

Año 19.

Núm. 4

*L. Miguel Ruiz*

# REVISTA TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

---

PUBLICACIÓN MENSUAL

DE LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

DE

**BARCELONA**

---

DIRECTOR: D. G. J. DE GUILLÉN-GARCÍA

---

Premiada con MEDALLA de ORO en la Exposición Universal de  
Barcelona de 1888 y en la de Boston de 1883; y con  
medalla de plata en la de Paris de 1889

---

—:o:—

**ABRIL, 1896**

—:o:—

**BARCELONA**

---

LA REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN EN EL LOCAL DE LA ASOCIACIÓN  
RAMBLA DE SAN JOSÉ, NÚMERO 30, PISO 1.º

TELÉFONO, 541

Ayuntamiento de Madrid



# COMISIÓN DE REVISTA

PARA EL AÑO ACADÉMICO DE 1895-96

## Presidente

El Presidente de la Asociación, D. Alejandro de Madrid-Dávila

## Vice-Presidente

Sr. D. Guillermo J. de Guillén-García.

## Vocales

- , , José Playá y Suñé.
- , , Emilio Riera y Calbetó.
- , , Joaquín Ríos y Climent
- , , José Agustí.

## Secretario

- , , Alejandro Jofre.

---

## SUMARIO

---

Ginemática: Demostración del método de Reuleaux para el trazado de los dientes de engranaje por medio de arcos de círculo y su comparación con el método de Willis, por Luis Canalda.

La humedad en la hilatura del algodón, por B. Alfredo Dobson, traducido por Emilio Riera.

Sesiones de las Academias.

Legislación.

Crónica de Ingeniería:

Metalurgia.

Reducción de la sílice por el carbon y la electricidad, por M. Henri Moissan.

Bibliografía.

Noticias.

---

No pueden reproducirse los artículos de esta Revista sin permiso de sus autores.



# REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES.

Barcelona, Abril de 1896.

## CINEMÁTICA

Demostración del método de Reuleaux para el trazado de los dientes de engranaje por medio de arcos de círculo y su comparación con el método de Willis.

### I

El método de Reuleaux, que nos proponemos esclarecer y analizar en el presente trabajo, tiene por objeto, así como el de Willis, sustituir por arcos de círculo las curvas exactas que determinan el perfil de los dientes de engranaje, lo que facilita en gran manera el trazado de las ruedas dentadas; y se funda, como es sabido, en reemplazar los arcos de epicicloide é hipocicloide que constituyen el perfil del diente, por dos porciones de arcos de los círculos de curvatura respectivos; cuyo procedimiento ofrece un grado de aproximación suficiente en gran número de los casos que se presentan en la práctica.

El método de Reuleaux, que puede reducirse á un sencillo procedimiento gráfico para las necesidades de los talleres; pero que también admite desarrollos de cálculo cuando se pretende mayor exactitud, se funda en los dos principios ó teoremas siguientes:

1.º El centro de curvatura en un punto cualquiera de una curva del género cicloidal, se halla dado por la intersección de la normal en este punto con la recta que une el centro del cír-



culo director al punto diametralmente opuesto al punto descriptivo sobre el círculo generador. En el caso en que se trata de curvas prolongadas ó acortadas, el punto que es preciso unir al centro del círculo director es el punto de intersección del radio prolongado que lleva el punto generador y de la perpendicular tirada á la normal por el punto de contacto de los dos círculos. Este importante trazado que determina con la mayor facilidad el centro de curvatura de una ruleta, así como su radio de curvatura, lleva el nombre bien conocido de construcción de Sávary (1).

2.º La expresión analítica del radio de curvatura de la epicloide ordinaria en un punto de la curva es

$$\rho = \frac{2r \pm 2r_0}{r \pm 2r_0} \cdot 2r_0 \operatorname{sen} \frac{\varphi}{2}, \dots (2).$$

en la cual,  $r$  es el radio del círculo fijo ó director,  $r_0$  el radio del círculo móvil ó generador, y  $\varphi$  el ángulo de que ha girado el radio del punto generador, á partir de su dirección inicial que corresponde al origen de la curva.

Los signos superiores se refieren á la epicloide exterior y los inferiores á la epicloide interior ó hipocicloide.

Esto supuesto, del punto O como centro se describe el círculo primitivo T de la rueda que se quiere trazar, cuyo radio para un número Z de dientes y un paso  $t$ , tiene por valor

$$R = \frac{Zt}{2\pi} = \frac{Z}{2} \left( \frac{t}{\pi} \right),$$

según que el paso se cuente en milímetros ó en unidades de  $\pi$ . Fig. 1. Se trazan los círculos de cabeza y de pié K y F distantes del círculo primitivo el primero  $0,3t$  y el segundo  $0,4t$ , al objeto de obtener una duración de engrane suficiente. En segui-

(1) Véase la demostración de este teorema en la Cinemática de Bour, páginas 54 y 122. También se demuestra de un modo indirecto en la Geometría descriptiva de Leroy, página 350, deduciéndolo del teorema general de Sávary, sobre los centros de curvatura de las envolventes.

(2) Véase la demostración de esta fórmula en el tratado de Cálculos diferenciales é integral de Serret, tomo 1.º, página 355.



da, fundándonos en el método de trazado de los dientes por perfiles epicicloidales, describamos igualmente de los centros

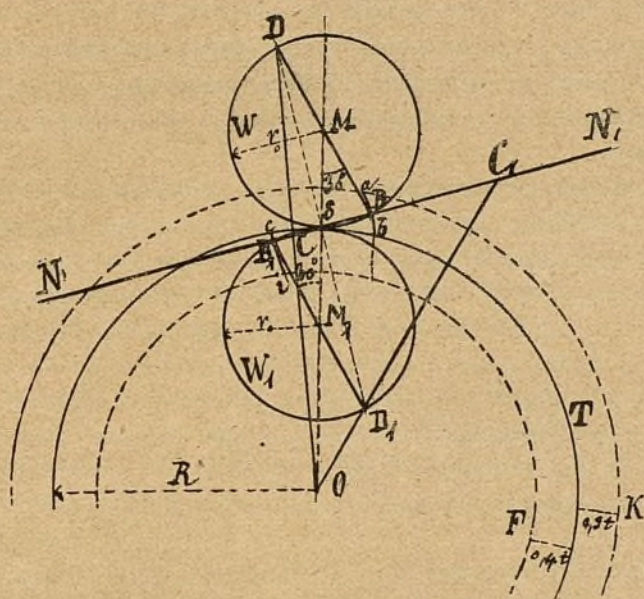


Fig. 1.

M y M<sub>1</sub>, los círculos de rodamiento W y W<sub>1</sub>, tangentes los dos al círculo primitivo T, con un radio

$$r_o = 0,875t = 2,75 \left( \frac{t}{\pi} \right),$$

que es evidentemente el mismo para toda la serie de ruedas del paso  $t$  que hayan de engranar entre sí, constituyendo lo que se llama un sistema de ruedas armónicas ó de sortido. En el método expresado, estos dos círculos constituyen las trayectorias polares auxiliares, que por su rodamiento simultáneo al exterior y al interior de T describen el arco de epicicloide que forma el perfil de la cabeza del diente, ó sea la cara de este último y el arco de hipocicloide que forma el perfil del pie del diente, llamado también el flanco propiamente dicho. Para reemplazar estas dos curvas, con una aproximación suficiente,



por porciones de arco de sus círculos de curvatura, supondremos que el punto de acción exacto de las dos referidas partes del perfil del diente se halla situado, para la cara un poco más allá de la línea de los centros en el sentido del movimiento, y para el flanco un poco antes de esta línea, á la misma distancia del punto de tangencia S. Esta distancia, que se toma aproximadamente de medio paso, la fija Reuleaux del modo siguiente:

En los círculos auxiliares  $W, W_1$ , se trazan los diámetros  $BMD$  y  $B_1M_1D_1$ , que forman los dos con la línea de los centros un ángulo de  $30^\circ$  y se tira la recta  $NN_1$  que pasa por los tres puntos  $B, S, B_1$ ; esta recta es evidentemente normal en  $B$  al arco de epicicloide que forma la cara del diente  $aBb$  situado en  $b$ , así como al arco de hipocicloide  $cB_1i$  del flanco situado en  $c$ , puesto que pasa por el punto de contacto  $S$ . Calculemos las distancias  $SB = SB_1$  contadas sobre la normal común  $NN_1$ , así como los dos arcos iguales de rodamiento  $Sb = Sc$  correspondientes á los dos puntos de acción exactos del diente.

Para ello observemos que los triángulos,  $SMB, SM_1B_1$ , son iguales é isósceles, luego los ángulos adyacentes á sus bases son iguales y como el ángulo en el vértice opuesto á las mismas bases, es decir, los ángulos en  $M, M_1$ , valen  $30^\circ$ , por construcción, resulta que los ángulos adyacentes á dichas bases en  $S, B, B_1$ , valen  $75^\circ$ . Cualquiera de dichos triángulos, por ejemplo el  $SBM$ , nos da la relación

$$\frac{SB}{SM} = \frac{\text{sen. } 30^\circ}{\text{sen. } 75^\circ}$$

Sustituyendo los valores de  $\text{sen. } 30^\circ = 0,5$ ;  $\text{sen. } 75^\circ = 0,9659258$  se tendrá

$$SB = SM \frac{0,5}{0,9659258} = 0,518 SM$$

Pero  $SM$  siendo el radio  $r_o$  del círculo auxiliar ó de rodamiento  $W$ , tiene por valor, según hemos dicho

$$r_o = 0,875 t;$$



luego sustituyendo

$$SB = 0,518 \times 0,875t.$$

$$SB = 0,453t.$$

Tal es el valor de las distancias  $SB = SB_1$ , comprendidas entre el punto de contacto S y los puntos de acción exactos de la cara y del flanco del diente, medidas sobre la normal común  $NN_1$ .

Los arcos  $Sb = Sc$ , son iguales á los arcos  $SB = SB_1$  de los círculos auxiliares W,  $W_1$ , á causa del rodamiento que engendra el arco de epicicloide así como el de hipocicloide; y comprendiendo dichos arcos un ángulo de  $30^\circ$ , su desarrollo será dado por la relación:

$$\text{arc. } (Sb = Sc) = \text{arc. } (SB = SB_1) = \frac{2\pi r_o}{12} = \frac{\pi r_o}{6}$$

Sustituyendo  $r_o = 0,875t$ , resulta:

$$\text{arc. } Sb = \text{arc. } Sc = \frac{3,1416 \times 0,875t}{6}$$

$$\text{arc. } Sb = \text{arc. } Sc = 0,45815t.$$

Tal es la longitud del arco comprendido entre la línea de los centros y el origen del diente para los dos instantes correspondientes á los puntos de acción exactos del diente en el sistema de Reuleaux; pues en este sistema de dentadura la longitud del arco de rodamiento es igual á la longitud respectiva de la línea de engrane representada por el círculo auxiliar W.

Uniéndolo ahora los puntos D y  $D_1$  al punto O, se obtienen las rectas OD y  $OD_1C$ , cuyos puntos de intersección C,  $C_1$  con la normal común  $NN_1$ , son precisamente los centros de curvatura de los arcos de epicicloide y de hipocicloide  $aBb$  y  $cB_1i$ . En efecto, esta última construcción es precisamente la de Savary, atendido que  $NN_1$  es la normal común á dichas curvas por pasar por el punto de contacto S del círculo rodante con el círculo fijo ó director, y los puntos D,  $D_1$  son los puntos diametralmente opuestos al punto describiente B ó  $B_1$  sobre el círculo



generador  $W$  ó  $W_1$ . Si se trazan pues estos arcos de círculo con los radios  $CB$ ,  $C_1B_1$ , deteniéndose en los círculos de cabeza y de pie descritos del punto  $O$ , no hay más que aproximarlos para tener el perfil completo del diente.

Esta última operación se realizará con mayor facilidad construyendo para la rueda dada los lugares geométricos de todos los centros de las caras de los dientes, así como de todos los centros de los flancos, que son dos circunferencias descritas del centro  $O$  de la rueda con radios respectivamente iguales á  $OC$  y  $OC_1$ . Esto supuesto, una vez el trazado preliminar anterior efectuado, se describe aparte el círculo primitivo de la rueda, en el cual se hace la división del paso  $t$  con sus dos subdivisiones de espesor y hueco del diente, tomando el espesor igual

á  $\frac{19}{40} t$ . Hecho esto, se toma una abertura de compás igual á

$CB$ , y haciendo coincidir la punta de lapiz con el origen de un diente en el círculo primitivo, se busca para cada diente la posición de la punta fija ó central, que deberá hallarse sobre la circunferencia lugar geométrico de los centros de las caras, que se describirán sucesivamente. En seguida, se cambia la abertura de compás tomando el radio de curvatura del flanco  $C_1B_1$ , y fijando la punta central en la circunferencia lugar geométrico de los centros de los flancos, se describen estos de la misma manera. Resta sólo limitar las curvas de los perfiles por los círculos de pie y de cabeza de los dientes, como hemos ya indicado primitivamente.

Podemos también aplicar á las cremalleras el trazado anterior. Para ello suponiendo que sea  $T$  la recta primitiva de la cremallera, se describen tangencialmente á la misma en un punto  $S$ , los dos círculos auxiliares  $W$ ,  $W_1$  con el radio conocido  $r_o = 0,875t = 2,75 \left( \frac{t}{\pi} \right)$  que debe ser evidentemente el mismo para toda la série de ruedas y cremalleras destinadas á engranar entre sí. Se trazan los diámetros  $BMD$  y  $B_1M_1D_1$ , Fig. 2, que forman como anteriormente el ángulo de  $30^\circ$  con la línea de los centros, y se tira la recta  $NN_1$  que pasa por los tres puntos  $BSB_1$ . Pudiendo considerarse la recta primitiva  $T$



como una circunferencia de radio infinito, para aplicar en este caso el teorema de Sávary trazaremos por los puntos  $D, D_1$ , dia-

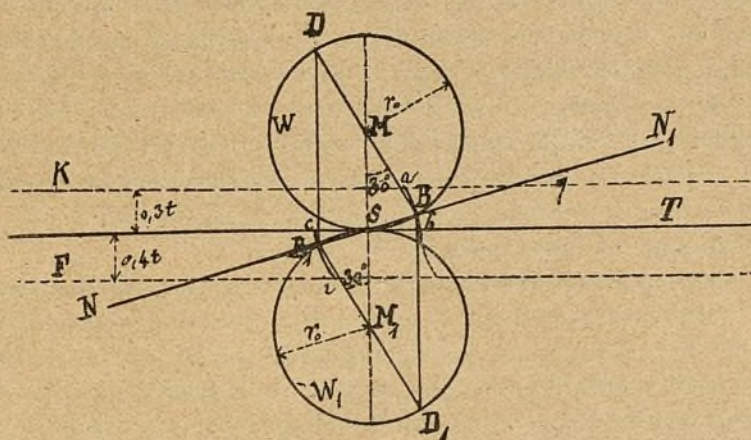


Fig. 2

metralmente opuestos á los puntos descriptores  $B, B_1$  de los arcos de cicloide, situados después y antes de la línea de los centros, á la misma distancia antes calculada, dos rectas perpendiculares á  $T$ , lo que equivale á unir dichos puntos con el centro de la circunferencia primitiva de la cremallera, situado al infinito. Los puntos de intersección de dichas rectas con la  $NN_1$  nos dan los centros de curvatura correspondientes, que á causa de la simetría de la figura en este caso, coinciden con los mismos  $B, B_1$ ; de modo que estos son los centros de curvatura de los dos arcos de cicloide congruentes que constituyen el perfil del diente de la cremallera; el cual deberá por fin limitarse por las rectas de cabeza y de pie trazadas como para las ruedas á las distancias  $0,3t$  y  $0,4t$  de la recta primitiva  $T$ .

Una vez este trazado preliminar efectuado, se procederá al trazado completo de la cremallera trasladando el paso sobre la recta primitiva  $T$ , con sus dos subdivisiones de espesor y hueco del diente. Se marcan enseguida los lugares geométricos de los centros de las caras y de los flancos, que serán dos rectas para-



lelas á T equidistantes de esta en la misma cantidad que los centros determinados B, B<sub>1</sub>, y tomando una abertura de compás igual al radio de curvatura B, B se describen todas las caras de los dientes recorriendo con la punta central la recta situada debajo de T, que deberá fijarse luego sucesivamente con el mismo radio sobre la recta superior á T, para describir todos los flancos de la misma manera. En este caso resultan iguales las dos partes del perfil del diente; pues según hemos indicado antes, las curvas exactas para los dientes de las cremalleras son dos arcos congruentes de cicloide ordinaria, engendrados por el rodamiento de los círculos W, W<sub>1</sub> sobre T.

Con la misma facilidad aplicaríamos el método de Reuleaux al trazado de los dientes de una rueda interior. Bastaría para ello tener presente que las denominaciones de las dos partes del perfil resultan invertidas; es decir, que la cara del diente, situada al interior de la circunferencia primitiva, se halla constituida por el círculo de curvatura del arco de hipocicloide, y el flanco situado al exterior de la circunferencia primitiva lo forma el círculo de curvatura del arco de epicicloide, cuyos centros se determinarán exactamente como en los casos anteriores, limitando enseguida los perfiles por los círculos de cabeza y de pie á las distancias respectivas del círculo primitivo de 0,3*t* para la cara y 0,4*t* para el flanco, distancias que en este caso resultan naturalmente invertidas, ó mejor dicho, permutadas.

Hasta aquí hemos expuesto el procedimiento gráfico del método de Reuleaux aplicable á los diferentes casos, que según hemos demostrado no es mas que una aplicación del teorema ó construcción de Sávary que determina el centro de curvatura en las curvas epicicloidales; mas si se quiere aplicar el cálculo para obtener los radios de curvatura con una precisión mayor de la que admite el procedimiento gráfico, debemos partir de la expresión general del radio de curvatura de la epicicloide, que es, según hemos visto

$$\rho = \frac{2r \pm 2r_0}{r \pm 2r_0} 2r_0 \operatorname{sen} \frac{\varphi}{2}$$



teniendo las letras la significación que se les ha asignado anteriormente.

Llamando  $Z$  al número de dientes de la rueda que se quiere trazar,  $t$  el paso, y observando que en el método de Reuleaux el ángulo  $BMS = B_1M_1S$  de que se supone ha girado el radio del punto generador al separarse de su dirección inicial  $bO, cO$  hasta la  $MB$  ó  $M_1B_1$ , que corresponde al punto de acción exacto del diente en  $B$  ó  $B_1$ , es de  $30^\circ$  medido por el arco de rodamiento  $SB$  ó  $SB_1$ , es decir, que

$$\varphi = 30^\circ; \quad r_o = 0,875 t; \quad r = \frac{Zt}{2\pi};$$

sustituyendo en el valor de  $\rho$  se tiene:

$$\rho = \frac{\frac{2Zt}{2\pi} \pm 1,75t}{\frac{Zt}{2\pi} \pm 1,75t} \cdot 1,75 t. \text{sen. } 15^\circ.$$

Simplificando será

$$\rho = \frac{\frac{Z}{\pi} \pm 1,75}{\frac{Z}{2\pi} \pm 1,75} \cdot 1,75 t. \text{sen. } 15^\circ.$$

ó bien

$$\frac{\rho}{t} = \frac{\frac{Z}{\pi} \pm 1,75}{\frac{Z}{2\pi} \pm 1,75} \cdot 1,75. \text{sen. } 15^\circ.$$

$$\frac{\rho}{t} = \frac{\frac{Z \pm 1,75\pi}{\pi}}{\frac{Z \pm 1,75 \times 2\pi}{2\pi}} \cdot 1,75. \text{sen. } 15^\circ.$$

Sustituyendo  $\pi = 3,1416$  y  $\text{sen. } 15^\circ = 0,258819$  será

$$\frac{\rho}{t} = \frac{\frac{Z \pm 1,75 \times 3,1416}{3,1416}}{\frac{Z \pm 1,75 \times 2 \times 3,1416}{2 \times 3,1416}} \cdot 1,75 \times 0,258819.$$



Efectuando las operaciones numéricas indicadas, resulta:

$$\frac{\rho}{t} = \frac{\frac{Z \pm 5,5}{3,1416}}{\frac{Z \pm 11}{2 \times 3,1416}} \cdot 1,75 \times 0,258819.$$

$$\frac{\rho}{t} = \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11} \cdot 1,75 \times 0,258819.$$

$$(1) \quad \frac{\rho}{t} = 0,453 \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11}$$

Esta ecuación determina el radio de curvatura  $\rho$  en función del paso  $t$  y del número de dientes  $Z$  de la rueda que se quiere trazar.

Si se prefiere expresar el paso de los dientes, no en unidades ordinarias ó milímetros, sino en unidades de  $\pi$ , en cuyo caso la expresión del paso será  $\left(\frac{t}{\pi}\right)$ , bastará para ello multiplicar los dos miembros de la anterior ecuación por  $\pi$ ; es decir, el primero por  $\pi$ , y el segundo por su igual 3,1416; se tendrá:

$$(2) \quad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 1,423 \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11}$$

Las dos fórmulas anteriores determinan los radios de curvatura de las dos partes del perfil del diente, tomando los signos superiores + para el arco de círculo que constituye la cara del diente situada al exterior de la circunferencia primitiva, y los signos inferiores — para el flanco del mismo situado al interior de dicha circunferencia; puesto que estas dos partes del diente corresponden respectivamente al arco de epicycloide y al de hipocicloide del perfil teórico ó exacto.

Con el objeto de hacer extensivos los cálculos anteriores á las cremalleras, tratemos de aplicar la fórmula del radio de curvatura de la epicycloide al caso particular de la cicloide; curva engendrada, como es sabido, por un punto de una circun-



ferencia que rueda sin deslizar sobre una recta fija. Para ello, hay que hacer en la fórmula general:

$$\rho = \frac{2r \pm 2r_0}{r \pm 2r_0} \cdot 2r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2}$$

$r = \infty$ ; pues el círculo fijo ó director es una recta en la cicloide; se tendrá, pues, dividiendo numerador y denominador de esta expresión por  $r$

$$\rho = \frac{2 \pm \frac{2r_0}{r}}{1 \pm \frac{2r_0}{r}} \cdot 2r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2}$$

$$\rho = \frac{2 \pm \frac{2r_0}{\infty}}{1 \pm \frac{2r_0}{\infty}} \cdot 2r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2}$$

Por consiguiente,

$$\rho = 2 \times 2r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2} = 4r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2}$$

Que es la expresión del radio de curvatura de la cicloide; representando  $r_0$  el radio del círculo generador y  $\varphi$  el ángulo de que ha girado el radio del círculo generador que lleva el punto describiente, á partir de su dirección inicial que corresponde al origen de la curva.

Se demuestra la exactitud de esta fórmula considerando la Fig. 3 que representa la cicloide ordinaria, en la cual B es el punto generador correspondiente á una posición cualquiera del círculo móvil. SB la normal á la curva en dicho punto, en cuya prolongación se halla el centro de curvatura; el ángulo BMS  $= \varphi$ , ó sea el ángulo de que ha girado el radio que lleva el punto generador, á partir del origen A de la curva.

El triángulo rectángulo SBP, que tiene su ángulo recto en B nos dá,

$$SB = SP \operatorname{sen.} BPS.$$

Pero  $SP = 2r_0$ , diámetro del círculo generador, y el ángulo BPS, por ser inscrito, tiene por medida la mitad del arco BS



que abrazan sus lados, ó sea la mitad del ángulo central  $\varphi$ ; se tiene pues

$$SB = 2r_0 \text{sen. } \frac{\varphi}{2}$$

que es la expresión de la normal.

Comparando este valor con el del radio de curvatura anteriormente hallado

$$\rho = 2 \times 2r_0 \text{sen. } \frac{\varphi}{2} = 4r_0 \text{sen. } \frac{\varphi}{2}$$

resulta la notable propiedad conocida, de que el radio de curvatura de la cicloide ordinaria en un punto de la misma es el

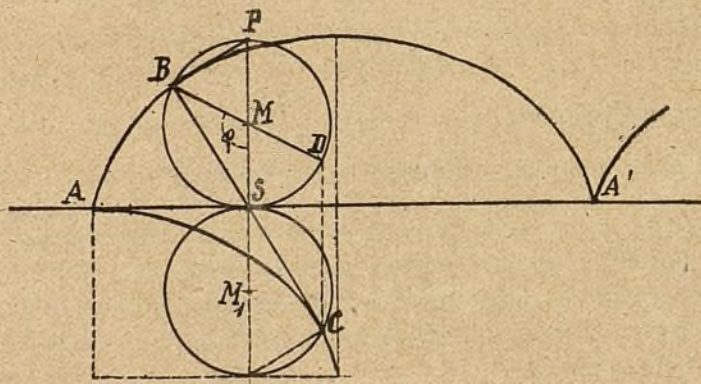


Fig. 3

doble de la normal, lo que demuestra la exactitud del valor de  $\rho$  deducido como caso particular de la fórmula correspondiente á la epicycloide.

El teorema ó construcción de Sávary conduce al mismo resultado, pues trazando por el punto D, diametralmente opuesto al punto generador B una perpendicular á la recta AA' que representa en la cicloide el círculo director, lo que equivale á unir dicho punto D con el centro situado al infinito, el punto de intersección C con la normal prolongada es, en virtud de dicho teorema, el centro de curvatura de la cicloide en B y BC el ra-



dio de curvatura. Pero la comparación de los dos triángulos BDC y BMS, que son evidentemente semejantes á causa del paralelismo de los lados DC y MS, nos da:  $BD = 2BM$ ; luego  $BC = 2BS$ ; pero según lo demostrado anteriormente  $BS = 2r_0 \text{ sen. } \frac{\varphi}{2}$ ; luego:

$$BC = \rho = 2 \times 2r_0 \text{ sen. } \frac{\varphi}{2} = 4r_0 \text{ sen. } \frac{\varphi}{2}$$

que es el mismo resultado anterior.

Esto supuesto, para hallar los radios de las dos partes del perfil del diente en las cremalleras, podemos partir de las fórmulas generales correspondientes á una rueda cualquiera

$$\frac{\rho}{t} = 0,453 \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11}; \quad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 1,423 \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11}$$

y hacer en ellas  $Z = \infty$ ; pues una cremallera puede considerarse como una rueda de radio infinito, teniendo, por lo tanto, un número infinito de dientes; resulta entonces, dividiendo numerador y denominador por  $Z$

$$\frac{\rho}{t} = 0,453 \frac{2 \pm \frac{11}{Z}}{1 \pm \frac{11}{Z}}; \quad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 1,423 \frac{2 \pm \frac{11}{Z}}{1 \pm \frac{11}{Z}}$$

$$\frac{\rho}{t} = 0,453 \frac{2 \pm \frac{11}{\infty}}{1 \pm \frac{11}{\infty}}; \quad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 1,423 \frac{2 \pm \frac{11}{\infty}}{1 \pm \frac{11}{\infty}}$$

Luego,

$$\frac{\rho}{t} = 0,453 \times 2; \quad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 1,423 \times 2$$



$$(3) \quad \frac{\rho}{t} = 0.906 \qquad \frac{\rho}{\left(\frac{t}{\pi}\right)} = 2.846 \quad (4)$$

La fórmula (3) da el radio de los dos arcos de círculo que forman las dos partes iguales del diente de las cremalleras, en función del paso  $t$  expresado en milímetros, y la fórmula (4) da el mismo valor del radio en función del paso  $\left(\frac{t}{\pi}\right)$  expresado en unidades de  $\pi$ .

El mismo resultado se obtiene partiendo de la expresión del radio de curvatura de la cicloide, que hemos demostrado es

$$\rho = 4r_0 \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2}. \text{ Sustituyendo}$$

$$r_0 = 0.875t; \operatorname{sen.} \frac{\varphi}{2} = \operatorname{sen.} 15^\circ = 0.258819,$$

se tiene

$$\begin{aligned} \rho &= 4 \times 0.875t \times 0.258819. \\ \rho &= 0.906t, \end{aligned}$$

como anteriormente. Recordemos que el radio del círculo auxiliar  $r_0$  es el mismo para toda la serie de ruedas y cremalleras del mismo paso destinadas á engranar entre sí.

Con respecto á las ruedas á dentadura interior, repetiremos lo que hemos indicado ya al ocuparnos del trazado gráfico; es decir, que las dos partes del perfil del diente resultan permutadas en estas ruedas y que, por consiguiente, para el radio de curvatura de la cara, situada al interior del círculo primitivo, debe tomarse en el valor de  $\rho$  los signos inferiores —, y para el radio de curvatura del perfil del flanco, se tomará en la expresión de  $\rho$  los signos superiores +; pues en este caso el flanco se halla al exterior de la circunferencia primitiva, que es precisamente la inversa de lo que tiene lugar en las ruedas á dentadura exterior.

Haremos observar, por fin, que para la rueda ó piñón á dentadura exterior, de 11 dientes, resultan los flancos rectili-



neos; pues haciendo  $Z = 11$  en la expresión de  $\rho$  tomada con los signos inferiores —, como corresponde para el valor del radio de curvatura del flanco, resulta:

$$\frac{\rho}{t} = 0,453 \frac{2 \times 11 - 11}{11 - 11} = 0,453 \frac{11}{0}; \text{ luego}$$

$$\frac{\rho}{t} = \infty; \rho = \infty.$$

Es decir, que en este caso los flancos del piñón son rectilíneos. Para valores de  $Z < 11$ , el valor de  $\rho$  correspondiente al flanco resulta negativo, y por lo tanto los flancos, en vez de cóncavos serán convexos, resultando que el espesor del diente en la raíz será menor que en el círculo primitivo; disposición viciosa bajo el punto de vista de la resistencia.

Los ejemplos siguientes, que para las ruedas son los mismos que expone Reuleaux en su obra «El Constructor», aclaran el uso que debe hacerse de las fórmulas anteriores:

*Ejemplo 1.º*—Suponiendo  $Z = 63$ ;  $t = 30^{\text{mm}}$ , se obtiene para el radio de curvatura del arco de epicloide

$$\rho_e = 30 \times 0,45 \frac{126 + 11}{63 + 11} = 30 \times 0,45 \frac{137}{74}$$

$$\rho_e = 24^{\text{mm}}993 = 25^{\text{mm}}.$$

Para este cálculo tomamos solamente dos cifras decimales en el coeficiente numérico de la fórmula, como hace Reuleaux.

Se tiene igualmente para el radio de curvatura de la hipocicloide

$$\rho_i = 30 \times 0,45 \frac{126 - 11}{63 - 11} = 30 \times 0,45 \frac{115}{52}.$$

$$\rho_i = 29^{\text{mm}}855 = 30^{\text{mm}}.$$

*Ejemplo 2.º*—Se dá  $Z = 11$ ;  $\left(\frac{t}{\pi}\right) = 10$ ; se tiene entonces

$$\rho_e = 10 \times 1,42 \frac{22 + 11}{11 + 11} = 10 \times 1,42 \frac{33}{22}$$

$\rho_e = 21^{\text{mm}},3 = 21^{\text{mm}}$  para el radio de curvatura de la epicloide.



Y para el radio de curvatura de la hipocicloide

$$\rho_i = 10 \times 1,42 \frac{22 - 11}{11 - 11} = 10 \times 1,42 \frac{11}{0}$$

$\rho_i = \infty$ . Es decir, que en este caso los flancos se componen de simples líneas rectas dirigidas según los radios de la rueda.

*Ejemplo 3.º*—Se da  $Z = 7$  y  $t = 50^{\text{mm}}$ . Se tiene

$$\rho_e = 50 \times 0,45 \frac{14 + 11}{7 + 11} = 50 \times 0,45 \frac{25}{18}$$

$\rho_e = 31^{\text{mm}}$ ,  $25 = 31^{\text{mm}}$  para el radio de curvatura de la epicloide. Y para la hipocicloide,

$$\rho_i = 50 \times 0,45 \frac{14 - 11}{7 - 11} = - 50 \times 0,45 \frac{3}{4}$$

$$\rho_i = - 16^{\text{mm}},875 = - 17^{\text{mm}}.$$

En este caso los flancos del diente ofrecen la curvatura en sentido inverso, de modo que el diente presentaría menos espesor en la raíz que en el círculo primitivo.

*Ejemplo 4.º*—Para una cremallera, cuyo paso fuese de 35 milímetros, se tendría para los dos radios de curvatura iguales de los dos arcos de cicloide que forman el perfil del diente:

$$\rho = 0,91t = 0,91 \times 35 = 31,^{\text{mm}}85.$$

$$\rho = 32^{\text{mm}}.$$

Según manifiesta Reuleaux, cuando el número de dientes  $Z$  de una rueda es inferior á 15, es preferible recurrir al trazado exacto mediante el empleo de arcos de epicloide y de hipocicloide; pues en este caso la forma aproximada que daría el trazado por arcos de círculo, no aseguraría una marcha suficientemente regular.

## II

En el método notable que propuso Willis, se procede direc-







el trazado del diente por medio de dos arcos de círculo, pues hay otro procedimiento en el mismo método de Willis, que consiste en el empleo de un sólo arco de círculo, consideremos, pero solamente para la explicación de las construcciones, la circunferencia primitiva de la segunda rueda  $T_1$  que engrana con la primera, y propongámonos determinar el arco de círculo que forma el perfil de la cara del diente en la rueda  $T$  que nos ocupa. Para esto elegiremos el instante en que este diente se halla en  $b$ , medio paso más allá de la línea de los centros, en el sentido del movimiento de la rueda, y tiremos por el punto  $S$  la recta  $NN_1$ , representando la normal común á los dos perfiles que engranan, correspondiente á esta posición. Esta recta forma un ángulo de  $75^\circ$  con la línea de los centros. Tiremos luego la perpendicular  $SK$  á  $NN_1$ , y unamos el centro  $O$  á un punto cualquiera  $K$  tomado sobre esta perpendicular, hácia la parte superior, y sea  $C$  el punto de intersección de la recta  $OK$  con la normal  $NN_1$ . La cara que buscamos se obtiene describiendo un arco de círculo desde el punto  $C$  con el radio  $Cb$  hácia el exterior de la circunferencia primitiva. El flanco correspondiente de la segunda rueda  $T_1$ , destinado á engranar con la cara de  $T$ , se obtendría uniendo el centro  $O_1$  de la rueda  $T_1$  con el mismo punto  $K$ ; la intersección de esta recta con  $NN_1$ , daría el centro  $C_1$  de dicho flanco, que debería describirse desde este centro tangencialmente á la cara determinada anteriormente y al interior de su circunferencia primitiva  $T_1$ .

Determinaremos ahora el flanco de la rueda  $T$  por medio del mismo dibujo, considerando que el diente se halla en  $c$  á medio paso antes de la línea de los centros, y unamos el centro  $O$  de la rueda á un segundo punto  $K$  tomando sobre la prolongación de  $SK$  hácia la parte inferior. Siendo  $C_1$  el punto de intersección de esta recta con  $NN_1$ , el flanco que buscamos se obtendrá describiendo un arco de círculo desde  $C_1$  con el radio  $C_1c$  hácia el interior de la circunferencia primitiva  $T$ . La cara del diente de la segunda rueda  $T_1$ , que debe engranar con el flanco de  $T$ , se obtendría uniendo su centro  $O_1$  con el mismo punto  $K$ , lo que daría con la normal común un nuevo punto de intersección  $C'$ , y describiendo desde este último un arco de



círculo tangencialmente al precedente y al exterior de la circunferencia primitiva  $T_1$ . Aunque hayamos considerado esta segunda rueda para la mejor inteligencia del método, conviene observar que la posición de los centros  $C, C_1$  que determinan la forma de los dientes de la rueda  $T$ , es completamente independiente del radio de la segunda rueda  $T_1$ . Resulta, pues, en definitiva que el perfil del diente de la rueda  $T$  se compone de dos arcos de círculo; uno descrito desde el punto  $C$  con el radio  $Cb$ , que forma la cara del diente situada al exterior de la circunferencia primitiva, y otro descrito desde el punto  $C_1$  con el radio  $C_1c$ , que constituye el flanco del diente situado al interior de la circunferencia primitiva.

Se procederá en seguida al trazado de todos los dientes de la rueda utilizando, según hemos hecho en el método de Reuleaux, los lugares geométricos de los centros de las caras y de los flancos, que serían dos circunferencias descritas desde el centro  $O$  de la rueda que se quiere trazar, con los radios respectivos  $OC, OC_1$ .

Con la misma facilidad se aplica el trazado de Willis á las crema leras, observando que en este caso las dos rectas que unen el centro  $O$  á los dos puntos  $K$  tomados sobre la perpendicular á  $NN_1$ , se convierten en dos perpendiculares á  $T$ , recta primitiva de la cremallera, tiradas por dichos puntos  $K$ , cuyas intersecciones con  $NN_1$  darán los dos centros  $C, C_1$  de las caras y de los flancos, cuyos perfiles son iguales en este caso.

Para facilitar más y más la práctica de su método, Willis ideó el tan conocido instrumento ó transportador llamado Odontógrafo, que con las tablas unidas al mismo determina inmediatamente los centros  $C, C_1$ , dando las distancias  $SC, SC_1$  de dichos centros á la línea central de las dos ruedas, en función del paso y del número de dientes.

Vamos á determinar las expresiones analíticas de dichas distancias, al objeto de comparar los dos métodos de Willis y de Reuleaux; mas ante todo debemos observar que para el cálculo de las tablas del Odontógrafo supone Willis que el piñón más pequeño del juego de ruedas harmónicas del mismo paso, destinadas á engranar entre sí, es el piñón de 12 dientes y que



este tiene los flancos rectilíneos, mientras que las demás ruedas los tienen cóncavos; lo que equivale á decir que es preciso determinar el punto K, ó mejor dicho, la distancia SK para el paso dado  $t$ , tirando por  $O_0$  centro de dicho piñón, una paralela á  $NN_1$  que por su intersección con la perpendicular á esta última trazada por S nos dá el punto K, trasportándose la distancia SK en la prolongación de dicha perpendicular para obtener el segundo punto.

Calculando por medio del triángulo rectángulo  $SO_0K$  la distancia SK, (Fig. 4) se tiene:

$$SK = R_0 \text{ sen. } 75^\circ.$$

Siendo  $R_0$  el radio del piñón de 12 dientes, tendremos:

$$R_0 = \frac{12t}{2\pi}; \text{ luego}$$

$$SK = \frac{6}{\pi} t \text{ sen. } 75^\circ.$$

Esto supuesto, consideremos el centro O de la rueda que se quiere trazar, cuyo radio  $OS = R$  Por el punto S, Fig. 5, tra-

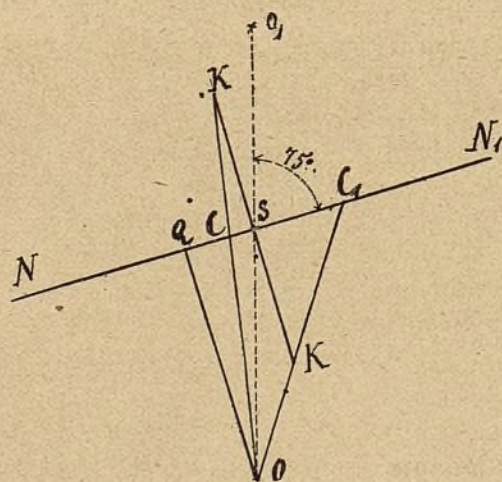


Fig. 5

ce mos la recta  $NN_1$  inclinada con el de  $75^\circ$ , ó mejor dicho con



la línea de los centros, así como la perpendicular á esta última sobre la cual se marcan los dos puntos K á la distancia común indicada  $SK = \frac{6}{\pi} t \text{ sen. } 75^\circ$ . Uniendo O á los dos puntos K se obtienen C, C<sub>1</sub>, que son los centros de la cara y del flanco del diente, situados respectivamente dichos perfiles medio paso después y medio paso antes de la línea central ó, mejor dicho, radial del Odontógrafo. Llamando  $SC = d$ ;  $SC_1 = d_1$ ;  $SK = k$  y  $OS = R$ , y trazando una perpendicular OQ á NN<sub>1</sub>, la comparación de los dos triángulos semejantes SCK y OCQ, nos da la relación

$$\frac{SC}{CQ} = \frac{SK}{OQ}$$

Sustituyendo las notaciones anteriores.

$$\frac{d}{SQ - d} = \frac{k}{OQ}$$

Pero en virtud del triángulo rectángulo OQS se tiene  $OQ = R \text{ sen. } 75^\circ$ ;  $SQ = R \text{ cos. } 75^\circ$ ; luego

$$\frac{d}{R \text{ cos. } 75^\circ - d} = \frac{k}{R \text{ sen. } 75^\circ}$$

De donde

$$R d \text{ sen. } 75^\circ = R k \text{ cos. } 75^\circ - d k.$$

$$d (R \text{ sen. } 75^\circ + k) = R k \text{ cos. } 75^\circ.$$

Despejando  $d$ ,

$$d = \frac{R k \text{ cos. } 75^\circ}{R \text{ sen. } 75^\circ + k}$$

Determinaremos ahora la distancia  $SC_1 = d_1$  comparando los otros dos triángulos semejantes SKC<sub>1</sub> y OQC<sub>1</sub>, que nos dan la relación

$$\frac{OQ}{SK} = \frac{QC_1}{SC_1}$$



Sustituyendo las notaciones anteriores, tenemos

$$\frac{OQ}{SK} = \frac{QS + SC_1}{SC_1}$$

$$\frac{R \operatorname{sen}. 75^\circ}{k} = \frac{R \cos. 75^\circ + d_1}{d_1}$$

De donde

$$R d_1 \operatorname{sen}. 75^\circ = R k \cos. 75^\circ + d_1 k.$$

$$d_1 (R \operatorname{sen}. 75^\circ - k) = R k \cos. 75^\circ.$$

Despejando  $d_1$ .

$$d_1 = \frac{R k \cos. 75^\circ}{R \operatorname{sen}. 75^\circ - k}$$

El valor de la distancia  $SK = k$  es, como se ha visto anteriormente,  $k = R_o \operatorname{sen}. 75^\circ$ , siendo  $R_o$  el radio del piñón más pequeño del juego de ruedas del mismo paso. Sustituyendo este valor en las expresiones anteriores de  $d$  y  $d_1$  será

$$d = \frac{R R_o \operatorname{sen}. 75^\circ \cos. 75^\circ}{R \operatorname{sen}. 75^\circ + R_o \operatorname{sen}. 75^\circ}; \quad d_1 = \frac{R R_o \operatorname{sen}. 75^\circ \cos. 75^\circ}{R \operatorname{sen}. 75^\circ - R_o \operatorname{sen}. 75^\circ}$$

Simplificando

$$d = \frac{R R_o \cos. 75^\circ}{R + R_o}; \quad d_1 = \frac{R R_o \cos. 75^\circ}{R - R_o}.$$

Observando ahora que  $R$  es el radio del círculo primitivo de la rueda que se quiere trazar, que supondremos de  $Z$  dientes;  $R_o$  es el radio correspondiente al piñón más pequeño del mismo paso, que Willis supone es el de 12 dientes;  $t$  el paso; tenemos pues:

$$2\pi R = Zt; \quad 2\pi R_o = 12t.$$

De donde

$$R = \frac{Zt}{2\pi} \quad R_o = \frac{12t}{2\pi}.$$



Sustituyendo en las expresiones anteriores, y observando que  $RR_0 = \frac{3Zt^2}{\pi^2}$  se tiene:

$$d = \frac{\frac{3Zt^2}{\pi^2} \cos.75^\circ}{\frac{Zt}{2\pi} + \frac{12t}{2\pi}} ; \quad d_1 = \frac{\frac{3Zt^2}{\pi^2} \cos.75^\circ}{\frac{Zt}{2\pi} - \frac{12t}{2\pi}}$$

Simplificando

$$(5) \quad d = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{Zt \cos.75^\circ}{Z + 12} ; \quad d_1 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{Zt \cos.75^\circ}{Z - 12} . \quad (6)$$

Tales son los valores de las distancias SC, SC<sub>1</sub>, que determinan la posición de los centros de las caras y de los flancos en el método de Willis; por medio de cuyas expresiones se han calculado las tablas unidas al Odontógrafo, atribuyendo diferentes valores al número de dientes Z y al paso t, y sustituyendo además  $\cos.75^\circ = \sin 15^\circ = 0,258819$ .

Para aplicar estas fórmulas á las cremalleras, basta observar que una cremallera puede considerarse como una rueda de radio infinito y por lo tanto con un número de dientes infinito; haciendo pues  $Z = \infty$  y dividiendo antes dichas expresiones por Z numerador y denominador, será

$$d = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{t \cos.75^\circ}{1 + \frac{12}{Z}} ; \quad d_1 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{t \cos.75^\circ}{1 - \frac{12}{Z}}$$

$$d = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{t \cos.75^\circ}{1 + \frac{12}{\infty}} ; \quad d_1 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{t \cos.75^\circ}{1 - \frac{12}{\infty}}$$

De donde

$$d = d_1 = \frac{6}{\pi} t \cos.75^\circ . \quad (7)$$

Vemos, pues, que en las cremalleras los centros C, C<sub>1</sub> se ha-



llan á igual distancia del punto S; es decir, que el diente en este caso se halla formado por dos arcos de círculo del mismo radio. También se puede demostrar directamente recurriendo para las cremalleras á la construcción de Willis, Fig 6; es decir, trazar por los dos puntos K dos perpendiculares á la recta primitiva T de la cremallera, lo que equivale á unir dichos puntos con el centro de la misma situado al infinito. Los pun-

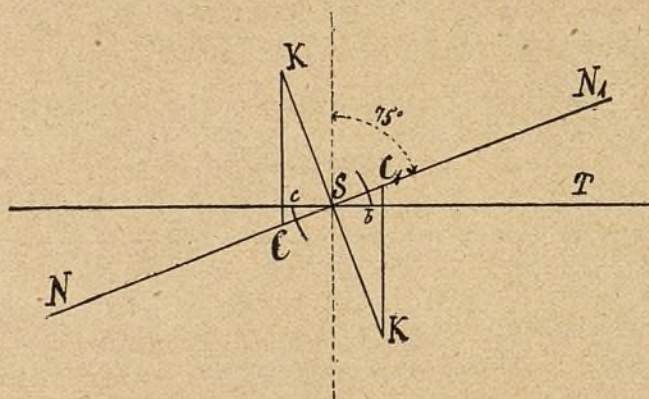


Fig. 6

tos de intersección C, C<sub>1</sub> con N N<sub>1</sub> son los centros de la cara y del flanco del diente. Se forman en este caso dos triángulos rectángulos iguales SKC y SKC<sub>1</sub>; cualquiera de los dos nos da la relación.

$$SC = SC_1 = SK \cotg. 75^\circ.$$

Sustituyendo el valor de  $SK = \frac{6}{\pi} t \operatorname{sen}. 75^\circ$  resulta

$$d = d_1 = \frac{6}{\pi} t \operatorname{sen}. 75^\circ \frac{\cos. 75^\circ}{\operatorname{sen}. 75^\circ}$$

ó sea

$$d = d_1 = \frac{6}{\pi} t \cos. 75^\circ$$

que coincide con el anterior.



Es preciso no perder de vista que en el método de Willis los valores  $d$  y  $d_1$  no representan los radios de los perfiles de los dientes, sino las distancias de los centros  $C, C_1$  de dichos perfiles al borde central ó radial del Odontógrafo, que representa la línea de los centros en el trazado directo. El origen del diente se supone colocado medio paso después del borde del odontógrafo para la cara y medio paso antes para el flanco, en el sentido del movimiento de la rueda. Resulta de aquí que las fórmulas anteriores que expresan los valores de  $d$  y  $d_1$  en las ruedas y en las cremalleras, no dan los radios de los círculos de los dientes como en el método de Reuleaux, sino únicamente la posición de los centros  $C, C_1$ .

Se comprenderá fácilmente, recordando lo advertido para el método de Reuleaux, que para las ruedas á dentadura interior la significación de los centros  $C, C_1$ , y por lo tanto de las distancias  $d, d_1$ , resulta permutada; pues  $C_1$  representa en este caso el centro de la cara del diente, situada al interior de la circunferencia primitiva, y  $C$  el centro del flanco del mismo diente trazado hacia el exterior de la circunferencia primitiva.

Si tratamos ahora de establecer una comparación entre los métodos de Reuleaux y de Willis, fácil nos será demostrar la identidad de ambos procedimientos.

En efecto, la fórmula anteriormente demostrada

$$\rho = 0,453t \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11}$$

da en el procedimiento de Reuleaux el radio del perfil circular de cada una de las dos partes del diente. Al objeto de comparar los valores deducidos de esta fórmula con los que se obtienen de las empleadas en el método de Willis, hemos de hallar la distancia del centro de cada perfil á la línea de los centros de las dos ruedas, y para ello hay que restar de  $\rho$  la distancia comprendida entre dicha línea y el perfil circular, que según hemos demostrado es  $SB = SB_1 = 0,453t$ ; resulta pues:

$$d \text{ ó } d_1 = \rho - SB = \rho - 0,453t$$

Sustituyendo  $\rho$ .



$$d \text{ ó } d_1 = 0,453 t \frac{2Z \pm 11}{Z \pm 11} = 0,453 t.$$

En esta expresión hay que tomar los signos superiores + para la distancia  $d$  del centro de la cara á la línea de los centros y los signos inferiores — para la distancia  $d_1$  del centro del flanco á la misma línea. Efectuando operaciones resulta

$$d \text{ ó } d_1 = \frac{2 \times 0,453 Z t \pm 11 \times 0,453 t - 0,453 Z t \mp 11 \times 0,453 t}{Z \pm 11}$$

Simplificando

$$d \text{ ó } d_1 = 0,453 \frac{Z t}{Z \pm 11}$$

Tal es la expresión muy sencilla que en el método de Reuleaux determina las distancias expresadas.

Según hemos visto anteriormente, las fórmulas de Reuleaux suponen que el piñón de 11 dientes lleva flancos rectilíneos, pues si en la expresión de  $\rho$  aplicada al flanco que es

$$\rho = 0,453 t \frac{2Z - 11}{Z - 11}$$

se hace  $Z = 11$ , resulta

$$\rho = \infty$$

es decir, que el radio de curvatura del flanco es infinito, ó que este se convierte en una recta radial. Esto se comprenderá mejor observando que para el piñón de 11 dientes el desarrollo de su circunferencia primitiva es  $2\pi R = 11t$ , de donde

$$R = \frac{11}{2} t = \frac{11}{2 \times 3,1416} t$$

$$R = 1,75t.$$

El radio  $r_o$  del círculo generador del arco de hipocicloide para todas las ruedas delpaso  $t$  es

$$r_o = 0,875 t ; \quad \text{luego}$$

$$R = 2r_o ;$$



Es decir, que para el piñón de 11 dientes el círculo primitivo y el círculo generador de los arcos cicloidades, constituyen dos círculos de Cardán y por lo tanto el perfil de la hipocicloide del flanco se convierte en una línea recta dirigida según el radio del círculo primitivo.

La fórmula que se deduce del método de Willis para las distancias á la línea central de las dos ruedas de los centros de la cara y del flanco del diente, hemos demostrado es:

$$d \text{ ó } d_1 = \frac{6}{\pi} \frac{Zt \cos 75^\circ}{Z \pm 12}$$

en función del número de dientes  $Z$  y del paso  $t$  de la rueda. La misma fórmula en función del radio  $R$  de la rueda y del radio  $R_0$  del piñón más pequeño del juego era

$$(8) \quad d \text{ ó } d_1 = \frac{R R_0 \cos 75^\circ}{R \pm R_0}$$

Willis supone para el cálculo de estas fórmulas que el piñón más pequeño del juego de ruedas harmónicas es el de 12 dientes y que este lleva los flancos rectilíneos; haciendo pues  $Z = 12$  en la expresión de  $d_1$  resulta

$$d_1 = \frac{6}{\pi} \frac{12t \cos 75^\circ}{12 - 12} = \frac{6}{\pi} \frac{12t \cos 75^\circ}{0} = \infty$$

Si admitimos que el piñón más pequeño de todo el juego, que lleva flancos rectilíneos, es el de 11 dientes, en vez de ser el de 12, entonces hay identidad completa entre las fórmulas de Willis y las de Reuleaux.

En efecto, colocándonos en esta hipótesis, tendríamos

$$R = \frac{Zt}{2\pi}; R_0 = \frac{11t}{2\pi}; R.R_0 = \frac{11Zt^2}{4\pi^2}$$

Luego, sustituyendo en (8) será



$$d \text{ ó } d_1 = \frac{\frac{11 Z t^2}{4 \pi^2} \cos. 75^\circ}{\frac{Z t}{2 \pi} \pm \frac{11 t}{2 \pi}}$$

Simplificando

$$d \text{ ó } d_1 = \frac{11}{2 \pi} \cdot \frac{Z t \cos. 75^\circ}{Z \pm 11}$$

Sustituyendo el valor de  $\cos. 75^\circ = \sin. 15^\circ = 0,258819$ , resulta:

$$d \text{ ó } d_1 = \frac{11}{2 \times 3,1416} \cdot \frac{Z t \times 0,258819}{Z \pm 11}$$

$$d \text{ ó } d_1 = \frac{5,5}{3,1416} \cdot \frac{Z t \times 0,258819}{Z \pm 11}$$

$$d \text{ ó } d_1 = 1,75 \cdot \frac{Z t \times 0,258819}{Z \pm 11}$$

$$d \text{ ó } d_1 = 1,75 \times 0,258819 \cdot \frac{Z t}{Z \pm 11}$$

$$d \text{ ó } d_1 = 0,453 \cdot \frac{Z t}{Z \pm 11}$$

Que es el mismo valor que dá, según hemos visto, la fórmula de Reuleaux.

Haciendo en la expresión anterior  $Z = \infty$  para aplicarla á las cremalleras, tendremos, dividiendo primero numerador y denominador por  $Z$ :

$$d \text{ ó } d_1 = 0,453 \cdot \frac{t}{1 \pm \frac{11}{Z}} = 0,453 \cdot \frac{t}{1 \pm \frac{11}{\infty}}$$

De donde  $d = d_1 = 0,453 t$ .

Que es el mismo valor que se deduce de la fórmula de Reuleaux aplicada á las cremalleras  $\rho = 0,906 t$ ; pues restando la distancia  $SB = SB_1 = 0,453 t$ , comprendida entre el origen del diente y la línea de los centros resulta:

$$d = d_1 = \rho - 0,453 t = 0,453 t$$



En la Fig. 1, referente al trazado de Reuleaux, los tres puntos D, S, D<sub>1</sub> se hallan evidentemente en línea recta á causa de la simetría de las dos partes de la misma. Tirando pues dicha recta, los dos triángulos SDB . SD<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, que son iguales y rectángulos en S, midiendo los ángulos en B, B<sub>1</sub>, 75°, permiten determinar las magnitudes iguales SD = SD<sub>1</sub>. Resulta pues,

$$SD = SD_1 = DB \cdot \text{sen. } 75^\circ$$

$$SD = SD_1 = 2r_o \cdot \text{sen. } 75^\circ.$$

Sustituyendo  $r_o = 0,875t$ , y  $\text{sen. } 75^\circ = 0,9659258$ , resulta,

$$SD = SD_1 = 2 \times 0,875 \times 0,9659258 \times t$$

$$SD = SD_1 = 1,69t.$$

Esta magnitud equivale á la SK, perpendicular á la normal común NN<sub>1</sub> en el método de Willis, cuyo extremo K se une con el centro O de la rueda para determinar los centros C, C<sub>1</sub> de los dos perfiles del diente; bajo la condición, empero, de que en el método de Willis se suponga de 11 dientes el piñón más pequeño del juego, cuyo radio hemos llamado R<sub>o</sub>. Se tiene, efectivamente, en esta hipótesis:

$$SK = R_o \cdot \text{sen. } 75^\circ; \quad 2\pi R_o = 11t; \quad R_o = \frac{11}{2\pi} \cdot t$$

De donde

$$SK = \frac{11}{2 \times 3,1416} \cdot t \cdot \text{sen. } 75^\circ = 1,75t \cdot \text{sen. } 75^\circ$$

Sustituyendo  $\text{sen. } 75^\circ = 0,9659258$  se tiene

$$SK = k = 1,75 \times 0,9659258 \cdot t.$$

$$SK = k = 1,69t;$$

valor igual al de Reuleaux.

Al tratar de aplicar el método de Willis á las cremalleras, hemos hallado directamente, por medio de la Fig. 6

$$d = d_1 = SK \cotg. 75^\circ$$



Sustituyendo el valor anterior  $SK = 1,75 t . \text{sen. } 75^\circ$  resulta:

$$d = d_1 = 1,75 t \cos. 75^\circ$$

Sustituyendo  $\cos. 75^\circ = 0,258819$  resulta:

$$d = d_1 = 1,75 \times 0,258819 \times t$$

$$d = d_1 = 0,453 t$$

Que coincide con el valor que dan las fórmulas de Reuleaux.

Resulta, pues, del minucioso análisis que hemos presentado, la identidad completa de los métodos de Reuleaux y de Willis para el trazado de los dientes de engranaje por medio de arcos de círculo, á condición de dar el mismo valor á las constantes arbitrarias; distinguiéndose principalmente bajo este último concepto en que Willis admite 12 dientes y Reuleaux 11 dientes para el piñón más pequeño del juego, que debe llevar flancos rectilíneos.

LUIS CANALDA.

Barcelona, 6 de Marzo de 1896.



## LA HUMEDAD EN LA HILATURA DEL ALGODÓN

POR B. ALFREDO DOBSON C. E., M. I. M. E.,

*Traducido por EMILIO RIERA, Ingeniero.*

El interés despertado por esta cuestión, á juzgar por el gran número de memorias leídas últimamente y por los comentarios que sobre la misma se han hecho, demuestra que es un asunto cuyo estudio científico ha sido demasiado olvidado.

En esta parte de Inglaterra, el Lancashire, durante demasiado tiempo hemos creído que estamos favorecidos especialmente y en gran manera por la Naturaleza y que fuera de esta comarca, la hilatura de clase extra era casi imposible. Esto promueve la cuestión de la apropiación del clima, y de ahí que me proponga considerar, sucintamente, bajo un punto de vista práctico, las condiciones relativas á esta cuestión y los medios de modificar las circunstancias desfavorables con el objeto de obtener mejores resultados en los procedimientos de fabricación.

Hace unos dos años hice practicar una série de observaciones minuciosas en hilaturas que hilaban números diferentes, con el objeto de cerciorarme del grado de semejanza comparativa en las condiciones atmosféricas en que eran fabricados hilos iguales para un mismo mercado. Descubrí con sorpresa que esta importante cuestión estaba muy descuidada bajo el punto de vista científico. Hay muchas hilaturas que no tienen aparatos para determinar con precisión las condiciones climatológicas; en cambio en otras fábricas su empleo forma parte de las obligaciones diarias del personal. Observé que, en donde no había medios científicos los había naturales, proporcionados por el mismo obrero de la manera más práctica y sencilla. Por ejemplo, en tiempo de viento seco del Este y de baja temperatura formando en conjunto una atmósfera desfavorable á la hilatura, se empleaba la «regadera» con oportunidad y éxito.



El clima que se aproxima más al de Lancashire es el de la llanura del bajo Flandes, conocido actualmente con el nombre de departamento del Norte, donde está situada la rica, importante y próspera ciudad de Lille.

La industria de la hilatura del algodón en este distrito es casi tan antigua como en esta comarca, y puedo decir que la mejor hilatura ha llegado allí al mismo grado de perfección que aquí y que bajo el punto de vista de los resultados, sus obreros poco pueden aprender de nosotros. En cambio, las hilaturas son relativamente pequeñas y no tiene más que un número limitado de husos cada fábrica, lo cual es causa de un resultado poco económico en el coste de producción, puesto que permite, apesar de los derechos de aduana, la competencia de nuestro país.

#### ANTIGUAS HILATURAS DE ALGODON EN LILLE.

Puede decirse en general, que las hilaturas construidas hace setenta años ó más, lo han sido exactamente bajo un mismo plan que las hilaturas construidas en la ciudad de Manchester y su distrito en la misma época ó anterior, diferenciándose solo en las particularidades de construcción empleadas en los dos países.

Los edificios tenían muros gruesos con pequeñas ventanas y los techos más bajos. La entrada de cada sala de hilatura era por la escalera, bien resguardada de las corrientes de aire frío; los suelos en general de madera, saturados por el aceite acumulado durante muchos años. Esta sola circunstancia es ya importante, puesto que el aceite forma una especie de protección contra los cambios bruscos de temperatura del suelo, de los muros y techos. Así, pues, entre las pequeñas dimensiones de las salas y la dificultad de entrar en ellas el aire exterior, resulta fácil el mantener constante la temperatura.

Una casa del Lancashire que tenía una fábrica muy antigua construida en las condiciones mencionadas, tenía á la vez una hilatura moderna con mucho más espacio, ventanas y techos más elevados, y se encontró en que le era imposible hilar los mismos números con iguales resultados en las dos fábricas; los hilados en la fábrica antigua eran mucho más lisos.

Esto forma la base del asunto que voy á desarrollar.



### RELACION ENTRE EL CALOR Y LAS FIBRAS.

Quizás sea ahora oportuno, apesar de que creo que la mayor parte de los que intervienen en la industria de la hilatura del algodón lo saben tanto ó mejor que yo, el por qué el algodón se hila mejor en ciertos momentos que en otros. Dos causas hay, de las que una depende del estado de estructura de la fibra del algodón. Si la fibra se encuentra fria y seca, se llama «áspera» y el hilador que está acostumbrado á estirar algodón, puede instintivamente apreciar el grado de sequedad del algodón que ensaya. Cuando la fibra es fria y seca, la envolvente gomosa de la fibra está congelada y por consiguiente la fibra presenta cierta resistencia á los procedimientos de fabricación conocidos con los nombres de «estiraje» é «hilado.» Aunque dicho esto rápidamente, creo haber citado todos los hechos que explican la influencia del calor sobre las fibras.

Sin embargo, si no hubiese más que esto, bastaría proporcionar aire caliente á la temperatura conveniente para mantener la fibra en estado suave. Pero interviene otro factor en el problema; si la fibra está caliente y seca, es sensible á la influencia eléctrica. Es este un problema difícil de resolver.

### EFFECTOS DE LA ELECTRICIDAD.

Desde el principio al fin, en una hilatura de algodón, la electricidad libre perjudica á cada operación durante el curso de la fabricación; en las abridoras, batanes, cardas, manuales, mecheras, máquinas selfactinas y máquinas continuas, y si las condiciones son tales que la electricidad tenga completa libertad, el resultado es un producto de superior calidad. He visto hilaturas de reciente construcción, especialmente las construidas á prueba de fuego, en que cada arbol de transmisión, columna y viga de sostenimiento estaban cargados de electricidad á tal extremo que las fibras de algodón se alejaban de las construcciones metálicas á una distancia de unas tres pulgadas, radialmente desde el centro de la atracción eléctrica. Una prueba innegable de la existencia de la electricidad, se hace evidente ob-



servando con cuidado la parte de hierro del armazón de las máquinas. En toda hilatura hay una cierta cantidad de fibras flotando en el aire llamadas «borra.» Las que se hallan sobre los armazones metálicos, se ponen de punta como los pelos de un cepillo, señal innegable de la presencia de la electricidad. Procede con frecuencia del roce y resbalamiento de las correas de transmisión y es transmitida, por ejemplo, de la polea del arbol motor á la de la máquina, cargando de electricidad latente los armazones metálicos, influyendo á su alrededor sobre cada fibra que pasa.

He probado alguna vez, con éxito, de extraer la electricidad de la máquina. Así, por medio de un alambre de cobre atado á cualquier parte del armazón metálico que forma la techumbre y colocando el otro extremo del alambre cerca del interior de la correa conductriz, se recoge la electricidad procedente de la correa, impidiendo que entre en la máquina. Haciendo esto en una carda de sombreros giratorios cargados de electricidad de modo que las fibras flotantes de los sombreros se erizaban sobre la guarnición, he conseguido con el auxilio del movimiento de un alambre de hierro, hacer subir y bajar á voluntad dicha fibra. En las peinadoras cuyo objeto es poder peinar tanta anchura de tela como sea posible con la longitud del cilindro alimentador, esta acción de la electricidad es muy notada y de una gran importancia.

Una hilatura muy importante de América encargó una série de peinadoras para peinar una misma anchura de tela que la que dichos hiladores habían visto peinar con éxito en una hilatura de nuestro país, pero después de un ensayo de un año, tropezaron con tantas dificultades y tuvieron tantas mermas que resolvieron enviar á Inglaterra su director para volver á examinar las máquinas sobre cuyo tipo habían hecho construir las suyas y para asegurarse que aquellas funcionaban de un modo tan satisfactorio como se había supuesto. Reconocieron que esto efectivamente era así y se vieron obligados á confesar que tenían que peinar telas de una pulgada más estrecha que las que hacemos en el Lancashire á causa del efecto de la electricidad latente sobre las fibras del algodón.



La operación consistiendo en clasificar las fibras, y no siendo posible reunir las fibras sometidas á dicha influencia, es necesario disponer de más sitio para poderlas trabajar. He visto varias veces al salir el algodón de los cilindros del manuar, negarse á entrar en el embudo que le conduce al pote giratorio y flotar en el aire serpenteando por encima de los cilindros absorbedores volviendo á caer al suelo.

Lo que sucede con la carda, peinadora y manuar, puede aplicarse igualmente á las mecheras y máquinas de hilar. Pero en las máquinas de hilar, la presencia de la electricidad se pone de manifiesto por la acumulación de borras sobre las piezas en movimiento; por la clase poco lisa y vellosa y la fragilidad y tendencia á romperse del hilo fabricado. Como comprobante de los efectos extraordinarios que la electricidad puede producir, conozco una hilatura en que al inaugurar las nuevas máquinas se produjeron varias roturas en las abridoras y batanes; pero particularmente en los batanes después de parar las máquinas y volverlas á poner en marcha. Un detenido examen demostró que en cada caso grandes masas de algodón muy duras eran transportadas sobre los tambores metálicos y habían por exceso de presión, dado su gran espesor, causado la rotura de ruedas.

La experiencia enseñó que después de cierto tiempo de trabajo, en el interior de las devanaderas, desde su árbol hasta su superficie, se acumulaba un grueso paquete de algodón colocado simétricamente como si se hubiese hecho expofeso de madera.

Después de cierto tiempo de estar parada la máquina, el suficiente para que se descargue de electricidad, estos paquetes de algodón caían cuando la máquina se ponía de nuevo en movimiento y eran arrojados á los tambores, por la misma fuerza centrífuga.

He examinado estos paquetes de algodón y he encontrado que las fibras estaban colocadas paralelamente de punta á punta en línea recta, desde el centro del árbol de la devanadera á la superficie interna de la regla de dicha devanadera. En este caso el fenómeno desapareció desde el momento que se calentó la sala y las correas de transmisión fueron bien humedecidas con una



preparación especial. El caso era que las máquinas se habían aislado completamente del suelo; la correa motriz resbalando sobre la polea de la transmisión obraba como una máquina eléctrica y cargaba por medio de la correa, el batán ó abridora que movía.

En América esto ha sido considerado de tanta importancia, que en muchas hilaturas hay disposiciones especiales para impedir que la electricidad sea conducida á las máquinas por medio de las correas de transmisión.

Mr. Buchanan dice en el «Phil. Mag. U. S. Vol. 1, pág. 581» que «en una fábrica de Glasgow la acumulación de electricidad en cierta sala en que había un gran torno de fundición, tijeras y otras máquinas movidas á gran velocidad por medio de correas, era tan grande, que fué preciso para poner los obreros á salvo de descargas desagradables, atar las máquinas á las columnas de hierro del taller por medio de alambres de cobre, y cuando se efectuaba la rotura de un hilo (que era de  $\frac{1}{4}$  de pulgada) se producían una serie de chispas muy rápidas. La electricidad era positiva.»

Así en los casos de los batanes citados, el fenómeno desapareció cuando el resbalamiento de la correa fué suprimido con auxilio de la preparación especial que obraba al mismo tiempo como mala conductora é impedía que la superficie del cuero tocara á la de la polea.

Relacionándose con este asunto de la electricidad y su efecto práctico sobre la hilatura, haré referencia á una memoria de Mr. Harry y S. Chase leída en el Instituto de Tecnología del Massachusetts en 1883 en la que trata con detención del fenómeno causado por la electricidad en la hilatura del algodón blanco, teñido, y lanas naturales y teñidas; en ella el autor describe los diversos métodos por medio de los cuales se puede producir electricidad en una hilatura y comunicarse á las materias que se trabajan; del mismo modo explica el modo de impedir ó alejar la electricidad. Parece resultar de las investigaciones de Mr. Chase que la causa principal es el frotamiento causado por el resbalamiento y la presión de la correa sobre la polea motriz, en que, como todos los fenómenos eléctricos, la superficie de la correa produce una clase de electricidad y la de



la polea otra. En cada caso ensayado, la electricidad desarrollada era negativa en la correa, y positiva en la polea.

Sobre esta dificultad hay otra mayor que consiste en que las provisiones de materias primeras en depósito pueden cargarse de electricidad procedente de fuera y que se comunica por las vigas, columnas, tuberías de gas, tornillos, etc. Se han visto casos en que el algodón en la sala de mezclas era fuertemente cargado de electricidad por las cabezas de los pernos de los soportes de las contramarchas que movían las poleas de las máquinas. Se puede decir de paso, que el material, el algodón ó lana, cargado de electricidad, es muy difícil de descargar; solamente el tiempo y una atmósfera favorable pueden lograrlo. El autor hace también presente el efecto del vapor que se deja entrar en los talleres, especialmente en las fábricas de tejidos con objeto de humedecer para «destruir la electricidad;» en ellos se reproduce el efecto contrario, puesto que el vapor desarrolla la misma clase de electricidad que había en el taller. Completa su memoria discutiendo la cuestión de la humedad en el aire y la cantidad de vapor introducida, haciendo notar que un exceso de humedad produciría efecto perjudicial al trabajo, puesto que debilita los esfuerzos de resorte y elasticidad de la fibra. Hace algunas observaciones generales sobre el higrómetro y deduce una consecuencia con la que no estoy conforme; que la humedad necesaria para hacer un buen trabajo es menor de la que se cree, estimando el límite entre un buen y mal hilado de 30 á 40 % de saturación. Más adelante demostraré que es un poco exagerado. Mr. Chase concluye con el siguiente párrafo que reproduzco literalmente:

«Un examen detenido de estas comparaciones creo que demostrará de un modo satisfactorio que la cuestión de librarse de las perturbaciones eléctricas, quedará resuelta con la cuestión de la humedad relativa. Si hay humedad suficiente en la atmósfera, no habrá perturbación; si no hay bastante humedad, aparece enseguida la electricidad. La cuestión se concreta en decidir el medio mejor ó más satisfactorio de obtener la humedad en las hilaturas, lo que induce, como en todo perfeccionamiento, á examinar el coste relativo de los inconvenientes y del remedio.»

*(Continuará).*



## SESIONES DE LAS ACADEMIAS

### REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA.

En la sesión celebrada el día 24 de Marzo (1896) por la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, bajo la presidencia del Ilmo. Sr. D. Silvino Thós y Codina, se presentaron: como donativo del señor D. Francisco Novelles Roig, alumno del Observatorio de la Corporación, un ejemplar á la pluma de la carta selenográfica de Beer y Maedler; del mismo señor y de D. Antonio de Falguera, también alumno de dicho observatorio, dos fotografías de las faldas del cerro tortonense del Papiol, conocido por «Turó de las Esclétxas;» del señor don José Comas y Solá, la gran carta de Marte, resumen de sus observaciones personales, en cuya ejecución se le había interesado por la Academia y que mereció los elogios de la Corporación, y del académico D. Eduardo Lozano, dos fotografías de los fragmentos del bólido caído en Madrid el 1.º de Febrero último, remitidas por el director del Observatorio de Madrid, Ilmo. D. Miguel Merino.

Dióse cuenta de los numerosos donativos últimamente ingresados con destino al Museo y á la Biblioteca, y que estaban expuestos en el salón de sesiones. Entre ellos figura la interesante obra que acaba de publicar el académico D. Ramón de Manjarrés, sobre el aceite de oliva, y el que también acaba de publicar el académico Dr. Almera en el *Bulletin de la Société géologique de France*, titulado: «Etude stratigraphique du massif crétacé du litoral de la province de Barcelone.»

El mismo académico anunció el descubrimiento que acababa de hacer en el Panadés del sirenio miocénico *Halitherium fossile*, de que dará cuenta másdetalladamente en otra sesión. Presentó además un estudio del terreno pliocénico de Tarrasa y de sus alrededores y de sus relaciones con las formaciones contiguas, por D. Domingo Palet y Barba, en el cual fija la situación, extensión, límites y espesor del depósito superior lacustre enclavado en Tarrasa, ocupándose además en el espesor y constitución del tortonense que sostiene á aquel terreno y le circuye, acabando por establecer las relaciones entre dichos sedimentos y los cuaternarios en la comarca.

El Dr. Lozano leyó una carta, participando haberse demostrado, como resultado de los trabajos, que en la facultad de Ciencias prosigue en unión de los Sres. Fontseré y Bofill, que las radiaciones de Roentgen son susceptibles de reflejarse y al efecto presentó una fotografía obtenida á través de un chasis por medio de rayos X reflejados en un horizonte de mercurio. Dijo además el Sr. Lozano que la reflexión parecía efectuarse de una manera difusa, pero que, por comparación con lo que han dado á conocer otros experimentos del mismo género por ellos llevados á cabo, creía poder asegurar que la falta de reflexión especular es en gran parte imputable á la falta de transparencia perfecta del aire para la luz emitida por el tubo de Crookes. Presentó además una fotografía obtenida en el gabinete de Física con sólo tres segundos de exposición, merced al sulfuro fosforescente de zinc, como medio de activar la acción de la luz catódica sobre la placa sensible. Este procedimiento, que se usó por primera vez en los ensayos hechos desde un principio en el local de la Academia, parece se emplea ya, más ó menos modificado, por algunos físicos del extranjero.

El académico D. Conrado Sintas y Orfila leyó su memoria titulada



«Aplicaciones mecánicas de la energía eléctrica,» en la cual dá á conocer el desarrollo que en pocos años han tomado las aplicaciones de la electricidad, especialmente en el transporte de fuerza á distancia y las ventajas que se obtienen con el aprovechamiento de las energías naturales por medio de dinamos y conductores que pueden estenderse á centenares de kilómetros, se transmiten aquellas en forma de corriente eléctrica que toma y utiliza el industrial bajo mil distintas formas: para alumbrado, galvanoplastia, industrias domésticas por medio de pequeños motores, para mover tranvías, &c., &c. Estudia en el terreno práctico y en el científico el problema de la tracción de los tranvías, como una de las aplicaciones más interesantes de los electro motores y termina manifestando que en adelante, en el interior de las poblaciones no debería permitirse el establecimiento de nuevos tranvías movidos por caballerías, ni por el vapor, y que esta industria como todas las demás que ocupan las vías públicas ó el subsuelo de las mismas convendría dejaran de ser libres, como sucede en España y venir sujetas á una legislación general para cada una, de manera que quedarán bien fijadas las condiciones de precio, calidad, servicio y la intervención y obligaciones de la autoridad local, así como las utilidades que ésta debería participar en cada caso.

## LEGISLACIÓN

### MINISTERIO DE FOMENTO

#### EXPOSICIÓN

Señora: El personal técnico de Obras públicas se halla agrupado según sus funciones respectivas, en Cuerpos regidos por disposiciones especiales, las cuales conceden ciertos derechos á estos empleados á cambio de los deberes que el cumplimiento de su cometido les impone, y esta organización, basada en la inamovilidad y progresivas ventajas de los funcionarios, ha dado siempre, por el estímulo que en los mismos despierta, los más excelentes resultados en bien del servicio. Pero aún existe un personal, el de Ingenieros mecánicos afectos á Divisiones de ferrocarriles, para el cual no rige disposición alguna, siendo sus individuos nombrados y separados de sus cargos por la sola iniciativa y facultad discrecional de la Superioridad, sin exigirse más condiciones para lo primero que la de poseer el título de Ingeniero industrial.

A llenar este vacío, sin duda, tiende la vigente ley de Presupuestos al preceptuar en su art. 37 que el Ministro de Fomento organizará el Cuerpo de Ingenieros mecánicos de las Divisiones de ferrocarriles á las órdenes de los Ingenieros Jefes de las mismas, armonizando su categoría administrativa y los sueldos de dichos funcionarios con los de los demás Ingenieros que prestan servicio en las referidas Divisiones, disponiendo además que para esta organización se transfiera del capítulo de indemnizaciones una cantidad que no podrá exceder de 4.500 pesetas.

Los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos que prestan servicio



á las órdenes de los Jefes de las Divisiones de ferrocarriles son de las clases de segundos y primeros, con las categorías administrativas desde Oficial segundo á Jefe de Negociado de primera clase, ó sea con los sueldos desde 3.000 á 6.000 pesetas anuales. Estas deben ser, pues, las categorías que se asignen en la nueva plantilla á los Ingenieros mecánicos si se ha de cumplir el precepto legal, que establece la armonía entre estos funcionarios y los demás Ingenieros que prestan servicio á las órdenes de los Jefes de las Divisiones de ferrocarriles; debiéndose, en cumplimiento del mismo precepto, constituir con este personal un Cuerpo de escala cerrada, que es natural se rija por las mismas disposiciones que reglan los demás Cuerpos dependientes de la Dirección general de Obras públicas, y cuyo ingreso se verifique por concurso entre los aspirantes que, poseyendo el título de Ingeniero industrial, reúnan mayores merecimientos para obtenerlo.

Comprendiendo hoy la plantilla de Ingenieros mecánicos seis plazas de Ingeniero primero con el sueldo anual de 4.000 pesetas, y diez de Ingeniero segundo con el de 3.500, y no concediendo la ley de Presupuestos más que 4.500 pesetas como máximo para aumento en la partida de sueldos de este personal, á descontar de la de material, no pudiéndose tampoco establecer la nueva plantilla sin rebajar la categoría de algunos de los Ingenieros que actualmente prestan servicio, se hace preciso un estado transitorio que permita pasar de la actual á la nueva organización sin lesionar derechos adquiridos, partiendo siempre de la cantidad total consignada en el presupuesto para sueldos del personal que nos ocupa, y al efecto se amortizarán las plazas que vayan vacando hasta dejar reducida la clase de Oficiales primeros al número de cuatro individuos, formando por este medio la clase de Oficiales segundos, que ocuparán los de nueva entrada en este Cuerpo.

Fundado en estas consideraciones, el Ministro que suscribe, de acuerdo con el Consejo de Ministros, tiene el honor de someter á la aprobación de V. M. el siguiente proyecto de decreto.

Madrid 13 de Marzo de 1896.—Señora.—A. L. R. P. de V. M., Aureliano Linares Rivas.

#### REAL DECRETO

Conformándome con lo propuesto por el Ministro de Fomento, de acuerdo con el Consejo de Ministros;

En nombre de Mi Augusto Hijo el Rey D. Alfonso XIII, y como Reina Regente del Reino,

Vengo en decretar lo siguiente:

Artículo 1.º El personal de Ingenieros mecánicos, que presta servicio á las órdenes de los Jefes de las Divisiones de ferrocarriles, constituirá un Cuerpo de escala cerrada, que se regirá por las mismas disposiciones que los demás cuerpos de Obras públicas, asimilándose para la aplicación de ellas á las categorías de Ingenieros primeros y segundos de Caminos, Canales y Puertos, en sus correspondientes clases.

Art. 2.º La plantilla de este Cuerpo se compondrá:

De un Ingeniero primero, Jefe de Negociado de primera clase, con el sueldo de 6.000 pesetas.

Dos Ingenieros primeros, Jefes de Negociado de segunda clase, con el de 5.000 pesetas.

Tres Ingenieros primeros, Jefes de Negociado de tercera clase, con el de 4.000 pesetas.

Cuatro Ingenieros segundos, Oficiales primeros, con el de 3.500 pesetas.



Siete Ingenieros segundos, Oficiales segundos, con el de 3.000 pesetas.

Art. 3.º Constituirán esta plantilla los que actualmente desempeñan el cargo de Ingeniero mecánico en las Divisiones de ferrocarriles, debiende ser colocados en ella por orden de antigüedad en el desempeño del expresado cargo. Las vacantes que resultaren en lo sucesivo, después de correr la escala, se cubrirán por concurso entre los aspirantes que, poseyendo el título de Ingeniero industrial, reúnan mayores méritos.

Art. 4.º El aumento necesario para sueldos por virtud de esta nueva organización, se segregará de las 21.000 pesetas consignadas en el capítulo 27 artículo 2.º para indemnizaciones por salidas de los Ingenieros mecánicos.

#### ARTÍCULO TRANSITORIO

Para pasar de la actual á la nueva organización se formará con el personal existente, y partiendo siempre de la antigüedad consignada en el artículo 3.º, la plantilla que sigue.

Un Ingeniero primero, Jefe de Negociado de primera clase, con el sueldo de 6.000 pesetas.

Dos Ingenieros primeros, Jefes de Negociado de segunda, con el de 5.000 pesetas.

Cuatro Ingenieros primeros, Jefes de Negociado de tercera, con el de 4.000 pesetas.

Nueve Ingenieros segundos, Oficiales primeros, con el de 3.500 pesetas.

De esta plantilla se pasará á la definitiva, amortizando una plaza de 4.000 pesetas y cinco de 3.500, hasta crear las siete de 3.500, á medida que ocurran vacantes en el escalafón.

Es aplicable el presente Real decreto en sus efectos á contar de la fecha de 1.º de Julio último en que empezó á regir el presupuesto vigente.

Dado en Palacio á 13 de Marzo de 1896.—María Cristina.—El Ministro de Fomento, Aureliano Linares Rivas.



## CRONICA DE INGENIERÍA

**Metalurgia.**—En el *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, M. R. Moisan se ha ocupado de la acción del silicio sobre el hierro, el cromo y la plata. Esta acción del silicio sobre los metales pueden darnos tres resultados diferentes, y son:

1.º El silicio sólido puede, gracias á su tensión del vapor, unirse al metal sólido y dar por una acción análoga á la cementación un verdadero siliciuro, cuyo punto de fusión es menos elevado que el del metal; 2.º el silicio líquido puede unirse al metal fundido en el horno eléctrico; 3.º el silicio se disuelve en el metal líquido, no forma combinación con él ó produce uno muy inestable y se deposita en el estado cristalino en el momento de la solidificación del metal.

Mr. H. le Chatelier se ha ocupado de algunas aplicaciones metalúrgicas del aluminio y del silicio. El aluminio es un reductor enérgico comparable al sodio, con la ventaja de que no se volatiliza como éste á las temperaturas elevadas, y de no alterarse al contacto del aire húmedo. En la fabricación de la fundición y del acero, sustituye en parte al manganeso y se le emplea para la fusión del níquel y en la fabricación de los latones.

Se ha propuesto recientemente el empleo del aluminio para la preparación industrial de ciertos metales cuyos óxidos son irreductibles por el carbón ó dan por reducción con estos cuerpos solo carburos, por ejemplo, el manganeso. M. Moisan ha propuesto igualmente utilizar el procedimiento de reducción de los óxidos por el aluminio, para incorporar al acero, al hierro y al cobre, etc., ciertos metales difícilmente reductibles y fusibles, tales como el molibdeno, el tungstenio, el urano, el vanadio, el titanio, el silicio y el boro.

M. J. Richards nos dice el *Journal of the Franklin Institute* que ha llegado después de numerosos tanteos á proponer como la soldadura del aluminio, una aleación de aluminio, zinc, estaño y fósforo, éste último en proporciones de 0'24 por ciento. Esta soldadura, dícese se emplea en la actualidad en América, Suiza y Alemania, dando buenos resultados.

S. T. R.



**Reducción de la sílice por el carbón y la electricidad, por M. Henri Moissan.**—Es sabido

que en el horno eléctrico la sílice se volatiliza con facilidad, Utilizando una corriente de 1 000 amperes y 50 volts, se obtiene vapor de sílice en abundancia. En algunos instantes se nota la presencia de filamentos muy ligeros de sílice que vuelan en el aire y están largo tiempo en suspensión. Si se examinan estos filamentos con el microscopio, se ve que están formados de esferillas muy pequeñas de sílice que en el medio del agua, poseen un movimiento Browniano muy notorio.

Cuando no se termina la experiencia por la volatilización completa de la sílice, el residuo que se retira del crisol presenta á veces en la parte inferior, cristales de silicio absolutamente característicos, tales como los descritos por Senarmont.

Esta primera experiencia nos demuestra que la sílice es reductible por el carbón á alta temperatura.

Calentando en el horno eléctrico y en un cilindro de carbón cerrado por una de sus extremidades, una mezcla de roca y de carbón en polvo, el fenómeno es mucho más limpio.

El orificio del tubo está tapado de sílice en forma de copos, después se hallan más abajo cristales muy limpios y apenas coloreados de siliciuro de carbono, y un poco más abajo, todo un anillo de cristales negros, brillantes, entre los cuales hay esparcidos varios glóbulos fundidos. Algunos de estos glóbulos de silicio contienen pequeños cristales de siliciuro de carbono muy transparentes poseyendo un hermoso tinte amarillo.

Los cristales negros no son atacables más que por la mezcla de ácido nítrico y de ácido fluorhídrico.

Estos cristales se inflaman en frío en el fluor y queman con vivacidad produciendo fluoruro de silicio. Algunos de ellos presentan el aspecto muy limpio de los cristales superpuestos obtenidos por la disolución del silicio en el zinc fundido. Estos cristales van siempre acompañados del siliciuro de carbono, pero el polvo cristalino recogido en todo el tubo, contiene de 28 á 30 por ciento de silicio cristalizado.

Esta experiencia que ha sido repetida varias veces, establece pues, que bajo la acción del arco eléctrico la sílice es reducida por el carbón y proporciona el silicio.



Cuando la temperatura no es muy elevada, una parte del silicio escapa á la acción del carbono y puede volverse á encontrar bajo la forma de cristales ó de glóbulos fundidos.

Enfriando el vapor de silicio en el momento de su producción, este procedimiento podría ser aplicado á la preparación del silicio.

(*Comptes-rendus de l'Académie des Sciences.*)

## BIBLIOGRAFIA

DICTIONNAIRE D'ÉLECTRICITÉ par *Julien Lefèvre*, con una introducción por *M. E. Bouty*.—Paris, librería J. B. Bailliére et fils, 19 rue Hautefeuille.—Un vol. grande en 8.<sup>o</sup> á dos columnas de 1150 páginas, con 1250 figuras intercaladas en el texto.—Precio, 30 francos.

El *Diccionario de electricidad* de J. Lefèvre, presenta bajo una forma clara y concisa los más interesantes datos sobre la terminología eléctrica, así como la exposición de los conocimientos actuales sobre electricidad. El lector encontrará en él una exposición completa de los principios y métodos hoy en uso, así como la descripción de todas las aplicaciones de la electricidad, siendo en rigor la única obra de este género que está al corriente de los descubrimientos más recientes y que hace conocer los aparatos y las aplicaciones que se han llevado á cabo en estos últimos tiempos.

Bajo el punto de vista teórico, presenta como estudios nuevos, el de las ondulaciones electro magnéticas, el de las corrientes de alta frecuencia y la exposición del descubrimiento de los cuerpos giratorios y de las corrientes polifásicas. Bajo el punto de vista de las aplicaciones, esta nueva edición presenta las más recientes, relativas á la calefacción por la electricidad, á la tracción y á las locomotoras eléctricas, al alumbrado, al teatrofono, etc.

Las distintas materias están presentadas como una pequeña monografía, clara, concisa, lo más independiente posible de las demás y con gran lujo de datos. Además, el gran número de grabados bien ejecutados y bien elegidos, han de contribuir en gran parte al éxito de esta obra, lo mismo entre el público en general, que entre los especialistas á quienes les será más particularmente indispensable y á quienes lo recomendamos eficazmente.

LA CORNOIDE, por Alberto Sánchez.—San Salvador, 1895, 1 opúsculo.

En el presente opúsculo, el autor estudia en primer lugar una serie de curvas planas, para cuya representación analítica, sus ecuaciones referidas á un sistema de dos ejes coordenados son ya conocidas. Después, pasa al estudio de una curva encontrada por el autor y á la cual le ha dado el nombre de *Cornoide* por la forma que tiene muy parecida á un cuerno; describe el modo de trazarla, estudia sus propiedades, y finalmente deduce su ecuación, que resulta ser homogénea y de sexto grado.



Este trabajo demuestra los vastos conocimientos de geometría analítica que posee su autor, así como una laboriosidad que le honra y distingue.

DIE FABRICATION VON CALCIUM CARBID UND DIE ACETYLEN und seine Verwendbarkeit von Armin Teuner, in Schoeneberg.—Berlin, 1896, 1 folleto.

MENSAGE DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL URUGUAY al abrir las sesiones de la Asamblea en el tercer período de la XVIII Legislación.—Febrero 18 de 1896.—Montevideo.—1 folleto.

ELEVENTH ANNUAL REPORT of the Board of Gas and Electric Light Commissioners of the Commonwealth of Massachusetts.—Boston, January, 1896.—1 vol.

NOTES ON THE YEARS NAVAL PROGRES.—General Information Series, n.º XIV.—Navy Department, Office of Naval Intelligence.—Washington, 1895.—1 vol.

PROGRAMM DER WIRKSCHULE in Limbach in Sachsen.—Ostern, 1896. 1 folleto.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE.—Annuaire de 1896.—Paris, 1 vol.

## NOTICIAS

NUEVOS INGENIEROS.—Han obtenido el título de Ingeniero industrial en el corriente año 1896 los señores:

D. Victoriano Galí y Lalante, especialidad mecánica, 18 Enero.

D. Juan Soler y Soler, especialidad mecánica, 18 Enero.

D. Francisco Javier Compte y Aguadé, especialidad mecánica, 18 Enero.

Heriberto Puig y Font, especialidad química, 1.º de Febrero.

ALUMBRADO ELÉCTRICO.—El montaje de la instalación del alumbrado eléctrico en Tuy (Pontevedra), se sigue con toda actividad. En breve saldrán de la fábrica de porcelana de Valdemorillo unos 7000 aisladores de diversas clases y tamaños con destino á dicha instalación.

—La instalación del alumbrado eléctrico en Berja (Almería), se



está verificando con gran actividad por una empresa almeriense que se propone inaugurarle en breve.

—La Municipalidad de Santa Cruz de Tenerife ha anunciado la su-  
basta para el suministro del alumbrado eléctrico por 35 años.

—Se ha inaugurado oficialmente en el pueblo de Sabiñán la insta-  
lación de la luz eléctrica. A la ceremonia, asistieron conocidas perso-  
nalidades de la comarca, que acompañaron desde la iglesia al señor  
cura, encargado de la bendición de la fábrica.

—D. Manuel Jenaro de Villola, dice la acreditada revista *Industria  
é Invenções*, ha ultimado el contrato del material para la instalación  
del alumbrado en San Ildefonso con la Maquinaria Inglesa de Madrid,  
dirigiéndose á los particulares para obtener suscripción de lámparas  
á tipos muy baratos.

TRANSMISIÓN DE FUERZA.—Por iniciativa del Sr. Junquera, subdi-  
rector de la fábrica de Mieres, se instala un importante transporte de  
fuerza eléctrica para las obras del puerto del Musel que dará movi-  
miento á una hormigonera y dos compresores de aire.

SOCIEDADES ELÉCTRICAS.—Con objeto de dedicarse á la explotación  
de luz y fuerzas eléctricas, se ha constituido en Bilbao una sociedad  
anónima titulada *Electra de Bedia*. Su duración es de 20 años, y su  
capital de 320,000 pesetas, está representado por 1.280 acciones de 250  
pesetas cada una.

—El antiguo dueño de la fábrica de electricidad del alumbrado de  
Quintanar de la Orden (Toledo) D. Felix Bermejo, ha cedido todos sus  
derechos á una sociedad formada para continuar la explotación del  
negocio, bajo la razón social Bermejo y Carrión, que se propone dar  
gran actividad á los trabajos.

EXPOSICIÓN.—Tendrá lugar en Lugo (Galicia) del 26 Agosto al 10  
de Octubre d este año. El Ministro de Fomento ha concedido como  
auxilios 25.000 pesetas. Se admiten productos de toda España. El re-  
presentante oficial en Madrid del Comité, D. Aureliano J. Pereira,  
(Abades 3, principal) proporciona reglamentos y toda clase de detalles  
á quien lo solicite.

CONCURSO.—La Federación italiana de Sindicatos agrícolas ha anun-  
ciado un concurso en el que se adjudicará un premio de 1000 francos  
en oro á la mejor Memoria en la que se indique un medio eficaz, sencil-  
lo y poco costoso para descubrir las falsificaciones ó alteraciones de  
los superfosfatos de huesos por otros superfosfatos. Las memorias de-  
ben remitirse á la Dirección de la *Federación* antes del 31 de Agosto  
de este año.

BIEN DISPUESTO.—Dice *El Boletín Agrícola*:

«El Ministro de Hacienda de la vecina República, teniendo en cuen-  
ta los informes presentados por el Comité consultivo de Higiene acer-  
ca de los peligros que pueden presentar para la salud pública las cajas  
de conservas en cuyo cierre se haya empleado el plomo ó los compues-  
tos del mismo metal, ha dispuesto que por los empleados de Aduanas  
se impida la importación de dichas mercancías cuando se presenten en  
las condiciones indicadas, y que las que se presenten al despacho se  
pongan á disposición de los Tribunales de justicia.

La historia de este asunto es ya antigua. En 15 de Junio de 1895,  
el Ministro del Interior recordó á los prefectos de los distintos depar-  
tamentos las órdenes dictadas en 4 de Marzo de 1879, 31 de Mayo de  
1880 y 19 de Agosto de 1889, acerca de la prohibición de emplear los  
compuestos del plomo en la soldadura de las cajas de conservas, las



cuales, á su vez, habían de fabricarse con hoja de lata, obtenida con estaño fino.

Los motivos que ahora se invocan para reproducir aquellas disposiciones y para darles mayor eficacia, son muy dignos de aplauso, como todos los que en cuestiones de salubridad se fundan. Nada hemos de objetar, por lo tanto, respecto al fondo del asunto; pero como no es la primera vez que por medios indirectos se trata de entorpecer la importación en Francia de mercancías españolas, damos la voz de alerta á los fabricantes de conservas, por si el tiro fuera dirigido á ellos, y especialmente á los que se dedican á exportar sardinas en conserva, cuyos industriales pueden verse en más de un apuro en las Aduanas fronterizas si no cumplen al pie de la letra la orden del Ministro de Hacienda.

Creemos que, en justa reciprocidad, debía el Gobierno español dictar disposiciones análogas, evitando de este modo que se importen en nuestro país las conservas francesas en cuyas latas se hayan empleado los compuestos del plomo, tan perjudiciales para la salud, según el Comité de la Higiene de Francia.

Asunto es este que, aun cuando pequeño en apariencia, merece estudiarse con detenimiento para evitar nuevas dificultades á la industria del país.»

EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DEL RAMIO.—Recientemente se ha inventado en Singapoore un nuevo procedimiento para la extracción de la fibra del ramio por medios químicos y el calor.

Según la *La Revue Scientifique*, la planta se desprende de su corteza sumergida en una mezcla en que se la deja hervir durante cuarenta minutos, poco más ó menos; entonces da una masa de fibras que aparece enteramente desprovista de goma y de otras sustancias dañosas, y que después de un simple lavado con agua fría y después de seca durante algunas horas al sol, puede prensarse para hilarse.

REVISTA IMPORTANTE.—El profesor Herm. Giessler de Stuttgart, está á punto de publicar el primer número del *Organo oficial de la Asociación Internacional para el ensayo de los materiales* bajo el título *Baumaterialienkunde*.

Los artículos se publicarán en alemán, inglés, francés é italiano, prestando al efecto su concurso los sabios y prácticos más conocidos del mundo civilizado.

Esta *Revista* en su *parte oficial* viene indicada para los Laboratorios de ensayo de materiales y para los servicios técnicos de las ciudades, gobiernos, grandes administraciones, (ferrocarriles, etc.) para los talleres de construcción, fundiciones, altos hornos y fábricas de cemento.

En su *parte práctica* será de suma utilidad para todos aquellos que emplean y fabrican los materiales de construcción.

Esta *Revista* será la única que publicará (según contrata) las *memorias de la Asociación de los trabajos* de las diferentes *secciones*, así como de los *trabajos científicos de los miembros* de la Asociación Internacional.

El *precio de suscripción* para los países de la Unión postal será de 18 fcs. 75 cents.; para los miembros de la Asociación Internacional 12 francos 50 cént.

La Administración de esta *Revista* la tienen los Sres. Staehle & Friedel, Tubingerstrasse, 53-57, Stuttgart (Alemania).

CONCURSO DE SECADERAS AUTOMÁTICAS PARA EL ARROZ.—La Cámara Agrícola de Tortosa, secundada por los Sindicatos arroceros de



aquella comarca y por la Real Compañía de Canalización y Riegos del Ebro, abre un concurso público que se sujetará á las bases que á continuación copiamos:

«Artículo 1.º El concurso de secaderas tendrá lugar en la segunda quincena del mes de Septiembre del corriente año, en la villa de Amposta.

Art. 2.º Al concurso podrán concurrir todas las casas constructoras de aparatos agrícolas, tanto nacionales como extranjeras.

Art. 3.º Para coadyuvar á los gastos que los constructores puedan tener, se concederán dos premios: el 1.º de 1.500 pesetas, y el 2.º de 700 pesetas.

Art. 4.º El primer premio se concederá al secadero automático que, reuniendo los requisitos necesarios, tales como el de desecar convenientemente el grano sin descascarillarlo ni quitarle su facultad germinadora, sea lo más económico posible, á fin de que los pequeños propietarios ó cultivadores puedan adquirirlo, de buena construcción, manejo sencillo, que efectúe un trabajo no inferior á diez hectolitros por hora, y que su precio no exceda de *quinientas* pesetas. Asimismo, el coste de mano de obra y demás que requiere la operación de secar el arroz por medio del aparato, no deberá ser superior á 3,65 pesetas por cada diez hectolitros, actuando un día completo.

Art. 5.º El segundo premio se concederá al aparato que, reuniendo las mismas condiciones que el anterior, sirva para los grandes propietarios, con la diferencia de que para éste no se fija cantidad de trabajo ni precio.

Art. 6.º Los gastos, tanto de transporte como de funcionamiento de los aparatos, correrán á cargo de los expositores.

Art. 7.º Los premios se distribuirán en el local de la Cámara Agrícola, con asistencia de los representantes de los Sindicatos arroceros y Real Compañía de Canalización y Riegos del Ebro.

Art. 8.º Se nombrará un Jurado calificador compuesto de personas competentes, tanto en teoría como en prácticas.

Art. 9.º Cualesquiera que sean las calificaciones del Jurado, los expositores no tendrán derecho á reclamación de ninguna especie.

Para más detalles, podrán dirigirse á la Secretaría de esta Cámara Agrícola.»