{3 \cdot 4} \left( \frac{d}{2a} \right)^4 + \frac{1}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} \left( \frac{d}{2a} \right)^6 + \dots \right]$$

que puede ponerse bajo la forma

$$f = d \left( \frac{1}{8} \frac{d}{a} + \frac{1}{384} \left( \frac{d}{a} \right)^3 + \frac{1}{23040} \left( \frac{d}{a} \right)^5 + \dots \right)$$

que siempre que  $\frac{d}{a}$  sea algo menor que la unidad con gran aproximación se puede tomar

$$(34) \quad f = \frac{1}{8} \frac{d^2}{a} \text{ que da para } a: a = \frac{1}{8} \frac{d^2}{f}$$

asimismo, dada la cuerda y la flecha, se puede hallar con gran aproximación la longitud  $l$ , observando que

$$\frac{1}{2} = s = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{d}{2a}} - e^{-\frac{d}{2a}} \right)$$

desarrollada en serie da

$$l = 2a \left[ \frac{d}{2a} + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} \left( \frac{d}{2a} \right)^3 + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \left( \frac{d}{2a} \right)^5 + \dots \right]$$

que poniendo en vez de  $a$  su valor hallado anteriormente da para la diferencia entre la longitud del arco y la cuerda

$$l - d = \frac{d}{6} \left[ \left( \frac{4f}{d} \right)^3 + \frac{1}{20} \left( \frac{4f}{d} \right)^5 + \dots \right]$$

y como en estos casos, antes referidos, la relación de la flecha á la cuerda es tal que  $\frac{4f}{d}$  es muy inferior á la unidad, resulta muy exacto tomar sólo el primer término de la serie que da

$$(35) \quad l - d = \frac{8}{3} \frac{f^2}{d}$$

fórmulas todas ellas muy sencillas si se comparan con las generales, largas de calcular por su forma transcendente. Es verdad que si se poseen tablas de funciones hiperbólicas, el cálculo se reduce grandemente; pero aparte de que estas tablas son poco usadas, si se quiere exactitud hay que recurrir á tablas algo completas, como las de Ligowski, Gudermann ú otras análogas, pues las pequeñas resultan poco exactas para estas aplicaciones.

En todas las aplicaciones al trazado de cables inclinados y planos referentes á su instalación, como los ejes caen muchas veces fuera del papel, es preferible referir la curva á ejes que pasen por el punto inferior de la misma, cosa que resulta fácil, poniendo en las ecuaciones generales en vez de  $y, x, y + y', x + x'$ , siendo  $y', x'$  las coordenadas de dicho extremo inferior. Sería preferible poder tomar como ejes coordenados la cuerda y una perpendicular á la misma, mas las fórmulas generales resultan demasiado complicadas y largas de calcular.

(Continuará.)

## CONTADORES DE MOTOR

### SU EMPLEO Y SU CONTRASTE

Consideraciones particulares sobre los modelos Isaria Werke de Munich.

(Continuación.)

De las precedentes consideraciones se deducen las conclusiones siguientes: gran par con pequeño consumo en la derivación y peso mínimo del inducido. Estas condiciones las cumple en absoluto el inducido abierto en tres partes del contador de corriente continua Isaria, y además esta disposición pone otra ventaja: que el colector puede ser de tres piezas solamente y tener, por consecuencia, un diámetro muy pequeño, lo que reduce el desgaste de las escobillas á su mínimo. Un arrollamiento del cortacircuito en el inducido preserva al colector contra la formación de chispas; este arrollamiento recibe la corriente de inducción que se produce al paso de las escobillas de un segmento al otro.

La construcción de las escobillas se ha hecho con el mayor cuidado posible; ha sido el coronamiento de una serie de experiencias hechas con más de 50 modelos diferentes.

Una buena escobilla debe llevar las condiciones siguien-



tes: que el apoyo sea bueno para asegurar un buen paso de corriente, pero por otra parte que no ocasione un rozamiento exagerado para no producir desgastes en el colector. Una elasticidad exagerada del resorte es tan perjudicial como la poca elasticidad; porque un resorte demasiado flexible no impedirá que la escobilla se separe del colector por efecto de una fuerte sacudida (por ejemplo, el paso de un carruaje, etc.), resultando de aquí una formación de chispas. Por otra parte, es preciso que la escobilla sea fácilmente intercambiable, y cada vez que se la coloque, que tome igual posición, sin necesidad de una comprobación posterior. Es preciso, por último, que la escobilla sea invisible á los cortacircuitos.

Los minuterios de los J. Z. W. trabajan, por decirlo así, sin rozamiento. Esto se averigua, merced á la posición vertical de todos los ejes de rotación que se mueven apoyados en piezas de acero pulimentado y endurecido ó en piedras preciosas. El tornillo sin fin que, en los otros sistemas se encuentra en el eje del motor, está colocado en un sitio donde da muchas menos vueltas. El rozamiento del tornillo sin fin disminuye igualmente en la relación del número de vueltas.

Estos contadores son prácticamente insensibles á las corrientes próximas, así como á los efectos del magnetismo terrestre.

En los contadores de amperios-hora de motor de corriente continua, el campo está generalmente producido por imanes permanentes, mientras que la corriente de consumo, ó una parte de ésta, recorre el inducido. Los contadores de amperios-hora de motor son, en suma, un pequeño motor electromagnético de corriente continua.

Permitidme describir, ante todo, brevemente el principio en que se fundan los contadores Ferranti, Chamberlain, y Hookham, Sangamos, etc.

En el contador Ferranti, un baño de mercurio á través del cual la corriente de consumo pasa de la periferia hacia el centro, se pone en rotación por la acción de un imán permanente. El mercurio en su movimiento arrastra á un ligero tambor con aletas calado en el árbol y sumergido en el baño. La rotación del eje se transmite á un sistema de agujas.

En el contador Chamberlain, Hookham y Sangamos, un disco de cobre esmaltado es el que flota en el baño de mercurio.

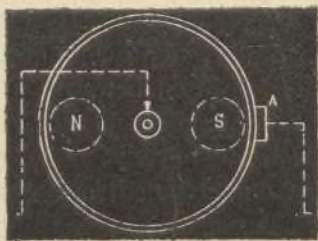


Fig. 3.\*

La corriente va por el mercurio á la superficie A de la periferia metálica desnuda del disco (fig. 3.\*) que representa el inducido. La partida de la corriente se hace por el eje. Bajo la influencia de un imán permanente cuyas líneas de fuerza en los polos N y S atraviesan el disco perpendicularmente, el conductor recorrido por la corriente, es decir, el disco, se pone en movimiento. La velocidad de rotación es proporcional á la corriente que atraviesa el disco.

El movimiento se transmite, por consiguiente, directamente á las agujas. Cuando la intensidad de la corriente es demasiado grande, no se deja pasar más que una parte de la corriente á través del disco, sirviéndose de un shunt. Si se reemplazan los imanes permanentes por electroimanes que estén influenciados por la tensión, se obtienen contadores de vatios hora.

El inconveniente de estos contadores, que por decirlo así no han alcanzado mucho favor en Alemania, es debido á que el contador es difícilmente accesible y el mercurio fácilmente oxidable.

En los contadores de amperios-hora de motor, la velocidad  $V$  es proporcional á la corriente de utilización  $I$ , cuando el contador no suministra ningún trabajo; en segundo lugar,  $V$  es proporcional á la corriente de utilización  $I$ , cuando el motor suministra trabajo que es absorbido, por ejemplo, por un sistema de frenaje producido por corrientes de Foucault, de tal suerte, que la energía consumida es proporcional al cuadrado de la velocidad. El contador Ok de la Isaria-Zaehler-Werke se funda en el primer principio citado. Entraña, por consiguiente, la condición de que no existe ninguna pérdida por rozamiento, lo que prácticamente es imposible.

La velocidad de equilibrio se alcanza cuando la fuerza contra-electromotriz producida por el motor es igual á la tensión de las bornas, es decir, cuando la corriente de inducido tiene un valor igual á cero.

Todos los demás contadores de amperios-hora empleados en Alemania suministran trabajo. La energía producida es absorbida por un freno de corrientes de Foucault.

En los contadores de amperios-hora de la Isaria-Zaehler-Werke, el inducido muy ligero en forma de disco sirven al mismo tiempo para absorber la energía producida. Las tres bobinas planas del inducido montando las unas sobre las otras están fijadas sobre un disco de aluminio que gira entre los polos de dos imanes permanentes. Los imanes forman, por consecuencia, por una parte el campo magnético, pero sirven al mismo tiempo de imanes de freno. El inducido está montado en paralelo con una resistencia recorrida por la corriente principal; esta resistencia provoca una caída de tensión de un voltio próximamente. Por esto no pasa por el inducido más que por una pequeña parte de la corriente.

Ahora bien; de algún tiempo á esta parte se va renunciando cada vez más á los contadores de amperios-hora por la inferioridad manifiesta con relación á los contadores de vatios hora, inferioridad que no compensaría una diferencia de precio insignificante.

Los contadores de amperios hora, ante todo, no reaccionan bajo las variaciones de tensión, y, por consiguiente, no dan una exacta indicación de los vatios consumidos realmente.

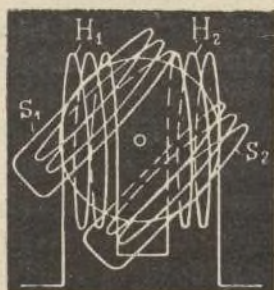
Además, los contadores de amperios-hora tienen todos una velocidad demasiado elevada, que frecuentemente excede diez veces la de los contadores de vatios-hora del mismo tamaño. Esto ocasiona mayores desgastes en el colector, las escobillas y los rubíes. En tercer lugar, es imposible adoptar en los contadores de amperios-hora una disposición que pueda compensar las pérdidas por rozamiento, y por consiguiente, la curva de verificación de este contador es mala. El contador de amperios-hora registraría exactamente bajo una pequeña carga, si pudiera girar sin rozamiento; pero como esto no puede ser, arranca mal y se cometen errores notables por defecto cuando el consumo es



reducido; estos errores son todavía mayores cuando el colector está ligeramente oxidado ó engrasado.

Los inconvenientes de la oxidación ó del engrase del colector adquieren mayores proporciones en los contadores de amperios-hora, que no tienen más que un voltio de tensión en las escobillas, que en los contadores de vatios hora, cuya tensión es, próximamente, en las escobillas de 20 á 22 voltios.

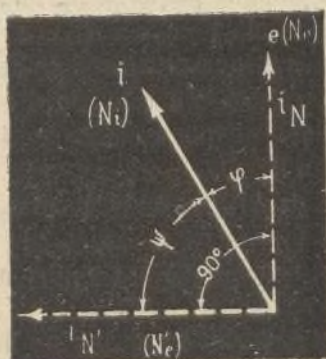
En las instalaciones de corriente alternativa, si no me equivoco, no se han empleado los contadores de vatios-hora. El principio de estos contadores es el siguiente (véase la figura 4.<sup>a</sup>):

Fig. 4.<sup>a</sup>

La corriente de utilización recorre las bobinas  $H_1$  y  $H_2$ , é induce en las bobinas  $S_1$  y  $S_2$  en cortocircuito y separa próximamente  $45^\circ$  en el eje corrientes de inducción cuyos campos, combinados con los engendrados por las bobinas de la corriente principal, actúan sobre el disco y lo ponen en movimiento.

Para medir el efecto de la corriente alternativa, se pueden emplear los contadores de vatios hora de la Isaria-Zaehler-Werke, que precedentemente hemos descrito, toda vez que no contienen hierro; un método indicado por Ferraris permite, sin embargo, simplificar su construcción, y por esto todos los contadores mono ó trifásicos están basados en el principio de Ferraris.

En estos contadores, llamados contadores de inducción, dos campos magnéticos diferenciados en fase actúan sobre un disco de cobre ó de aluminio que se pone inmediatamente en rotación (véase el diagrama de la figura 5.<sup>a</sup>).

Fig. 5.<sup>a</sup>

El campo  $N_i$  está recorrido por la corriente de utilización  $i$ , el otro campo  $N_e$  por una corriente  $iN$  proporcional á la tensión. Sea el ángulo de diferencia de fase entre la corriente  $i$  la corriente  $iN$ .

El par  $M_d$  del contador es proporcional del seno del ángulo de desplazamiento de fases y proporcional al número de líneas de fuerza de los dos campos y tendremos:

$$M_d = c N_i \cdot N_e \sin \varphi.$$

El efecto de la corriente alternativa es, por el contrario,

$$E = e \cdot i \cos \Phi.$$

Por consiguiente, el par no variará con el coseno como la potencia.

Ahora bien; para concordar los dos valores separo la corriente de tensión  $90^\circ$  con respecto á la tensión  $e$ , de tal suerte que viene á tomar la posición  $iN'$ . El par del contador es en este caso

$$M_d = c \cdot N_i \cdot N_e \cdot \sin \downarrow,$$

siendo la diferencia entre  $\Phi$  y  $\varphi$  de  $90^\circ$ ,

$$M_d = c \cdot N_i \cdot N' e \cos \varphi.$$

$N_i$  corresponde á la corriente  $i$ ,  $N' e$  en proporcional á la tensión  $e$ .

El par del contador es, pues, proporcional á la potencia de la corriente alternativa.

Por esta razón se da á la corriente de la bobina de derivación una separación de fase de  $90^\circ$  con respecto á la tensión que la produce. La diferencia de fase en los contadores de corriente alternativa Isaria se obtiene de la manera siguiente:

El stator en derivación sirve de bobina de autoinducción; se obtiene así una diferencia de fase próximamente de  $80^\circ$ .

Por medio de un anillo de cortocircuito patentado D. R. P., núm. 175.443, la diferencia de fase se lleva más allá de los  $90^\circ$  y después exactamente á  $90^\circ$  por medio de una pequeña bobina intercalada en el circuito derivado.

Los contadores de corriente trifásica de la Isaria-Zaehler-Werke para fases desigualmente cargadas se componen de dos contadores monofásicos alojados en una misma caja y que actúan ambos sobre una sola parte en rotación, que comprende dos discos de aluminio montados en un eje común.

La parte giratoria trabaja también aquí sobre el minuto. La Isaria Zaehler-Werke ha conseguido recientemente mejorar considerablemente la sensibilidad de su contador de corriente alternativa, modelo TE. El par, entre otras mejoras, ha sido muy aumentado, reduciendo al mismo tiempo el gasto en derivación á la mitad próximamente de lo que antes era.

En las instalaciones de corriente trifásica con hilo neutro, cuyas tres fases están uniformemente cargadas, se puede en las medidas emplear un simple contador monofásico, cuya relación de transformación en las agujas esté calculada de modo que el contador indica directamente el consumo de las tres fases.

Cuando no hay conductor neutro, ó éste no es accesible, se emplea un contador construido especialmente para fases uniformemente cargadas.

El arrollamiento de hilo grueso de un contador de esta clase está intercalado en uno de los tres conductores, la derivación está establecida en éste y en los otros dos, con lo que el conductor gira más rápidamente.

En lo que respecta al manejo de los contadores, tengo que hacer notar lo siguiente:

Los contadores tienen que estar montados en locales lo más secos posible, que no contengan ni gases ni vapores perjudiciales y adosados á un muro macizo que tenga el espesor de pie y medio. Además es necesario que en la proxi-



midad no haya contadores de campos magnéticos internos ó conductores por los que circulen corrientes de gran intensidad. Los contadores deben estar suspendidos verticalmente y las conexiones hechas con cuidado. En los locales en que se produzca mucho polvo se cubrirán convenientemente los contadores con una caja de protección.

(Concluirá.)

## LOS PUERTOS DE HAMBURGO, AMBERES

Y VARIOS OTROS DE EUROPA

POR EL INGENIERO GUIDO JACOBACCI

(CONTINUACIÓN)

### PUERTO DE AMBERES

El dique África ó Lefebvre está actualmente en transformación, debido á la entrada de los nuevos diques en construcción y á la esclusa que se está preparando para darle comunicación directa con el río.

La Sociedad que explota los silos obtuvo de la ciudad el terreno necesario en arrendamiento por el término de cuarenta años. El edificio ocupa 2.500 m<sup>2</sup> y contiene 144 silos de 22 metros de altura, capaces cada uno de almacenar 75 á 275 toneladas de trigo, pudiendo contener en total 25.000 toneladas. Los buques cargados á granel atracan en el muelle anterior, donde, por medio de los elevadores transportables, se levantan los cereales desde la estiba al puente, vertiéndolos sobre cintas que circulan debajo del muelle y entran en el edificio.

En el interior hay cuatro grandes elevadores de noria, aptos cada uno para un trabajo de 90 toneladas por hora. Estos elevadores están divididos en dos secciones: la primera para llevar el trigo hasta las balanzas automáticas, que pueden alcanzar á 2.000 kilogramos por pesada (en general se usan á 900 kilogramos), y la segunda para llegar hasta el alto del edificio, donde el trigo, por medio de cintas corredizas y de carrillos vertedores, se descarga en los silos.

La salida de los trigos se hace por buques de mar ó lanchas fluviales y por ferrocarril. En el primer caso las embarcaciones atracan en el muelle lateral y reciben la carga por medio de tubos telescópicos en número de tres, que pueden verter 90 toneladas por hora cada uno. La carga en ferrocarril se hace con trigos embolsados. Entonces para ese servicio se dispone de cinco pequeños elevadores de 30 toneladas por hora, cada uno de los cuales está servido por tres balanzas automáticas para embolsar, siendo las bolsas de 100 kilogramos de peso. La carga de un vagón de cien bolsas se hace en veinte á veinticinco minutos.

El dique América hasta 1904 estaba ocupado por las instalaciones de petróleos. Pero actualmente esas instalaciones ya no existen, habiéndose transportado el servicio de inflamables al Sur de los nuevos muelles del Escalda. En 1905 y 1906 ese dique ha sido transformado, dotándolo de nuevas vías y de grúas y destinándolo al tráfico general. Los galpones allí construídos son del tipo adoptado en los demás diques y en los muelles del Escalda, salvo tres pequeños tinglados de madera colocados al otro extremo. En este último

punto no hay grúas, y como las riberas de ese muelle están arregladas en talud, se han construído para facilitar las operaciones cuatro falsos puentes de madera de 20 por 14 metros.

Además de estos ocho diques principales, existen algunos cortos trechos de muelles en los canales de unión. La parte central de estos canales ha sido ensanchada en forma de pequeños diques, al efecto de utilizarlos especialmente para el atraque de lanchas fluviales. En estos puntos las mercaderías se depositan simplemente en el muelle al aire libre ó se cargan sobre los carros y viceversa, pues allí no hay galpones ni dotación de grúas y vías.

El servicio de las vías férreas de todos los diques del puerto depende de una estación llamada Anvers Bassins-Entrepot, que termina al Sud de los diques Asia y Campine. Se compone de tres estaciones puestas á continuación una de otra, que son: la de Zurenborg, la de Stuivenberg y la Principal ó terminal.

La primera de éstas es como la llave de las demás, pues en ella se hace la clasificación de los vagones y la formación de los trenes. Con ese objeto la estación está dividida en dos secciones al Sur y al Norte de las vías principales para el servicio de la descomposición de los trenes y para el de su formación. El desarrollo de vías en dichas secciones es de 25 y 28 kilómetros respectivamente. El triaje se hace por gravedad y pueden en ella manipularse diariamente 4.500 vagones.

La superficie ocupada por la estación es de 28 hectáreas, y su nivel está á 4 metros más ó menos arriba del terreno circunstante.

Los vagones clasificados en la estación de Zurenborg, si están destinados á los diques ó depósitos, se hacen pasar á la estación principal ó continúan directamente al puerto por un ramal que se separa de la línea de Rotterdam en proximidad de las fortificaciones. Si al contrario tiene destino local ó deben seguir en dirección á Holanda, se detienen en la estación de Stuivenberg.

Los vagones que entran á la estación principal con destino á los diques, sufren allí, si es el caso, ulteriores operaciones de subdivisión y esperan, por el corto tiempo que sea necesario, el momento de entrar al puerto. En dicha estación se efectúa también el transbordo de las mercaderías que llegan de los muelles por carro ó que van á ellos por el mismo medio. Esta operación se practica al aire libre ó dentro de un gran galpón provisto de dos calzadas interiores, con entarimados, vías y grúas para la descarga de las mercaderías. Las grúas al interior y al exterior del galpón son en número de cuarenta, con fuerza de 1 á 2 toneladas; existen á más cuatro grúas de 5 toneladas y una de 10. Trabajan con agua á 50 atmósferas, comprimida en la misma estación mediante un motor de la fuerza de 75 caballos.

Además de las estaciones indicadas se ha instalado recientemente sobre la línea Belgo-Holandesa, frente al fuerte de Merxem, otra estación conocida bajo el nombre de Anvers-Austruweel. Esta estación, que tiene 31 hectáreas de superficie y 40 kilómetros de vías, sirve provisionalmente como sucursal de la de Stuivenberg para los vagones en tránsito ó en salida sometidos á la vigilancia aduanera; pero en cuanto se habiliten los nuevos diques interpuestos, quedará destinada al servicio de éstos y de los muelles Norte de los diques existentes.

El movimiento verificado en dichas estaciones, en relación con el tráfico de los puertos en los últimos años, fué el siguiente:



INDICACIONES	Unidad.	AÑOS			
		1900	1903	1904	1905
Mercaderías en salida.....	Tons.	2.689.798	2.276.865	»	2.387.601
Idem en llegada....	»	1.953.626	2.369.563	»	2.343.927
TOTAL.....	»	4.643.424	4.646.428	4.599.465	4.731.528
Vagones en salida..	N.º	552.978	576.721	562.727	575.191
Idem en llegada....	»	553.486	622.555	566.740	574.234
TOTAL.....	»	1.106.464	1.199.276	1.129.467	1.149.425
Por dfa.....	»	3.032	3.287	3.095	3.150

En las cantidades de vagones arriba indicadas están comprendidos los vagones vacíos, que para 1905 fueron 174.386 en llegada y 144.710 en salida; lo que representa en total un 28 por 100 de vagones vacíos. El peso útil correspondiente á cada vagón cargado fué de toneladas 5,7.

Las grúas colocadas en los muelles son de tipo alto ó de pórtico, exceptuando las que hemos mencionado al tratar de los diques antiguos. Estas grúas son de estructura casi igual á las del Escalda, y pueden dar paso á una vía, exceptuando 15 de las que han sido colocadas recientemente en el dique América para su nuevo destino que son para doble vía. Todos estos aparatos son hidráulicos y tienen pistones diferenciales para un doble poder de 750 y 1.500 kilogramos ó de 1.000 y 2.000.

El número total de grúas de 1.500 á 2.000 kilogramos de poder en los diques es de 136; de éstas 79 alcanzan sólo á 1.500 kilogramos. Hay otras en construcción para ser instaladas en el muelle Sudoeste del Kattendijk y en otros puntos. Según se desprende del cuadro núm. 1, la distancia media entre las grúas en los muelles servidos por dichos aparatos varía entre 24 y 38 metros. La fuerza motriz para esta maquinaria y para las grúas especiales ya recordadas se produce en una casa de máquinas situada al Este del Kattendijk, provista de tres motores de 150 caballos de fuerza cada uno y un motor suplementario que comprimen el agua á 48 atmósferas. Otra casa de máquinas se ha instalado recientemente cerca de la esquina Noroeste del dique América, para el servicio independiente de las nuevas grúas allí colocadas.

Antes de dejar de ocuparnos de los diques, hay que recordar los diques fluviales que el puerto de Amberes posee. Son éstos en número de cuatro, y tienen limitada extensión. He aquí sus principales elementos:

NOMBRE DE LOS DIQUES	Largo. — M.	Ancho. — M.	AGUAS		RIBERAS		
			Superficie — Hs.	Profundidad. — M.	Largo. — M.	Ancho. — M.	Naturaleza.
Looiboek.....	450	40	1,80	2,10	940	35 á 40	Talud.
De los carbones.	250	50	1,25	5,60	575	30	Muelle
De los lancheros.	265	65	1,72	5,60	620	32	»
De los ladrillos.	225	50	1,13	5,60	525	30	»
Entrada de media marea....	75	25	»	2,07 á 6,36	»	»	»
Totales....	»	»	5,90	»	2.660	»	»

#### Muelles del Escalda.

Á más de los diques ligeramente descritos, el puerto de Amberes posee sobre la orilla derecha del río unos muelles que, si no constituyen por su extensión y su tráfico la parte más importante del puerto, son, sin embargo, la parte mejor concebida y más orgánica de todas las instalaciones.

Estos muelles abarcan un largo total de 5.500 metros y se dividen en dos partes distintas: una, de 3.500 metros, se halla en servicio desde 1885, y sus distribuciones, hechas con criterios sumamente lógicos y previsores, tienen en propio favor el éxito constante de tantos años de explotación, durante los cuales han podido dar satisfacción completa y continua á las exigencias del tráfico marítimo, á pesar de los grandes cambios habidos en ese lapso de tiempo en las dimensiones de los buques. La otra parte de muelles, de 2.000 metros de largo, ha sido terminada á fines de 1903. Siendo diferentes las disposiciones adoptadas en las dos partes de muelles, se hará por separado la descripción de cada una de ellas.

#### Antiguos muelles del Escalda.

Los primeros muros de muelle en el río fueron construídos bajo el Gobierno napoleónico; otros se construyeron en épocas posteriores; así que en 1868 el total de esos muros alcanzaba un desarrollo algo mayor de 2 kilómetros.

En 1874 se decidió la construcción de nuevos muelles, trazándolos en forma regular por medio de curvas apropiadas y adoptando un tipo uniforme de muros, cuya construcción fué adjudicada á la casa Couvreux y Hersent. La altura de los muros arriba de los cimientos debía ser de 14,35 metros llegando su coronamiento á la cota más 6,50; pero una marea excepcional, observada en 1877, aconsejó aumentar de 0,30 metros la cota del muelle y la altura del muro.

Las construcciones se extendieron sobre un largo de 3.500 metros. Á los muelles se dió un ancho casi constante de 100 metros. Las casas que existían á lo largo de los antiguos muros fueron expropiadas y demolidas, reconstruyéndose los nuevos edificios á la distancia indicada. Para el tráfico público se dejó al frente de éstos una calle de 20 metros de ancho, quedando así una zona de 80 metros para el servicio del puerto.

El principio que sirvió de base para el estudio de las disposiciones en los muelles fué el siguiente: que cada buque al atracar hallara á su disposición exclusiva un sistema completo é independiente de servicios que le permitiera efectuar sus operaciones sin estorbar al buque inmediato ni ser estorbado por él. Esto implicaba la construcción de galpones de un largo aproximadamente igual al de los buques, y de accesos para las vías férreas propios para cada buque.

Planteados el problema sobre esta base, surgía como consecuencia la necesidad de que en un determinado punto del muelle atracaran siempre buques de un cierto largo. Esta condición podía fácilmente satisfacerse por medio de disposiciones administrativas, entre las cuales, la más importante consistía en destinar lugares fijos á las líneas regulares de navegación. Pero si las líneas que frecuentasen el puerto habían de sufrir modificaciones ó variar el largo de sus buques, era necesario que las instalaciones pudieran fácilmente ser modificadas para adaptarse á las nuevas circunstancias.

Para satisfacer esta segunda condición, de carácter algo más complejo que la primera, se subdividió todo el largo del muelle en zonas de 12 metros de ancho, perpendiculares al muelle mismo. Entonces á un determinado tipo de buques,



por ejemplo, de 70 metros de largo, se asignaron seis zonas, de las que cinco se ocuparon con un galpón, dejándose libre la sexta para el paso de una vía férrea transversal de unión entre las vías anteriores y posteriores. Del mismo modo se operó en la siguiente parte del muelle, considerando el largo del buque que debía servirse.

La construcción de los galpones se hizo por medio de galpones elementales de estructura uniforme y de 12 metros de ancho, de manera que á cada zona correspondía un ele-

mento del galpón. De este modo, si el largo del buque, supuesto de 70 metros, hubiese sido aumentado á 100, el trabajo necesario para la transformación quedaba reducido á desarmar un elemento del galpón cercano y reconstruirlo en el espacio dejado para la vía férrea, transportando ésta en la zona dejada libre por dicha demolición. Así, con una operación en extremo sencilla se podían transformar, por ejemplo, tres secciones destinadas á buques de 70 metros en dos para buques de 100 á 110. (Continuará.)

## Revista de las principales publicaciones técnicas.

### Los depósitos de carbón.

Es de la mayor importancia para la industria, y muy especialmente para la de los transportes, poder hacer grandes aprovisionamientos de carbón. Los tres puntos principales á considerar desde este punto de vista son el espacio ocupado, el peligro de combustión espontánea y la pérdida de poder calorífico.

Habiendo demostrado la experiencia que se obtienen buenos resultados conservando los carbones bajo el agua, la «Western Electric Company de Chicago» ha hecho construir un extenso depósito basado sobre este principio.

Consiste este depósito en una fosa de  $94,55 \times 34,77$  metros y 4,58 metros de profundidad, dividida longitudinalmente por tres muros con arcadas y transversalmente por dos muros llenos, todo de hormigón. Se realizan así doce compartimientos de  $29,28 \times 6,40$ .

Sobre los muros longitudinales hay colocadas vías férreas para la circulación de los vagones que conducen ó sacan el carbón. Una grúa «Browning» descarga por día seis vagones de 40 toneladas y carga ocho. Ninguna maniobra de vapor es necesaria durante estas operaciones, porque los vapores y la grúa se encuentran en vías distintas. La capa acuifera mantiene generalmente el agua en la fosa á un nivel suficiente; cuando este nivel descende mucho, se eleva por medio de una bomba de agotamiento que en tiempo ordinario sirve para la alimentación de un depósito elevador.

La fosa puede recibir 10.000 toneladas de carbón. Ninguna medida se toma para secar el combustible antes del empleo.

Los ensayos con objeto de observar los resultados que habrán de obtenerse con el depósito de carbón continúan y confirman los resultados ya obtenidos, y es que este modo de conservación es incomparablemente superior al depósito al aire libre.

El servicio geológico del Estado de Illinois ha procedido, á la vez que la Estación de experimentación de la Universidad de Illinois, á ensayos con muestras de 100 libras (45,400 kilogramos) procedentes de diversos distritos mineros y que han sido expuestas durante nueve meses: a), al aire; b), en una atmósfera seca comprendida entre 29,5 grados centígrados y 43,8; c), á la misma temperatura regando los carbones dos ó tres veces por semana), y d), en el agua á 21 grados centígrados próximamente.

Las conclusiones son las siguientes:

A. El carbón sumergido no pierde, por decirlo así, nada de su poder calorífico; B, la exposición al aire conduce á una pérdida de 2 á 8 por 100; C, el depósito en seco no tiene ventaja sobre el depósito al aire libre más que para los carbones sulfurados; D, en la mayoría de los casos, la pérdida es completa después de cinco meses; del séptimo al noveno mes la pérdida es inapreciable; E, los resultados obtenidos con muestras deben considerarse como indicaciones de lo que pasará en las grandes masas, más bien que como resultados absolutos.

Esta cuestión es de una importancia más grande de lo que se cree generalmente.

Los depósitos de 50.000 á 150.000 toneladas son numerosos, y para cada uno de ellos una pérdida de 1 por 100 se traduce por una pérdida de 500 á 1.500 toneladas!

(Engineering News.)

### Nota sobre las últimas locomotoras de la Compañía de Orleans.

El aumento progresivo de las cargas en los trenes, especialmente en la línea de París á Burdeos, ha determinado la creación sucesiva de las máquinas 3.000, 4.000 y 5.000, que tienen la misma caldera, y difieren principalmente por el diámetro de las ruedas motoras.

Las máquinas 4.000, que corresponden á la línea de París á Toulouse, por Montauban, resultaron insuficientes para remolcar la carga de 320 toneladas sobre rampas de 0,010, principalmente entre Brines y Limoges, y la necesidad de calderas más potentes condujeron al tipo Pacific (serie 4.500), que permite un mayor desarrollo del hogar y que dispone de un gran volante de vapor que permite una economía de combustible del 50 por 100.

Para las líneas accidentadas de las partes montañosas de la red se ha adoptado el tipo Décapod (serie 6.000).

El recalentamiento sistema Schmidt con tubos recalentadores en el haz tubular ha recibido aplicaciones muy importantes y debe aplicarse igualmente á las máquinas Décapod.

Con el recalentamiento, los distribuidores cilíndricos son indispensables para los cilindros de alta presión; pero se ha reconocido que se podía prescindir de ellos en los de baja. Los tubos Serue, con aletas, han sido igualmente reemplazados por tubos lisos, que convienen mejor para la gran longitud de 5,90 m.

El empleo de una fuerte proporción de carbón graso en el combustible ha obligado á adoptar para las máquinas Pacific una forma especial de hogar á la vez ancho y profundo. Se introduce por delante en los largueros y se ensancha al tercio de su longitud por encima de los largueros; la anchura de la parrilla varía entre 0,935 y 1,880 m.

La necesidad de tipos cada vez más potentes para la tracción en las líneas de montaña ha determinado á la misma Compañía de Orleans á adquirir una serie de máquinas tender del tipo Schwarzkopp, de cinco ejes acoplados, cuyo peso se ha llevado á 72 y 86 T. Estas máquinas tienen una potencia de arranque formidable y pueden remolcar los trenes pesados de mercancías sobre rampas de 0,028 á 0,030.

En resumen, los constructores continúan aumentando la potencia ya realizada por los tipos existentes; únicamente existe una grave dificultad práctica que hará inútiles, durante algún tiempo por lo menos para los trenes de mercancías, los nuevos progresos en este sentido, y es el límite de resistencia de los enganches. Esta resistencia es muy débil para una gran parte



del material de mercancías ordinario, y para aumentarla es preciso reforzar no sólo el gancho de unión propiamente dicho, sino también el cuadro del bastidor sobre el cual se fija. Remolcando sobre largas pendientes de 0,010 á 0,012 con un material provisto de semejantes enganches, se corre el riesgo con los trenes de mucha composición de ejercer esfuerzos que traspasen notablemente el límite de elasticidad y, por consecuencia, de que se produzcan roturas y otros accidentes graves.

### **Sobre la confección de adoquinados de asfalto artificial.**

Desde hace algunos años el asfalto artificial se ha introducido en la técnica. El producto creado por Hannemann y denominado Technolith, principalmente, ha sido objeto de patentes explotadas en Berlín por la Sociedad Zoeller y Valfers. Como osamenta mineral que reemplaza á la caliza ó la arena, se ha recurrido á una especie particular de escoria de altos hornos, y como aglomerante ó impregnante, se ha sustituido el betún por una sustancia análoga sacada del alquitrán de la hulla ó de los residuos de la destilación del petróleo. Estos productos se combinan con azufre y cloruro de calcio á la temperatura de fusión del asfalto, y después de molido y mezclado con una materia inerte se recalienta de nuevo.

Según Jost, se debe obtener el asfalto artificial mezclando el aceite pesado de petróleo con grafito ó pizarra en polvo y agitando con polvo de asfalto y una sustancia inerte.

Las placas se someten á una presión de 200 atmósferas.

M. Gary, Director del laboratorio de ensayos de Charlottembourg, realizó en 1897 experiencias comparativas sobre el asfalto artificial y sobre el asfalto natural. Las placas artificiales comprimidas en la prensa hidráulica resistieron mejor que el asfalto natural; el peso específico fué de 2.290 y el del asfalto natural de 2.117.

El autor de este artículo (véase el *Oesterr. Wochenschrift für den öffentl. Bandienst*, Viena 27 de Marzo de 1909) da cuenta de los ensayos que él ha ejecutado sobre los materiales obtenidos por la fábrica de Technolith de Brünn.

Una mezcla de Technolith y de asfalto natural se reconoce con el tratamiento por la ebullición en el agua; los sulfitos, polisulfitos y sulfato de calcio que contiene la Technolith se disuelven, lo que no se encuentra en el asfalto natural.

El producto designado con el nombre de Technolith no resiste á las intemperies y á la circulación; se desagrega. Las escorias de los altos hornos son, por otra parte, alterables por consecuencia de la reacción del azufre y de la cal en presencia del aire. Para llegar á hacer mejores materiales se debe desde luego buscar como aglomerante un producto artificial que se aproxime más al betún del asfalto natural (Kohler. *Chemie und Technologie der Asphalte*, 1904), tal como la brea grasa del petróleo, residuo de la destilación fraccionada. La proporción en azufre del asfalto natural es característica: de un 2 á un 10 por 100, mientras que la brea de petróleo no contiene más de un 1 por 100; parece, pues, indicado forzar un poco la proporción de azufre de este último antes del empleo.

En lugar de recurrir á una osamenta alterable al aire como la escoria, convendría tomar rocas débilmente bituminosas, tal y como se encuentran en la naturaleza (especialmente en el Tirol), y pulverizarlas, impregnándolas de brea de petróleo y someténdolas después á una temperatura conveniente y á una presión elevada.

### **La presa Roosevelt sobre el Salt River.**

La construcción de la presa Roosevelt sobre el Salt River se ha realizado en medio de considerables dificultades, por consecuencia de las numerosas crecidas que han tenido lugar durante el período de ejecución de los trabajos.

Su altura es de 86,62 metros, la mayor de todas las conocidas; agua arriba de la presa la profundidad del agua será de 73,80 metros, y el volumen de agua almacenado de 1.560 millones de metros cúbicos.

En la campaña de 1905 se hizo la instalación de los talleres, se pusieron en explotación las canteras y se hincaron los pilotes para las ataguías.

En Noviembre sobrevino una crecida que elevó el río más de 9 metros en diez y siete horas, y el caudal pasó bruscamente de 56 á 3.640 metros cúbicos por segundo. Las ataguías y una parte de los aparatos mecánicos fueron arrastrados por la corriente.

Después de este desastre se decidió prescindir de la disposición adoptada para dar salida á las aguas por las ataguías, y se dispuso que ésta tuviera lugar por el túnel de las compuertas, cuya capacidad de gasto es de 37 metros cúbicos por segundo, cuando las aguas se encuentren agua arriba á la cota del embalse de la presa.

En Junio de 1906 las ataguías estaban reconstruidas, y el 13 del mismo mes las aguas del río pasaban por el túnel. Durante los tres meses siguientes se hicieron las obras de impermeabilización de las ataguías y se excavaron las zanjas en el emplazamiento de la presa. Dos excavadoras y cuatro bombas, movidas por el agua á una presión de 75 metros próximamente, se emplearon en este trabajo.

La presa está cimentada sobre una arenisca dura de grano fino, cuyos bancos están inclinados hacia agua arriba, según un ángulo de 29 grados sobre la horizontal, condiciones de las más favorables.

El 20 de Septiembre de 1906 tuvo lugar la colocación de la primera piedra, y las obras de fábrica pudieron continuarse hasta las crecidas de invierno, que comenzaron el 2 de Diciembre.

En la primavera de 1907 hubo que reconstruir enteramente las ataguías; la de agua arriba se estableció esta vez de fábrica, no pudiéndose emprender los trabajos de la presa hasta mediado el mes de Junio.

Durante el verano y el otoño de 1907 hubo todavía varias interrupciones debidas á crecidas, cuyo gasto excedía ligeramente el del túnel; pero los meses de Noviembre y Diciembre de 1907 y Enero de 1908 fueron favorables.

Las crecidas que sobrevinieron el 4 de Febrero encontraron la presa terminada, en condiciones de que no fueran de temer accidentes graves, y pudo terminarse el trabajo sin necesidad de las ataguías. Un poco más tarde fué defendido el túnel, á fin de poder colocar las compuertas, y el 2 de Junio de 1908 fueron de nuevo admitidas las aguas en el túnel.

Durante el verano de 1908 se continuó la elevación de la presa.

Se ve que, no obstante estas circunstancias desfavorables, la construcción de esta obra se ha realizado muy rápidamente.

(*Engineering News.*)

### **Los límites de trabajo elástico y de las cargas de rotura exigidas á las piezas de acero empleadas en las construcciones civiles en 1885 y en 1906.**—(Nota de M. Mesnager, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas en Nevers.)

En el estudio que ha publicado sobre el empleo del acero en las vigas de hormigón armado en los *Annales des Ponts et Chaussées de France* (año 1908) M. Mesnager hace la observación siguiente:

«El límite elástico del metal es una constante de capital importancia en las construcciones de hormigón armado, de la que no se preocupan frecuentemente los Ingenieros todo lo necesario. Generalmente se conforman con determinar el límite de rotura. Á nosotros se nos han presentado aceros en barras para



una obra de hormigón armado cuya resistencia era superior á 40 kilos por milímetro cuadrado y cuyo límite elástico estaba comprendido entre 16 y 18 kilos, y considerando verdaderamente atrevido imponerles una fatiga calculada en 12 kilos por milímetro cuadrado, pues un pequeño error de apreciación en las cargas y sobrecargas hubiera determinado el agrietamiento completo de la obra, nos hemos visto precisados á rechazarlas.

Es fácil obtener de las fábricas 22 ó 24 kilos por milímetro cuadrado.»

La importancia de esta observación es tanto mayor cuanto que los puentes metálicos se hacen casi todos de acero dulce, definido por sus propiedades mecánicas.

Antiguamente los límites de trabajo impuestos á los metales que entran en las construcciones civiles eran fijos, cualesquiera que fuesen las variaciones, ya en magnitud ó ya en dirección de los esfuerzos, á los cuales se sometían las piezas metálicas.

Estos límites de trabajo se deducían:

- 1.º De las cargas de rotura.
- 2.º De los límites de elasticidad.

Así, para las piedras y las maderas, el límite de trabajo se fijaba en  $\frac{1}{10}$  de la carga de rotura.

Para el hierro, cuyo límite de rotura se ha considerado siempre de 36 kilos por milímetro cuadrado, el límite de trabajo se fijaba en  $\frac{1}{3}$  de la carga de rotura.

En cuanto al límite de elasticidad de estos hierros, se exigía que fuese por lo menos igual á 15 kilos por milímetro cuadrado.

Las causas de alteración y de destrucción de los materiales y las incertidumbres respecto de su constitución eran mucho más grandes en los dos primeros casos (piedras y maderas, coeficiente  $\frac{1}{10}$ ) que en el tercero (hierros, coeficiente  $\frac{1}{3}$ ).

Además, por lo que concierne á los hierros, este límite en las armaduras, expuestas á vibraciones, era determinado por las consideraciones siguientes:

Se demostraba sumariamente, y se admitía que, bajo la acción de las cargas dinámicas, el trabajo de los hierros en las piezas de las armaduras podía ser doble. El trabajo máximo podía, por lo tanto, pasar momentáneamente de 6 á 12 kilos, y quedaba un margen de

$$15 - 12 = 3 \text{ kilos}$$

para hacer frente á los defectos de homogeneidad.

Para el acero dulce se exige el límite de elasticidad de 22 kilos, á fin de poder contar con un límite de trabajo de

$$10 \text{ kilos por milímetro cuadrado.}$$

Este trabajo máximo, que puede doblarse bajo la acción de las cargas dinámicas, es susceptible de llegar á 20 kilos, y quedan todavía 2 kilos para hacer frente á los defectos de homogeneidad.

Este defecto de homogeneidad es ciertamente menor con el sistema de paquetes que con un metal fundido en lingotes en moldes.

Las cargas de rotura de estos aceros dulces deben oscilar alrededor de 42 kilos y separarse poco de este límite, bajo pena de obtener aceros demasiado blandos ó bien—y esto es más peligroso—aceros duros y quebradizos, faltándoles á las piezas la elasticidad necesaria para soportar flexiones y vibraciones.

En este caso el límite de trabajo llega hasta  $\frac{1}{4}$  casi de la carga de rotura.

La experiencia ha probado, ya para los puertos de carretera, ya para los de ferrocarril, ya para los puentes-canales, que esta proporción no es exagerada.

Es conveniente poner en relación los coeficientes propios de los aceros con los coeficientes especiales de los hierros antiguos, hierros pudelados ó soldados.

Estos coeficientes para ser comparables suponen:

- 1.º Que no se ha hecho ninguna deducción para los agujeros de los roblones.

2.º Que son constantes, cualquiera que sea el sentido y la magnitud de los esfuerzos á los cuales las piezas están sometidas, con tal que estos esfuerzos no pasen del límite de elasticidad.

Pongámoslos enfrente unos de otros:

	HIERROS	ACEROS DULCES
Carga de rotura.....	56 kilos.	42 kilos por término medio (de 40 á 44).
Alargamiento antes de la rotura.....	15 á 20 %	24 %
Límite de elasticidad..	15 kilos.	22 kilos.
Límite de trabajo.....	6 kilos.	10 kilos.

Las cifras absolutas que preceden deben, para tener en cuenta las leyes de Woeehler, variar:

1.º Con la magnitud de los esfuerzos periódicos á los cuales las piezas de armadura están sometidas.

2.º Con el sentido de estos esfuerzos.

Además, debe hacerse deducción de la sección total de huecos que corresponden á los agujeros de los roblones.

Los límites de trabajo que se deben considerar en estas condiciones, llamando *A* el más pequeño y *B* el más grande de los esfuerzos, son:

1.º Para el hierro, en lugar de un límite constante de 6 kilos, los límites:

$$6 + 3 \frac{A}{B} = 6 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \text{ esfuerzos siempre en el mismo sentido.}$$

$$6 - 3 \frac{A}{B} = 6 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \text{ esfuerzos de sentido contrario, extensión y compresión alternativas}$$

2.º Para el acero, en lugar de un límite constante de 10 kilos:

$$8 + 4 \frac{A}{B} = 8 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \text{ esfuerzos siempre del mismo sentido.}$$

$$8 - 4 \frac{A}{B} = 8 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \text{ extensión y compresión alternativas.}$$

Prácticamente no se separan estos límites mucho de los límites extremos siguientes:

Para el hierro, de 5 á 8 kilos.

Para el acero, de 8 á 12 kilos.

El antiguo límite fijo de trabajo de 10 kilos para el acero constituye, por lo tanto, el valor medio de los nuevos límites, lo que confirma su carácter prudente, práctico y racional.

Pero se concibe bien que este límite de trabajo de 10 kilos esté demasiado cerca de los límites 16 y 18 kilos, de la elasticidad perfecta y esencial para que estas últimas cifras puedan adoptarse con toda seguridad.

### Hormigón armado.—Su empleo en las obras públicas.

M. G. Espitallier ha presentado el 2 de Octubre de 1908, ante la «Société des Ingenieurs civils de France», una comunicación que creemos útil resumir.

Después de recordar las vacilaciones que hubo al principio, cuando se trató de introducir el hormigón armado en la práctica de las obras públicas, M. Espitallier manifiesta que si bien el período de empirismo aún no se ha cerrado, las aplicaciones son hoy bastante numerosas y los hechos de experiencia bastante concluyentes para que se tenga completa confianza en los métodos de cálculo.

Lo que caracteriza esencialmente el hormigón armado, ó más exactamente la fábrica armada, es la exacta colocación de los



dos elementos, hierro y fábrica, en el lugar que le asignan sus propiedades particulares para que ejerzan cada uno el modo de acción más apropiado. Si uno de los dos elementos no concurre á la resistencia, no hay, propiamente hablando, fábrica armada.

Después de examinar las condiciones que caracterizan la construcción de hormigón armado, M. Espitallier pasa revista á los diferentes géneros de obras en las cuales se aplica.

En primer lugar están los *puentes*, á los cuales el empleo del hormigón armado permite poderles dar á la vez una gran luz y una pequeña flecha con una ligereza favorable al establecimiento de un buen cimiento. El hormigón armado se presta, por otra parte, al establecimiento fácil y directo de esta cimentación; suprimiendo los recintos y ataguías provisionales, si se hace uso, ya de pilotes y tablestacas, ya de cajones igualmente de hormigón armado.

En la construcción de *presas y muros de sostenimiento*, el hormigón armado interviene igualmente por su elasticidad, que le permite resistir á los esfuerzos de flexión debidos al empuje.

Las mismas cualidades se manifiestan en ciertas *ménsulas* de gran luz y en la construcción de *chimeneas altas* de las fábricas y en las torres de los *faros*, sometidas á la acción del viento.

Los primeros proyectos de faros de hormigón armado fueron rechazados con el pretexto de que, por consecuencia misma de la elasticidad, eran de temer vibraciones y oscilaciones incompatibles con el buen funcionamiento de los aparatos ópticos, reproche que también puede dirigirse á los faros metálicos. Pero es de observar que el sistema de construcción con hormigón armado atenúa estos efectos, si se tiene en cuenta que la linterna se establece en este sistema en un cilindro interior que no está sometido directamente ni á la acción del viento ni al choque de las olas.

En los trabajos marítimos hay lugar de señalar especialmente los *pilotes* y las *tablestacas* de hormigón armado, cuya duración parece ser indefinida, mediante algunas precauciones en la confección y en la hincia.

El nuevo sistema de construcción encuentra aplicaciones ventajosas en los *muros de muelles*. Dos métodos hay en uso. En el primero, el muro lo forman una pantalla, una solera horizontal y contrafuertes que enlazan estos dos elementos; la solera está cargada por detrás con todo el peso de la tierra superpuesta y es esta carga la que equilibra el empuje. En el segundo método se emplean cajones dispuestos para la flotación y en cuyos compartimientos se introducen, para lastrarlos, bien hormigón ordinario, ó bien piedras partidas, arena ó tierra.

Por el mismo procedimiento se construyen los *rompeolas* y los *diques*, de los cuales existen numerosos ejemplos ya.

Finalmente, debe citarse también una aplicación importante del hormigón armado, la relativa á la *protección de dunas y de márgenes*. El sistema no consiste en extender sobre el talud una losa de espesor uniforme, la cual, dada la extensión de la superficie, no tardaría en agrietarse por consecuencia de los hundimientos parciales del suelo, sino que, por el contrario, se establece una red resistente de vigas, cuyas mallas se cierran simplemente con losas de pequeña dimensión y de débil espesor, disponiendo en la red misma juntas de dilatación. Se ha procedido de esta manera, con un éxito completo, para la protección de dunas en Vendée.

### Distribuciones de agua.—Influencia de los contadores en el consumo.

El sistema de distribución llamado de caño libre, que da una confrontación insuficiente del consumo á domicilio, se presta á numerosas críticas: favorece el despilfarro, no obliga al abonado á que tenga interés por conservar en buen estado su canalización y sus aparatos de toma, y lleva consigo gastos suplementarios para la aducción ó la impulsión de volúmenes de agua inútilmente gastados, sin provecho ninguno para la higiene.

No hay más que un remedio á estos múltiples inconvenientes: el establecimiento obligatorio de un contador sobre cada acometida privada. Este sistema es excelente y produce efectos inmediatos, como lo demuestran los ejemplos siguientes.

Véase ante todo la relación del consumo medio por día y habitante, en 1902, en algunas ciudades alemanas, servidas unas por el sistema de caño libre y otras por contador:

CON CONTADOR	Litros.	CON CAÑO LIBRE	Litros.
Berlin.....	78	Hambourg.....	174
Breslau.....	83	Zurich.....	213
Magdebourg.....	89	Lübeck.....	242
Stettin.....	68	Francfort <sup>s</sup> /M.....	162
Charlottenbourg.....	76	Augsbourg.....	246
Leipzig.....	68	Barmen.....	193
Kiel.....	62	Wurzburg.....	230
Posen.....	51	Oberhausen.....	178
Potsdam.....	57	Unna.....	191
Hanover.....	64	Hagen <sup>s</sup> /W.....	130
Halberstadt.....	65	Soet.....	196

En Magdebourg se puso en 1879 el contador obligatorio, y el consumo mensual máximo bajó desde 684.000 m<sup>3</sup> en 1879 á 338.000 m<sup>3</sup> en 1880; se redujo, pues, en más de la mitad.

En Bromberg, las notas tomadas en un cierto número de inmuebles antes y después de la instalación del contador acusan los consumos siguientes:

INMUEBLE	Antes.	Después.
	Mtrs. cúbos.	Mtrs. cúbos.
a.....	4.257	2.864
b.....	4.981	933
c.....	6.398	684
d.....	19.883	818
e.....	11.125	3.132
f.....	5.848	2.492
g.....	3.314	1.619
h.....	36.431	9.794
i.....	4.680	456
j.....	6.085	4.048

El contador se hizo obligatorio en Octubre de 1904; las estadísticas demuestran que el consumo total fué:

Del 1.º de Abril de 1903 al 1.º de Abril de 1904, de 2.156.503 metros cúbicos.

Del 1.º de Abril de 1904 al 1.º de Abril de 1905, de 1.824.750 metros cúbicos.

Del 1.º de Abril de 1905 al 1.º de Abril de 1906, de 1.471.062 metros cúbicos.

Esto es, una reducción de 700.000 m<sup>3</sup> ó más del 30 por 100.

En Dessau, la obligación del contador hizo descender el consumo medio diario por habitante de 133 litros en 1902-1903 á 90 litros en 1905-1906. Es necesario añadir que esta disminución en el consumo, ó más exactamente en el despilfarro del agua, arrastra una reducción paralela de los gastos de explotación del servicio; en Magdebourg, el consumo mensual de carbón descendió de 608 toneladas á 322, obteniéndose una economía anual de más de 3.000 toneladas; en Bromberg, los gastos de las bombas han disminuido en un 30 por 100.

Estas cifras son de tal naturaleza que obligan á reflexionar y engendran el convencimiento de que en muchos casos los gastos de primer establecimiento de conservación y comprobación de los contadores se compensan con exceso por las economías realizadas en las otras ramas del servicio de la distribución.

(Technique Sanitaire.)