



Fundamentos del principio de relatividad

El enorme movimiento de curiosidad que en todos los espíritus cultos ha despertado en estos últimos tiempos el llamado principio de relatividad por las consecuencias imprevistas y en ocasiones opuestas, al parecer, con lo que entendemos como sentido común, ha dado lugar a que la mayoría, por no decir todas, las publicaciones científicas y técnicas del mundo entero consagrasen numerosos estudios y memorias para exponer el referido principio y analizar las diversas cuestiones que del mismo se derivan.

La Revista de nuestra Asociación tenía en ello un vacío que llenar, tanto más, cuanto por la exposición fragmentaria e incompleta de trabajos aparecidos en otras publicaciones como por su forma excesivamente vulgar en unos casos y, por lo tanto, científicamente poco demostrativa, o por remontarse en otros a abstracciones a las que los técnicos, en general, no están habituados, reina entre muchos de ellos cierta desorientación en las ideas que, por otra parte, pueden perfectamente encauzarse no utilizando para ello más utillaje matemático que el que se adquiere en los cursos de nuestras Escuelas. A este fin responde el presente trabajo.

1. Imposibilidad cinemática de definir el movimiento absoluto.—Cuando al empezar el estudio de la Cinemática se habla de los sistemas de referencia o sistemas coordinados y se define el movimiento absoluto de un sistema material como el que dicho sistema posee respecto a ejes coordinados fijos, inmediatamente se pone de relieve el carácter convencional de esta definición al observar que, para poder decidir si los ejes coordinados a los cuales referimos las diversas posiciones o configuraciones del sistema material está realmente fijo, sería preciso referirlo a su vez a otro sistema coordinado, éste a otro y así sucesivamente. Así, ya se conviene en que los movimientos que cabrá observar y estudiar en realidad serán siempre relativos, pero luego, con una falta de lógica manifiesta, se vuelve a tomar en consideración el movimiento absoluto por estimarse sus leyes como más sencillas. Además, referente a los ejes coordinados, se sienta la hipótesis de que son indeformables, pero bajo el punto de vista absoluto el concepto de indeformabilidad presenta las mismas

dificultades que hemos señalado en cuanto a la definición del movimiento absoluto.

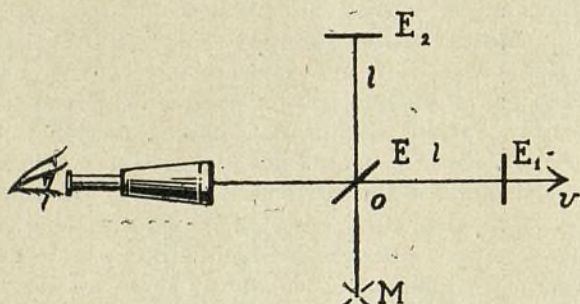
2. Medición del tiempo.—Para medir el tiempo será necesario que podamos establecer una unidad o patrón, del mismo modo que en geometría métrica debemos definir una unidad de longitud.

Ahora bien, consideremos un sistema material que animado de un cierto movimiento y partiendo de una cierta configuración vuelve en otra época a tener la misma configuración primitiva; si este sistema está infinitamente alejado de todos los demás sistemas materiales para que la influencia de estos sea nula y, por lo tanto, no tengamos que preocuparnos de las modificaciones que puedan sufrir sus configuraciones propias o relativas, según el principio de causalidad, el sistema considerado seguirá evolucionando de tal modo que se sucederán sus configuraciones según el mismo orden en que se sucedieron entre las dos épocas para las cuales hemos comprobado una misma configuración. Este sistema constituirá un reloj, es decir, un aparato que nos permitirá medir el tiempo conviniendo, por definición, que entre dos configuraciones iguales media la unidad de tiempo. Tal ocurre, por ejemplo, con un péndulo y la Tierra si consideramos bajo el punto de vista práctico como infinitamente alejados todos los demás cuerpos celestes.

Obsérvese que para definir la unidad de tiempo, hemos tenido que introducir la noción geométrica de configuración de un sistema material, lo cual nos pone de manifiesto que, si bien por abstracción estamos habituados a desligar las nociones de espacio y tiempo del mismo modo que en geometría, por abstracción consideramos superficies o líneas, es decir, cuerpos desprovistos de una o dos dimensiones, en el fondo espacio y tiempo son nociones íntimamente ligadas e inseparables de tal modo que la medida del tiempo vendrá condicionada por el modo como nosotros procedamos para hacer las mediciones que nos permiten establecer la configuración de un sistema material. Este enlace indestructible entre el tiempo y el espacio es precisamente uno de los puntos capitales de la nueva teoría y si bien llegamos a él sin necesidad de recurrir a hechos nuevos era necesario formularlo de un modo explícito para desvanecer desde luego una

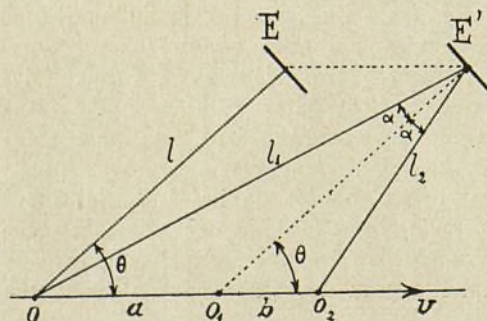
de las ideas equivocadas que se encuentran entre los conceptos clásicos.

3. Ensayos físicos para definir el movimiento absoluto.—La imposibilidad cinemática de la definición del movimiento absoluto, durante mucho tiempo se consideró físicamente resuelta tomando como sistema de referencia al éter luminoso; pero, en verdad, se trataba más bien de una solución hipotética que no real pues faltaba estudiar algún fenómeno en el que se manifestase de un modo evidente el referido movimiento. A este fin, en 1881 el físico americano Michelson imaginó y realizó la siguiente experiencia que debía permitir la determinación del movimiento absoluto de la Tierra o sea, según lo indicado, su movimiento respecto al éter.



Un rayo luminoso que parte del punto M incide sobre el espejo semi plateado E que pasando por o forma un ángulo de 45° con la dirección Mo; el rayo luminoso parcialmente es reflejado y dirigido sobre el espejo E₁ normal a dicho rayo reflejado y parcialmente atraviesa el espejo E para incidir normalmente sobre el espejo E₂; los espejos E₁, E₂ reflejan a su vez los rayos que sobre ellos inciden para venir a reunirse estos nuevamente en el punto o; de este punto, el rayo E₁ o directamente y el E₂ o por reflexión se reúnen en el anteojo A para ser observados. El aparato, que puede girar al rededor de un eje que se proyecta en o se orienta primero de tal modo que o E₁ esté dirigida según el supuesto movimiento de la Tierra y luego se hace girar el aparato de 90° . Vamos a exponer la teoría de esta experiencia para deducir lo que debería observarse.

Consideremos de un modo general un punto o arrastrado por la Tierra con una velocidad v y del cual parte una señal luminosa que irá a incidir sobre el espejo E invariablemente unido con o, formando o E un ángulo θ con la dirección de v y siendo el espejo E normal a o E.



Si el punto o y el espejo E estuviesen fijos, la dirección del rayo luminoso que partiendo de o y reflejándose en E debiera volver a ser observado por o sería evidentemente o E; pero si el punto o y junto con él el espejo se mueven, la señal luminosa que ha de reflejarse en el espejo deberá partir de o según una dirección l₁ tal que vaya a encontrar al espejo en la posición E' que habrá alcanzado durante el tiempo que ha invertido el rayo luminoso en su propagación. El rayo luminoso será reflejado por E' y encontrará a o v en el punto o₂ que será la posición que ocupará el punto o en este instante, que podrá observar, por lo tanto, el rayo luminoso que de él partió. En efecto: si o₁ es la posición que ocupa el observador o cuando el espejo se encuentra en E', o₁ E' será paralela a o E y, por lo tanto, será normal a E'; así pues, el rayo luminoso incidente o E' y el reflejado E' o₂ formarán el mismo ángulo α con o₁ E' de lo cual se deduce

$$\frac{a}{b} = \frac{l_1}{l_2} \quad (1)$$

Designemos, ahora, por t₁ el tiempo que invierte el rayo luminoso de velocidad c en recorrer l₁, que será el mismo que invertirá o en pasar a o₁, por t₂ el tiempo que invierte el rayo luminoso en recorrer l₂ y t₃ el que invertirá o en pasar de o₁ a o₂ con su velocidad v. Se tendrá

$$\begin{aligned} l_1 &= ct_1, \quad l_2 = ct_2 \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{l_1}{l_2} &= \frac{t_1}{t_2} \\ a &= vt_1, \quad b = vt_3 \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{a}{b} &= \frac{t_1}{t_3} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

y en virtud de (1)

$$\frac{t_1}{t_3} = \frac{t_1}{t_2}$$

por lo tanto

$$t_3 = t_2$$

de modo que, en efecto, en o₂ se encontrarán simultáneamente el observador o y el rayo luminoso reflejado por E'.

Calculemos ahora t₁ + t₂. De la figura se deduce

$$\begin{aligned} l_1^2 &= l^2 + a^2 + 2al \cos \theta \\ l_2^2 &= l^2 + b^2 - 2bl \cos \theta \end{aligned}$$

y substituyendo a, b, l₁, l₂, por sus valores

$$\begin{aligned} c^2 t_1^2 &= l^2 + v^2 t_1^2 + 2vl t_1 \cos \theta \\ c^2 t_2^2 &= l^2 + v^2 t_2^2 - 2vl t_2 \cos \theta \end{aligned}$$

o bien

$$\begin{aligned} t_1^2 - \frac{2vl \cos \theta}{c^2 - v^2} t_1 - \frac{l^2}{c^2 - v^2} &= 0 \\ t_2^2 + \frac{2vl \cos \theta}{c^2 - v^2} t_2 - \frac{l^2}{c^2 - v^2} &= 0 \end{aligned}$$

de donde

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= \frac{vl \cos \theta + \sqrt{v^2 l^2 \cos^2 \theta + l^2 (c^2 - v^2)}}{c^2 - v^2} \\ t_2 &= \frac{-vl \cos \theta + \sqrt{v^2 l^2 \cos^2 \theta + l^2 (c^2 - v^2)}}{c^2 - v^2} \end{aligned} \right\} t_1 + t_2 = \frac{2l \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta}}{c^2 - v^2}$$

De aquí se deduce, por de pronto, que la velocidad de propagación *aparente* del rayo luminoso, según la dirección θ para un observador *que tuviese la impresión de estar fijo* sería:

$$c_1 = \frac{2l}{t_1 + t_2} = \frac{c^2 - v^2}{\sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta}}$$

pues para el observador que ignora su movimiento el camino de ida y vuelta del rayo luminoso será el duplo de la distancia l que le separa del espejo. Como el valor c_1 es distinto del valor c , velocidad propia del rayo luminoso en el éter, en este hecho, midiendo c_1 tendríamos ya un resultado experimental que pondría en evidencia el movimiento absoluto del observador o , si se quiere, de la Tierra. Pero volvamos a la experiencia de Michelson que es mucho más sensible que una medición de velocidades.

El camino óptico total del rayo luminoso que partiendo de o vuelve a ser observado por o en o_2 es $l_1 + l_2$ o sea

$$c t_1 + c t_2 = c(t_1 + t_2) = \frac{2lc \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta}}{c^2 - v^2}$$

Apliquemos, ahora, esta fórmula al rayo luminoso que en el aparato de Michelson parte de o es reflejado en E_1 y vuelve a o cuando $o E_1$ está orientado en el sentido del movimiento de la Tierra. Se tendrá:

$$\sin \theta = 0 \quad \dots \quad c(t_1 + t_2) = \frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

y para el rayo luminoso que parte de o se refleja en E_2 y vuelve a o

$$\sin \theta = 1 \quad \dots \quad c(t_1 + t_2) = \frac{2l'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

de modo que entre los dos rayos luminosos al volverse a encontrar en o existirá una diferencia de camino óptico igual a

$$\delta_1 = \frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{2l'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

valor que, en general, no será nulo a menos que diéramos a l y l' valores particulares especiales para que así fuese. Esta diferencia de camino óptico dará lugar, por lo tanto, a franjas de interferencia.

Si luego hacemos girar al aparato de 90° , para el rayo luminoso que parte en la dirección $o E_1$ el $\sin \theta$ será 1 y nulo para el rayo luminoso que sigue el camino $o E_2$ con lo cual la diferencia de caminos ópticos tomará el valor siguiente

$$\delta_2 = \frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{2l'}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

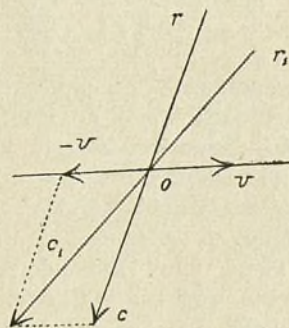
y se formarán otras franjas. Si δ_1 fuese igual a δ_2 , evidentemente las nuevas franjas ocuparían la misma posición que las primeras respecto al aparato, pero

$$\delta_1 - \delta_2 = 2(l + l') \left[\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right]$$

por lo tanto entre las dos orientaciones del aparato debería observarse un desplazamiento de las franjas. Ahora bien, *la experiencia ha demostrado que este desplazamiento de franjas previsto como consecuencia del movimiento de la Tierra respecto al éter no se produce.*

¿Qué explicación puede darse de este resultado negativo? De momento cabe imaginar que la Tierra, debido a su campo gravitatorio o a otras causas, crea una atmósfera de éter más o menos condensado a la que arrastra en su movimiento con lo cual la velocidad v de la Tierra respecto a la región del éter en que se propaga el rayo luminoso de la experiencia de Michelson sería nula anulando con ello la diferencia $\delta_1 - \delta_2$. Según esta hipótesis sería posible obtener algún resultado positivo si fuese posible realizar la experiencia de tal modo que el rayo luminoso saliera fuera de la atmósfera de éter arrastrada por la Tierra. Pero vamos a ver que tal hipótesis, según la cual la atmósfera de éter condensado por la Tierra arrastraría consigo y como en bloque a todo el rayo luminoso que en ella se propagase, está en pugna con el fenómeno de la aberración.

Recordemos en qué consiste este fenómeno.



Un observador o animado de la velocidad v de la Tierra quiere observar una estrella que manda sus rayos luminosos según la dirección r con la velocidad c ; para ello deberá dirigir el eje óptico del antejo, o el de sus ojos, en el sentido del movimiento relativo del rayo luminoso respecto a la Tierra que se encontrará componiendo c con $-v$ y obtendrá c_1 que le dará la dirección r_1 en el sentido de la cual verá a la estrella. Si el sentido del movimiento de la Tierra respecto al éter fuese siempre el mismo, naturalmente que no nos hubiéramos dado nunca cuenta de este fenómeno por no poder comparar la dirección según la cual vemos una estrella con la dirección según la cual la veríamos en el caso de permanecer en reposo; pero como en el movimiento de traslación de la Tierra

al rededor del Sol (la componente procedente de la rotación es insignificante) v , velocidad absoluta que desconocemos y que no debe confundirse con la de traslación respecto al Sol, cambia de sentido, por cambiar así la componente de la referida traslación, el fenómeno de la aberración se nos ha de manifestar por un cambio de posición aparente de la estrella en el curso de un año, es decir, que dicho fenómeno, se revela por las diversas orientaciones que toma r_1 permaneciendo para nosotros ignorada la dirección r .

Si la tierra estuviese rodeada de una atmósfera de éter arrastrada por ella, al penetrar un rayo luminoso en dicha atmósfera y participar de su movimiento, tal como hemos de suponer para explicar el resultado negativo de la experiencia de Michelson, obtendríamos la dirección efectiva del rayo luminoso en el espacio componiendo c con v y para obtener luego la dirección relativa respecto al observador o deberíamos componer la resultante así obtenida con $-v$ con lo cual volveríamos a obtener c y el fenómeno de la aberración no existiría. Ahora bien, *el fenómeno de la aberración existe y se observa perfectamente* ya que su valor es de $20'',47$, por lo tanto la hipótesis que hemos emitido para explicar el resultado negativo de la experiencia de Michelson debe desecharse.

4. **Principio de relatividad.**—Lorentz explicó dicho resultado suponiendo que los cuerpos se contraen en el sentido del movimiento según el factor $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Si así se supone se tendrá

$$\delta_1 = \delta_2 = \frac{2(l-l')}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

de modo que anulándose la diferencia $\delta_1 - \delta_2$ no se produciría el corrimiento de las franjas de interferencia. Pero como no sólo la experiencia de Michelson si no también todas las demás que se han imaginado de carácter óptico o electromagnético para poner en evidencia el movimiento absoluto de la Tierra han conducido al mismo fracaso, ha parecido que la explicación fundamental de estos resultados debe encontrarse en el principio al cual ya habíamos llegado por consideraciones cinemáticas antes de adherirnos a la idea de que el éter pudiera ser un sistema de referencia fijo, o sea en el principio que establece la imposibilidad de considerar movimientos absolutos.

Este principio, debido a Einstein, en su forma menos abstracta, puede enunciarse como sigue:

Todos los sistemas de referencia son equivalentes bajo el punto de vista de la expresión de las leyes de la naturaleza.

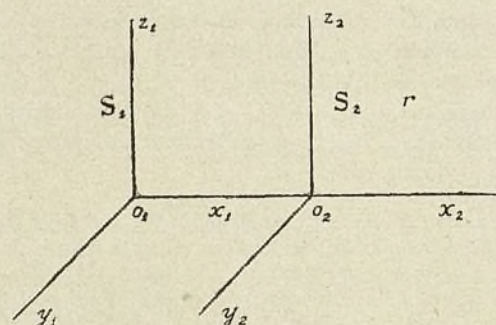
5. Fórmulas de transformación de Lorentz.

—Si nosotros tomamos el principio con toda su generalidad se presentan en su desarrollo dificultades que más adelante expondremos y que justifican un primer estudio considerando sistemas de referencia animados los unos respecto a los otros

de movimientos de traslación uniforme. En este caso se dice que el principio de relatividad tiene la forma restringida, pero aún así su campo de aplicación es vastísimo.

Según este principio, si tenemos dos sistemas de referencia S_1, S_2 animado el uno respecto al otro de un movimiento de traslación uniforme, la misma ley deberá encontrar para la propagación de un rayo luminoso un observador invariablemente unido con el sistema S_1 que un observador invariablemente unido con el sistema S_2 . En particular deberá encontrar la misma velocidad de propagación.

Para fijar las ideas y sin que esto quite generalidad a las consecuencias del razonamiento, su-



pondremos que el movimiento de S_2 respecto S_1 se efectúa coincidiendo el eje x_2 con el eje x_1 ; además, los ejes z_2, y_2 los tomaremos respectivamente en el mismo sentido que z_1, y_1 .

La propagación de un rayo luminoso en el vacío viene regida por la ecuación de D'Alembert

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0 \quad (2)$$

expresión en la cual φ , según la teoría elástica, es una función de x, y, z, t que representa una cualquiera de las tres componentes del desplazamiento del punto de coordenadas x, y, z en su movimiento vibratorio y c la velocidad de propagación de las ondas; t es el tiempo. Ahora bien, en este caso, podemos decir que el principio de relatividad matemáticamente se traducirá como sigue: la ecuación (2) tanto quedará satisfecha para las coordenadas x_1, y_1, z_1 y el tiempo t_1 que respecto un punto cualquiera p mide un observador que lo refiere todo al sistema S_1 como para las coordenadas x_2, y_2, z_2 y el tiempo t_2 que mide un observador que lo refiere todo al sistema S_2 . De aquí se plantea el problema de determinar las relaciones que deben existir entre x_1, y_1, z_1, t_1 y x_2, y_2, z_2, t_2 para poder pasar del sistema S_1 al sistema S_2 e inversamente. Según lo expuesto, estas relaciones de transformación deberán dejar invariante a la ecuación (2).

Para no complicar la cuestión innecesariamente, podremos admitir, sin perjuicio de rectificar si no se llega al resultado apetecido, que las coordenadas y y z no se alteran por el movimiento de traslación paralelo al eje x , es decir, que

$$y_2 = y_1, \quad z_2 = z_1;$$

además, que x_2, t_2 son independientes de y_1, z_1 y también que a

$$\begin{aligned} x_1 &= y_1 = z_1 = t_1 = 0 \\ \text{corresponde} \quad x_2 &= y_2 = z_2 = t_2 = 0. \end{aligned}$$

Así, pues, escribiremos

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= a x_1 + b t_1 \\ y_2 &= y_1 \\ z_2 &= z_1 \\ t_2 &= \alpha x_1 + \beta t_1 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

siendo a, b, α, β coeficientes a determinar.

Calculando las derivadas de φ tendremos

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\varphi}{dx_1} &= \frac{d\varphi}{dx_2} a + \frac{d\varphi}{dt_2} \alpha, & \frac{d^2\varphi}{dx_1^2} &= \frac{d^2\varphi}{dx_2^2} a^2 + 2 \frac{d^2\varphi}{dx_2 dt_2} a \alpha + \frac{d^2\varphi}{dt_2^2} \alpha^2 \\ \frac{d\varphi}{dt_1} &= \frac{d\varphi}{dx_2} b + \frac{d\varphi}{dt_2} \beta, & \frac{d^2\varphi}{dt_1^2} &= \frac{d^2\varphi}{dx_2^2} b^2 + 2 \frac{d^2\varphi}{dx_2 dt_2} b \beta + \frac{d^2\varphi}{dt_2^2} \beta^2 \\ \frac{d^2\varphi}{dy_1^2} &= \frac{d^2\varphi}{dy_2^2}, & \frac{d^2\varphi}{dr_1^2} &= \frac{d^2\varphi}{dr_2^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Como las derivadas respecto las y y las z ya son invariantes, la invariancia de la ecuación (2) la podremos expresar como sigue

$$\frac{d^2\varphi}{dx_1^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2\varphi}{dt_1^2} = \frac{d^2\varphi}{dx_2^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2\varphi}{dt_2^2}$$

de donde se deduce en virtud de (4)

$$\left. \begin{aligned} a^2 - \frac{b^2}{c^2} &= 1 \\ a \alpha - \frac{b\beta}{c^2} &= 0 \\ a^2 - \frac{\beta^2}{c^2} &= -\frac{1}{c^2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Además, como el punto o_2 está animado respecto o_1 de una velocidad v dirigida según el eje de las x_1 , al hacer $x_2 = y_2 = z_2 = 0$ en el sistema (3) se deberá verificar:

$$x_1 = v t_1,$$

pero como lo que de dicho sistema se obtiene es:

$$x_1 = -\frac{b}{a} t_1,$$

tendremos:

$$b = -a v.$$

Esta ecuación unida al sistema (5) nos proporciona un sistema de cuatro ecuaciones del que deduciremos los siguientes valores para los coeficientes a, b, α, β :

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & b &= -\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ \alpha &= -\frac{\frac{v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & \beta &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

Por lo tanto las fórmulas de transformación serán

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= \frac{x_1 - v t_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & y_2 &= y_1, & z_2 &= z_1, & t_2 &= \frac{t_1 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ x_1 &= \frac{x_2 + v t_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & y_1 &= y_2, & z_1 &= z_2, & t_1 &= \frac{t_2 + \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Estas fórmulas fueron obtenidas por Lorentz, antes de ser enunciado el principio de relatividad,

como consecuencia de sus estudios acerca la dinámica del electrón.

Una primera consecuencia importante de estas fórmulas es que las coordenadas y el tiempo vienen ligadas en la transformación de tal modo que el tiempo t_2 que medirá el observador arrastrado por S_2 no será el mismo que medirá el observador ligado a S_1 como se admite en Mecánica clásica. Según la Mecánica clásica, en la que el tiempo se supone independientemente del movimiento del sistema de referencia y del punto en que se efectúa la observación, las fórmulas de transformación hubieran sido

$$x_1 = x_2 + v t_2, \quad y_1 = y_2, \quad z_1 = z_2, \quad t_1 = t_2; \quad (7)$$

pero inmediatamente se verifica que estas fórmulas no dejan invariante la ecuación de D'Alembert y, por lo tanto, de ser ciertas nos conducirían a la conclusión de que las leyes de propagación de la luz no son las mismas para el sistema S_1 que para el sistema S_2 . Sin embargo, estas fórmulas se emplean corrientemente en los estudios de mecánica sin que nos conduzcan a resultados manifiestamente falsos.

La razón es bien sencilla: c vale $300.000 \frac{\text{km}}{\text{seg.}}$ y en

cambio v aun en un proyectil y en casos extremos todo lo más es del orden de $1 \frac{\text{km.}}{\text{seg.}}$ de modo que $\frac{v}{c}$

es una cantidad tan pequeña que con aproximación suficiente en la mayoría de los casos podemos tomarla como nula transformándose con ello las ecuaciones (6) en las ecuaciones (7). No ocurre lo mismo con el movimiento de un electrón que alcanza velocidades comparables a la de la luz y ya de tiempo las experiencias de Kaufmann habían revelado una discrepancia manifiesta entre la trayectoria descrita por un electrón sometido a la acción simultánea de dos campos uno eléctrico y otro magnético y la trayectoria que teóricamente se obtiene al aplicar al estudio de su movimiento las fórmulas de la Mecánica clásica.

Pasemos ahora a considerar las ecuaciones del campo electromagnético.

Si en las ecuaciones de Maxwell introducimos el potencial escalar $-\varphi$ del campo eléctrico y el potencial vector $-f$ del campo magnético dichas ecuaciones nos conducen a las siguientes

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= \rho \quad \rho \dots \text{densidad de carga} \\ \frac{d^2f}{dx^2} + \frac{d^2f}{dy^2} + \frac{d^2f}{dz^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2f}{dt^2} &= j \quad j \dots \text{densidad de corriente} \end{aligned} \right\}$$

Comparando estas ecuaciones con la ecuación de D'Alembert vemos que son invariantes para la transformación de Lorentz, resultando, por lo tanto, que las leyes de los fenómenos electro-magnéticos serán las mismas para el sistema S_1 y el sistema S_2 conforme con el principio de relatividad. Es de observar que tanto la ecuación de D'Alembert como las de Maxwell son de épocas en que ni remotamente se pensaba en el principio al cual satisfacen.

Prosiguiendo en el análisis de las ecuaciones de Lorentz, podemos observar que si bien la invariancia de la ecuación de D'Alembert ya nos indica que la velocidad de propagación de la luz será la misma para el observador del sistema S_1 y el observador del sistema S_2 , podemos obtener una verificación elemental deducida de las ecuaciones (6). En efecto: si desde el sistema S_1 mandamos una señal luminosa según la dirección x_1 , el frente de la onda tendrá una coordenada x_1 dada por la siguiente ecuación

$$x_1 = ct_1.$$

Substituyendo este valor en las ecuaciones (6) tendremos:

$$x_2 = \frac{(c-v)t_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \quad t_2 = \frac{t_1(1-\frac{v}{c})}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\frac{c-v}{c}t_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

de donde

$$x_2 = ct_2.$$

Por lo tanto la velocidad de propagación para el sistema S_2 resulta la misma c que para el sistema S_1 .

Este resultado verdaderamente ha de sorprender a todos aquellos que sin meditar acerca el sentido profundo que tiene el principio de relatividad llevan fuertemente arraigadas en su espíritu las ideas de la Mecánica clásica ya que según ésta la velocidad de propagación para el sistema S_2 debiera ser $c-v$, como se deduce de las ecuaciones (7).

La diferencia procede de que, según la Mecánica clásica, el movimiento del sistema de referencia no influye en las reglas y relojes que nos sirven para medir las distancias y el tiempo y según el principio de relatividad el movimiento del sistema modifica reglas y relojes según vamos a ver.

6. **Contracción longitudinal.**—Consideremos en un instante t_1 referido al sistema S_1 una regla situada sobre el eje x_2 del sistema S_2 ; si los extremos de esta regla tienen respecto S_2 las coordenadas

x_2, x'_2 y respecto S_1 las coordenadas x_1, x'_1 , de la primera ecuación (6) se deduce

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_2 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} + vt_1 \\ x'_1 &= x'_2 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} + vt_1 \end{aligned} \right\} x'_1 - x_1 = (x'_2 - x_2) \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Como la longitud de la regla respecto S_2 es $(x'_2 - x_2)$ y respecto S_1 es $(x'_1 - x_1)$, vemos que dicha regla para el observador unido al sistema fijo S_1 habrá experimentado una contracción según

el factor $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ es decir que, si para S_2 es de un metro, para S_1 será una fracción $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ de me-

tro. Encontramos aquí la contracción por medio de la cual Lorentz explicaba el resultado de la experiencia de Michelson.

Las fórmulas de Lorentz nos indican, además, que la velocidad de la luz es una velocidad límite pues para velocidades mayores el radical que en ellas figura se hace imaginario dejando de tener significación física la transformación.

Para fijar las ideas supongamos, por ejemplo, que la velocidad relativa de S_2 respecto S_1 fuese de 260.000 kilómetros por segundo: para los observadores situados sobre S_1 todos los cuerpos situados en S_2 experimentarían en el sentido de x_2 una contracción de $1/2$ de modo que a una persona colocada de pie en el sentido $o_2 x_2$ se le encontraría la estatura normal, pero en cambio se la vería muy delgada y a todo aquel que se estirase en el sentido $o_2 x_2$ se le vería reducido a la mitad de su estatura. El mundo S_2 adquiriría para los seres situados en S_1 un aspecto notablemente grotesco. Obsérvese que lo propio ocurriría a los seres de S_1 al ser observados por los de S_2 .

Ahora bien: ¿esta contracción es real? Todo es cuestión de convenio. Si para los observadores de un sistema la realidad consiste en el resultado de sus mediciones, la contracción de un cuerpo que se mueve respecto al observador deberá considerarse como un fenómeno real; pero si entendemos que para conocer las dimensiones de un cuerpo que se mueve respecto a nosotros debemos unir a él otro observador al que encargaremos que nos comunique el resultado de sus medidas y a estas les damos el valor de la realidad, la contracción será un fenómeno aparente. Cada cual es libre de adoptar el criterio que más le plazca, pero entendiendo bien que es puramente convencional y no materia que se preste a discusión para decidir entre uno de los dos criterios.

7. **Amortiguamiento en la marcha de los relojes.**—Veamos ahora la modificación que experimentan los relojes recordando, además, que para nosotros un reloj tiene la significación general que indicamos en un principio. Para ello consideremos un reloj invariablemente unido al sistema S_2 y situado

en el punto de abscisa x_2 ; en dos instantes distintos el observador de S_2 leerá los tiempos t_2, t'_2 y el observador de S_1 , o mejor dicho, dos observadores convenientemente situados en S_1 , pues S_1 se mueve respecto S_2 , leerán sobre el mismo reloj los tiempos t_1, t'_1 ; según la última ecuación (6) tendremos

$$t_1 = \frac{t_2 + \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad t'_1 = \frac{t'_2 - \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

de donde

$$t'_1 - t_1 = \frac{t'_2 - t_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Para el observador de S_2 el intervalo de tiempo es $(t'_2 - t_2)$ y para el observador de S_1 es $(t'_1 - t_1)$, por lo tanto, para el observador de S_1 el reloj arrastrado por S_2 experimenta un amortiguamiento en su marcha según el factor $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Si S_2 tuviese

respecto S_1 una velocidad igual a c , para el observador de S_1 , el reloj de S_2 permanecería parado y, recordando la definición que en un principio dimos de un reloj, vemos que de un modo general todos los sistemas de S_2 para S_1 tendrían movimientos internos nulos. En particular, para S_1 un ser viviente arrastrado por S_2 debe evolucionar, es decir, debe envejecer más lentamente y si $v=c$ su vida debe quedar estacionaria. Para los observadores de S_2 ocurrirá naturalmente lo mismo respecto un sistema material situado en S_1 . La mala interpretación de este resultado ha conducido a conclusiones verdaderamente pintorescas, pero obsérvese para evitar de caer en ellas que para los seres situados en cada sistema la vida continuará evolucionando de un modo independiente de su movimiento conforme precisamente al principio de relatividad y que los resultados paradójicos no aparecen más que cuando queremos comparar las mediciones de espacio y tiempo efectuadas en sistemas distintos.

8. Tiempo local.—De las ecuaciones de Lorentz se deriva también la noción de tiempo local en los diversos puntos de un sistema. Consideremos en el sistema S_2 dos puntos de abscisas x_2, x'_2 en los que los relojes respectivos marcan la misma hora para todo observador perteneciente a dicho sistema, es decir, que suponemos los relojes perfectos y acordados simultáneamente en el punto x_2 y trasladado luego uno de ellos con velocidad suficientemente pequeña, para no influir en su marcha al punto x'_2 . ¿Marcarán estos relojes la misma hora para los observadores del sistema S_1 ? Vamos a ver que no.

En efecto: representando por t_1 la hora del reloj de x_2 respecto S_1 y por t'_1 la hora del reloj de x'_2 respecto el mismo sistema, se tendrá

$$t_1 = \frac{t_2 + \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad t'_1 = \frac{t_2 + \frac{v}{c^2} x'_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

de donde

$$t'_1 - t_1 = \frac{\frac{v}{c^2} (x'_2 - x_2)}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Así pues, cada punto del sistema S_2 tendrá su hora local respecto al sistema S_1 . Para los observadores del sistema S_2 no existirá, naturalmente, medio de comprobar diferencia alguna.

9. Composición de velocidades.—De la transformación de Lorentz se deduce una ecuación referente a la composición de velocidades que coincide, dentro de los errores de observación, con la fórmula de Fresnel comprobada experimentalmente por Fizeau a mediados del siglo pasado referente a la velocidad de propagación de la luz en un fluido cuando éste está animado respecto al observador de una cierta velocidad.

Supongamos que un móvil tiene respecto S_2 una velocidad

$$v_2 = \frac{dx_2}{dt_2}$$

paralela al eje de las x_2 ; su velocidad respecto al sistema S_1 será

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt_1}$$

Como la velocidad de S_2 respecto S_1 es v , la Mecánica clásica nos da

$$v_1 = v + v_2; \quad (8)$$

pero, en cambio, de las ecuaciones de Lorentz deducimos

$$dx_1 = \frac{dx_2 + v dt_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad dt_1 = \frac{dt_2 + \frac{v}{c^2} dx_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

y de aquí, dividiendo miembro a miembro

$$v_1 = \frac{v_2 + v}{1 + \frac{v v_2}{c^2}} \quad (9)$$

Las ecuaciones (8) y (9) serán iguales cuando v sea infinitamente pequeña.

Ahora bien, realizando una experiencia de interferencias, que constituye el método de medición más sensible que se conoce, para verificar la influencia que el movimiento de un fluido en el sentido de propagación de la luz determinaba en su velocidad respecto al observador, Fizeau comprobó la siguiente ecuación de Fresnel:

$$c_1 = c_2 + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right),$$

en la cual c_1 es la velocidad del rayo luminoso respecto al observador; c_2 la velocidad del rayo luminoso en el fluido; v la velocidad del fluido respecto al observador y n el índice de refracción del fluido que, según sabemos es

$$n = \frac{c}{c_2}$$

Ahora bien, según la Mecánica clásica, Fizeau debiera haber obtenido

$$c_1 = c_2 + v.$$

Veamos, en cambio, qué nos da la fórmula (9). En este caso tendremos

$$v_1 = c_1, \quad v_2 = c_2$$

y substituyendo en (9)

$$c_1 = \frac{c_2 + v}{1 + \frac{v}{c} \frac{1}{n}};$$

pero

$$\frac{1}{1 + \frac{v}{c} \frac{1}{n}} = 1 - \left(\frac{v}{c}\right) \frac{1}{n} + \left(\frac{v}{c}\right)^2 \frac{1}{n^2} - \dots$$

y como $\frac{v}{c}$ es una cantidad sumamente pequeña y n un número que difiere poco de la unidad, podemos limitar el desarrollo al segundo término, con lo cual:

$$c_1 = (c_2 + v) \left(1 - \frac{v}{c} \frac{1}{n}\right) = c_2 + v \left(1 - \frac{c_2}{c} \frac{1}{n}\right) - \frac{v^2}{c} \frac{1}{n} = c_2 + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) - \frac{v^2}{c} \frac{1}{n}$$

$\frac{v^2}{c}$ es una cantidad extraordinariamente pequeña especialmente en la experiencia de Fizeau de modo que, en definitiva, con una enorme aproximación, la ecuación (9) nos habrá conducido a la fórmula de Fresnel. Esta experiencia podemos considerarla como otra verificación experimental del principio.

Referente a la composición de velocidades cabe hacer una consideración en cierto modo análoga a la que hicimos referente a la contracción.

Si un observador de S_1 mide la velocidad de S_2 y encuentra el valor v y al propio tiempo observa un móvil p que para los observadores de S_2 tiene la velocidad v_2 , la velocidad que medirá el observador de S_1 para el móvil p será la que nos da la fórmula (9). Es evidente, sin embargo, que nada impide a dicho observador definir el valor que él mide, que es el que da la fórmula (9) como velocidad aparente y como velocidad real la que da la fórmula clásica (8). Pero en este caso, como p no forma parte del sistema S_2 , como ocurría con el cuerpo cuya contracción queríamos decidir si era aparente o real, sino que se halla en movimiento respecto dicho sistema, resulta de una arbitrariedad completamente injustificada que el observador de S_1 para decidir cual es la velocidad real que posee un móvil y que puede medir directamente vaya a consultar a los observadores de otro sistema que, por su parte, no se encuentran en ninguna situación privilegiada respecto al referido móvil. Así, lo más sensato parece aceptar como velocidades reales las que directamente se observan y estas satisfacen a la fórmula (9) y no a la fórmula (8).

Como se comprende, el principio de relatividad ha conducido a proceder a una revisión de las fórmulas de la Mecánica introduciendo en todas ellas modificaciones de fondo importantes. Pero, como ya hemos tenido ocasión de observar, mientras las velocidades que nosotros tengamos que considerar sean pequeñas comparadas con la de propagación de la luz, la Mecánica clásica tiene su razón práctica de ser, pues sería incluso ridículo conservar en las fórmulas términos procedentes de la nueva teoría respecto a los cuales de antemano ya supiéramos que al substituir las letras por sus valores numéricos debían prácticamente desvanecerse.

No vamos a proceder a esa revisión total de las fórmulas de la Mecánica pues de acuerdo con el título del presente trabajo únicamente hemos pretendido hacer una exposición metódica de los fundamentos del nuevo principio dejando bien establecido su origen experimental única fuente de la verdad en lo que al conocimiento de las leyes del mundo físico se refiere.

FERNANDO TALLADA.

Al presente trabajo le fué otorgado por unanimidad el primer premio en el Concurso de «Técnica» del pasado mes de Octubre

CONFERENCIAS

sobre telefonía automática dadas en el salón de Actos de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona, por Mr. A. Damoiseux, ingeniero.

SEÑORES:

Antes de exponer uno de los procedimientos más recientes y perfeccionados para poner en comunicación a los abonados de una red telefónica, creo indispensable recordar brevemente el papel e importancia de la telefonía y exponer las razones principales que han conducido al estudio y a la realización de sistemas más adaptados a las necesidades actuales que aquellos de que se ha dispuesto hasta ahora.

El desarrollo incesante del comercio y de la industria, la vulgarización de los medios perfeccionados de producción y de transporte, la expansión alcanzada en medio siglo por todas las ramas de la actividad humana han generalizado cada vez más el empleo del teléfono, llegando a poder ser considerado justamente como el elemento ideal de comunicación, así entre los individuos como entre las colectividades, pues sólo pone en actividad la facultad más natural del hombre y más indispensable a la existencia de las sociedades constituidas: la palabra. Pero, no obstante, se ha reconocido que el teléfono no es eficaz sino cuando su servicio está asegurado de una manera rápida, segura y permanente. La eficacia del teléfono como agente de la prosperidad nacional de un país es proporcional a la generalización de su empleo, a la calidad del servicio y a la facilidad de su manejo.

Pero, en la actualidad, las redes importantes están congestionadas hasta el punto de no poder asegurar más que muy imperfectamente el servicio de los abonados en tanto que las redes secundarias están en su mayor parte en la situación rudimentaria de los orígenes de la telefonía.

No obstante, a pesar de las numerosas imperfecciones que presentan, han adquirido los servicios telefónicos tanto desarrollo que se temen como una desgracia pública las perturbaciones graves que introducen en la vida económica, política y social de un país las interrupciones incluso momentáneas del servicio.

Se ha reconocido recientemente que tanto en las grandes redes como en las pequeñas, la causa primera de las dificultades que se oponen al desarrollo de la telefonía estriba en el factor humano introducido por la telefonista encargada de poner en comunicación a los abonados.

Indispensable en los comienzos, cuando debía crearse todo, sin poder confiar la maniobra de aparatos delicados más que a un personal inteligente y especialmente adiestrado, sirviendo a un público poco apto y apenas iniciado, la telefonista ha visto reducirse progresivamente su papel al de una simple máquina atenta solamente a un trabajo continuo, con un rendimiento máximo a pesar de los

errores y decaimientos inherentes a la naturaleza humana.

Ya en una central única que sirva de 8.000 a 10.000 abonados solamente, la tensión nerviosa y moral que se exige a la telefonista alcanza y aun rebasa los límites de la posibilidad humana. A pesar de la perfección de los órganos y aparatos puestos a su disposición, a pesar de la tensión incesante que pone ella para atender a las llamadas que se suceden sin interrupción ni regularidad, a pesar de la habilidad, la precisión y la rapidez de sus movimientos y, a pesar, finalmente, de la rigurosa selección física y de la preparación metódica y prolongada de que es objeto, la telefonista no puede establecer más que una comunicación a la vez, viéndose obligada a hacer esperar más o menos a todas las demás llamadas que llegan simultáneamente del grupo de abonados cuyo servicio está a su cargo.

Cuando la importancia de la red exige la instalación de varias centrales, las dificultades se complican aún más a causa de la necesidad que tienen las telefonistas de dos centrales distintas de ponerse previamente de acuerdo para establecer cada comunicación entre dos abonados. Se ve pues, que, en las redes importantes, la ejecución del servicio reposa en la telefonista cuya resistencia tiene límites que impiden todo el desarrollo ulterior.

En las redes secundarias es también el factor humano el obstáculo que impide el desarrollo y la mejora del servicio por la dificultad que encuentran las Administraciones y compañías explotadoras de reclutar y sostener permanentemente a disposición del público el personal especial que es necesario.

Hoy día, en que el abonado no es ya el novicio que en 1880 se creía todavía incapaz de toda manipulación mecánica sino que, por el contrario, está acostumbrado a ellas por el uso ordinario de máquinas de todo género como las de escribir, coser, calcular, bicicletas, automóviles, etc., y en que el desarrollo de la telefonía urbana no encuentra más limitación que las que le impone la limitación de las facultades humanas, cabe preguntar si no ha llegado ya el punto culminante en que la telefonía deba ser sustituida por la máquina, dotada de una resistencia ilimitada, sin nervios y con un alma artificial.

El empleo de las máquinas en telefonía ha conducido al establecimiento de los sistemas de conexión automática que tienen por objeto principal permitir a un abonado cualquiera de una red ponerse en comunicación en todo momento con otro abonado cualquiera de la misma red sin ninguna intervención manual en el establecimiento de las conexiones entre los distintos órganos de la central o centrales cuyo conjunto forma la red considerada. En todo sistema automático el abonado debe po-

der obtener sin esfuerzo ni retraso alguno, en el momento mismo en que la desea, la conexión con otro abonado y asimismo, la ruptura de la conexión en cuanto termina la conversación. El secreto de las conversaciones debe ser garantizado en absoluto, el servicio debe ser permanente de día y de noche, así durante las horas de máxima actividad como en las de calma absoluta, así en las grandes aglomeraciones como en las barriadas más alejadas del centro; toda llamada debe recibir contestación inmediata, tanto si es ella solo como si forma parte de un número cualquiera de llamadas simultáneas procedentes de un mismo grupo de abonados. El sistema de permitir una ampliación ilimitada de las instalaciones sin que ello sea causa de que deba retirarse prematuramente del servicio material ya existente en el momento en que se consideran necesarios los aumentos. Debe poder aplicarse de tal modo, que cualquiera que sea la subdivisión de los abonados en grupos de distintas capacidades, los gastos de construcción y entretenimiento de las líneas exteriores se reduzcan al mínimo. El sostenimiento en perfecto estado de todos los aparatos debe ser fácil y económico debiendo reducirse a los cuidados elementales debidos a todo aparato mecánico por robusto que sea y, finalmente, no debe exigir más que el número de aparatos precisos para asegurar el tráfico previsto de manera que se limiten los gastos de primer establecimiento, de vigilancia y entretenimiento y debe dar, en cambio, un rendimiento máximo y lo más uniforme posible de todos los órganos que lo constituyen.

Estación del abonado.

Una red telefónica está constituida por tres partes esenciales: Las estaciones de los abonados, la central o las centrales y las líneas. Solamente voy a ocuparme de las dos primeras refiriéndome como ejemplo al sistema automático rotatorio pues el pro-



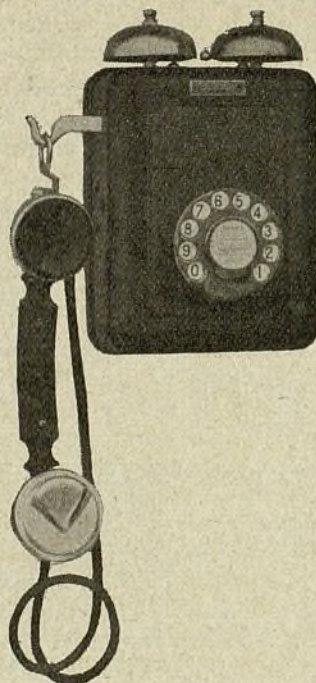
Aparato de mesa con microteléfono

blema de las líneas telefónicas de comunicación es por sí solo lo suficiente importante y complejo para merecer ser tratado separadamente.

La estación del abonado es una estación ordinaria del tipo llamado de batería central al cual se le añade simplemente un disco numerador que se utiliza para la transmisión del número del abonado a

quien se llama. Consiste el numerador en una caja cilíndrica sobre la cual hay un disco que puede girar alrededor de su centro y que lleva junto a la periferia diez agujeros circulares debajo de los cuales están escritas las cifras 0, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, en el sentido de las saetas del reloj.

El manejo del aparato es como sigue: Para llamar



Aparato mural con microteléfono higiénico

a un abonado se descuelga el teléfono y se lleva al oído esperando hasta recibir una señal especial, semejante a un zumbido, la cual significa que la central está ya en condiciones de recibir la llamada. Esta señal que se llama señal de llamada, equivale al «diga» con que la telefonista de una central manual invita al abonado a que le comunique el número con quien desea hablar. El tiempo que se tarda en recibir la señal de llamada no llega apenas al que se invierte en llevar el teléfono al oído.

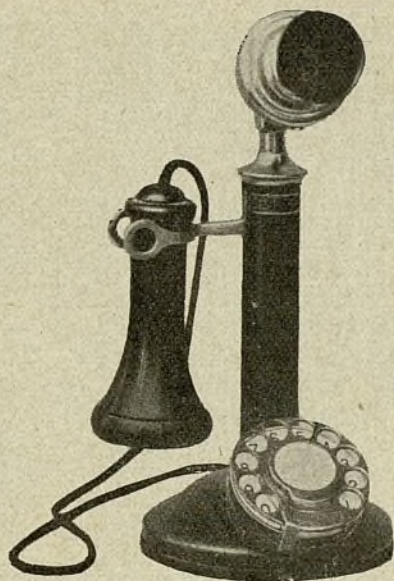
Cuando se oye la señal de llamada se transmite el número del abonado con quien se desea hablar, introduciendo sucesivamente el dedo en los agujeros del disco correspondiente a las cifras que componen el número y haciéndole girar hacia la derecha hasta tropezar con una pieza de detención. En este momento, abandonado el disco a sí mismo, retrocede automáticamente a su posición de reposo y envía a la línea un número de impulsiones igual a la cifra transmitida excepto cuando esta es el 0 en cuyo caso se transmiten diez impulsiones.

Estas impulsiones accionan en la central los órganos de selección y conexión automática entre la línea del abonado que llama y la del llamado.

Si este está libre, es decir, si no está comunicando con otro abonado, recibe inmediatamente la llamada del timbre interrumpida periódicamente por intervalos regulares de silencio y esta dura todo lo que tarde el abonado llamado en contestar. Mientras tanto, el abonado que llama tiene el teléfono aplicado

al oído y percibe claramente un ruido a intervalos que le indica que la comunicación está bien establecida y que la llamada se efectúa regularmente debiendo esperar así hasta que le contesten.

Cuando el abonado contesta puede dar principio la conversación y una vez terminada esta basta con que el abonado que llama cuelgue de nuevo su telé-



Aparatú de mesa de columna

fono para que se desconecte la comunicación pasando al reposo todos los órganos de selección que han intervenido en ella los cuales quedan en disposición de atender a otra llamada.

Por el contrario, cuando el abonado llamado cuelga el teléfono la desconexión no se produce, pero, no obstante, si la Administración o la Compañía explotadora lo desea puede hacerse de manera que también el abonado llamado se desconecte.

Si el abonado llamado está comunicando en el momento de dirigirle una llamada, la comunicación no puede ser establecida de lo cual es advertido el abonado que llama por una señal especial, llamada señal de ocupación. Entonces el abonado debe colgar el teléfono y llamar nuevamente al cabo de un rato.

Para contestar a la llamada cuando se oye el timbre, el abonado se limita a descolgar el receptor y llevarlo al oído.

Las líneas que unen las estaciones de los abonados a la oficina central son de dos hilos sin vuelta alguna por tierra ni ningún hilo común. Basta para su funcionamiento que satisfagan a las condiciones ordinarias de aislamiento y de conductibilidad impuestas a las redes de batería central.

En la central cada línea y, por consiguiente, cada abonado está representado por dos grupos de órganos: unos de llegada y otros de partida, montados en derivación sobre la línea y constituidos los unos y los otros por contactos fijos de bronce convenientemente agrupados y dispuestos. Todo el problema de la telefonía automática consiste, en general, en establecer en el momento oportuno, la comunicación entre el órgano u órganos de llegada del abonado

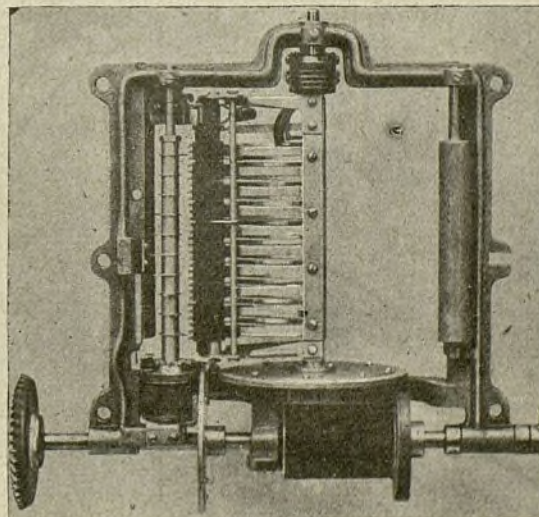
que llama con el órgano u órganos de partida del abonado llamado por medio de aparatos móviles gobernados directa o indirectamente por las impulsiones del disco numerador.

Se concibe fácilmente que los órganos de llegada de los abonados pueden disponerse de manera arbitraria independientemente del número propio de cada abonado puesto que estos órganos constituyen el origen de la conexión pero no ocurre lo mismo con los órganos de partida que deben estar agrupados y dispuestos metódicamente en un orden predeterminado que concuerde exactamente con las reglas de determinación y localización o reglas de selección, que permitan alcanzar exacta y seguramente el órgano de partida del abonado llamado entre los órganos similares de todos los abonados de la red.

El agrupamiento y la disposición de los órganos de partida debe adaptarse además al tipo de los aparatos que deben efectuar la selección de la línea pedida.

Numeración y Selección.

En el sistema automático rotatorio, los contactos de donde arrancan las líneas de partida de los abonados están divididos en grupos de 200 comprendiendo cada grupo una centena de cifras par y la centena de cifras impar que le sigue inmediatamente. Cada grupo forma un panel semicilíndrico llamado campo de exploración del selector o arco de contactos, en el cual se disponen estos en diez filas horizontales o niveles destinadas una a cada decena. Los



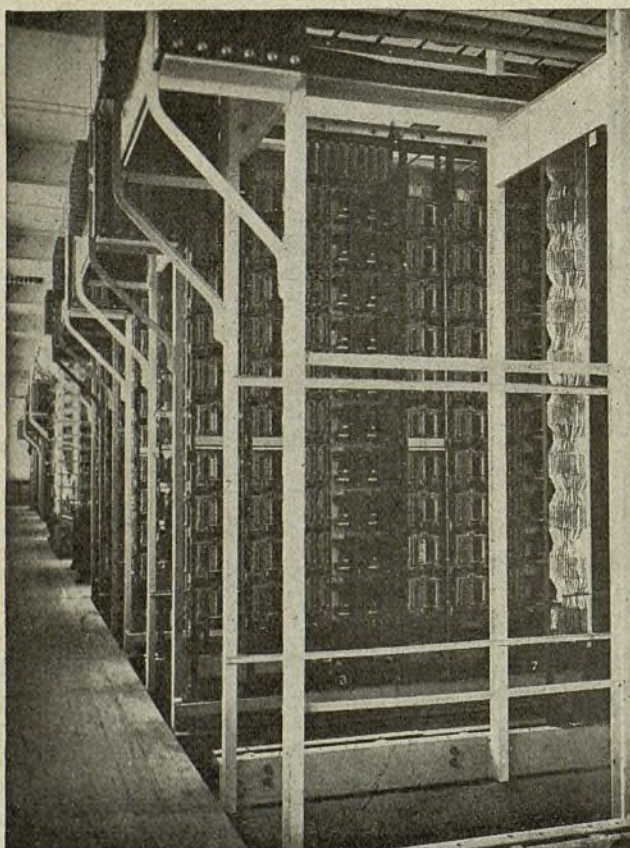
Bastidor y partes móviles de un selector. A la izquierda está el selector de escobillas y en el centro el árbol portaescobillas.

contactos de la centena par forman el semiarco de la izquierda y los de la centena impar forman el semiarco de la derecha. Las decenas se numeran de abajo arriba de 1 a 0 y las unidades se numeran de derecha a izquierda de 1 a 0.

La línea del abonado que llama se conecta en el momento oportuno a un órgano movable capaz de fijarse en un juego de contactos cualquiera de los 200 que constituyen el campo de exploración.

Este órgano, en unión del campo de exploración, constituye el aparato llamado selector. El arco de contactos consiste en cierto número de regletas verticales en donde están embutidos los contactos que son de bronce fosforoso.

Las reglas de contactos, en número de 22 para el selector de grupo y de 20 para el selector final, se reúnen formando un semicilindro sostenidas por dos arcos semicirculares de acero uno de los cuales, dentado interiormente, sirve para fijar la posición de las escobillas. De esta manera resultan 30 filas horizontales de 22 o de 20 contactos cada una según se trate de un selector de grupo o de un selector final. Cada tres filas constituyen un nivel y cada tres contactos constituyen los elementos de partida de una línea auxiliar o enlace. Frente a este campo de selección hay un bastidor rectangular que sirve de soporte a los órganos móviles: el árbol portaescobillas, situado en el centro y el selector de escobillas a la izquierda. El árbol portaescobillas o



Red de Bruselas. Central de Uccle. Bastidores que contienen los selectores primarios.

también carro portaescobillas, consta de diez juegos de tres escobillas cada uno montadas en un eje vertical lateral del que están aisladas por manguitos de ebonita. En los extremos interiores de las escobillas se apoyan sendos resortes en lámina horizontales que tienden a hacerlas girar alrededor de sus ejes haciendo salir hacia fuera los otros extremos, es decir, a hacerlos salir hasta que puedan tocar los contactos del arco permitiendo que las tres escobillas que forman un juego puedan ponerse sucesiva-

mente en contacto con los juegos de tres contactos del campo de exploración situados al mismo nivel.

Los elementos de cada juego de escobillas hacen contacto con tres resortes en lámina que pertenecen a tres peines aislados uno de otro pero que ponen en comunicación las tres escobillas de cada juego con tres anillos colectores situados en la parte superior del árbol central donde, a manera del colector de un alternador, se apoyan las escobillas de la línea exterior.

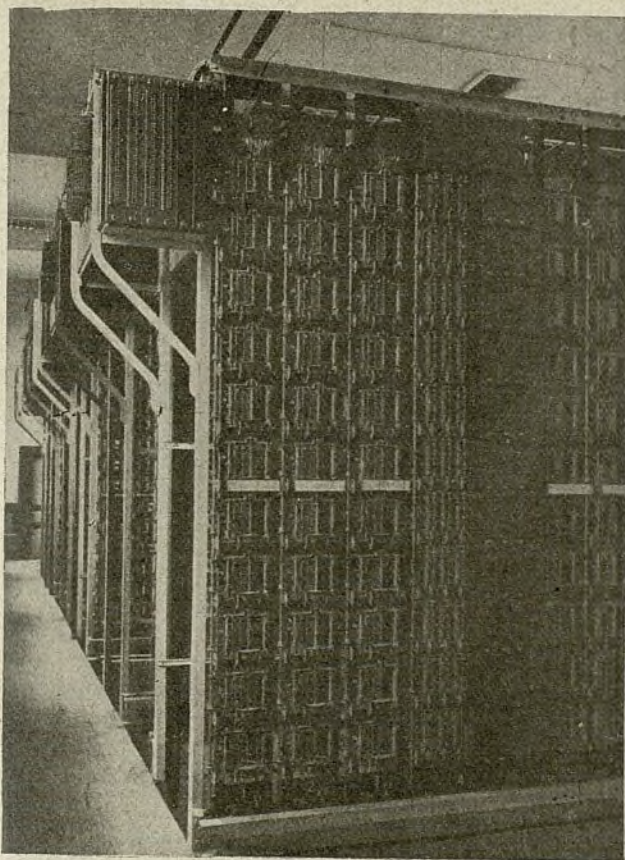
Contrarrestando la acción de los resortes en lámina citados hay montadas en otro árbol diez piezas de ebonita de forma especial, una para cada juego de tres escobillas, que mantienen estas a distancia de los contactos del campo de exploración, pero cuando mediante la acción de una púa, se cambia la posición de una de estas piezas se desprende el juego de escobillas correspondiente, el cual queda en posición de poder frotar contra los contactos del campo de exploración. Para efectuar el desprendimiento del juego de escobillas que convenga a la selección se utiliza el árbol selector de escobillas situado a la izquierda del bastidor. Este árbol, cuando helicoidalmente con diez púas situadas al nivel de las diez piezas de desprendimiento de las escobillas, puede tener once posiciones y en cada una de ellas, excepto en la de reposo, queda una púa en posición tal que la pieza de desprendimiento del mismo nivel choca contra ella, cambia de posición y se desprenden las escobillas correspondientes. Si el selector de escobillas gira un paso, se desprenden las escobillas del primer nivel, contando de arriba abajo; si gira dos, se desprenden las del segundo y así sucesivamente hasta el décimo nivel.

El funcionamiento del selector es, pues, como sigue: Cierta número de impulsiones igual al nivel que se debe seleccionar hacen girar al selector de escobillas igual número de pasos y ponen en acción la púa del mismo nivel. Entonces empieza a girar el carro de escobillas desprendiéndose el juego de las tales correspondientes al nivel de la púa puesta en acción por el selector. El juego de escobillas desprendido, participando del movimiento de rotación del árbol, frotará contra todos los contactos del nivel seleccionado que es el correspondiente a las decenas en el selector final y a la cifra de orden superior en los demás selectores. Este movimiento de rotación continúa en el selector final hasta llegar a alcanzar el juego de contactos indicado por la cifra de las unidades del número llamado.

Se ve inmediatamente que para alcanzar en un grupo dado de 200 abonados los contactos de partida de un abonado cualquiera, basta desprender en el selector final de este grupo, el juego de escobillas indicado por la cifra de decenas del número pedido y hacer girar luego el árbol portaescobillas un número de pasos correspondiente a la cifra de unidades si el abonado figura en la centena impar y este mismo número aumentado en diez unidades si el abonado figura en la centena par.

Diez grupos de partida de 200 abonados, o sea diez selectores finales forman un grupo de 2.000 abonados comprendiendo un millar par y el millar impar que le sigue inmediatamente.

Cada uno de los diez selectores finales así reunidos forman el extremo activo de una línea auxiliar llamada enlace final. Los diez enlaces finales de un mismo grupo de 2.000 abonados están conectados a los contactos de un arco de contactos semejante al arco final llamado selector de millares delante del cual un árbol portaescobillas de 10 juegos de escobi-



Red de Bruselas. Central de Uccle. Bastidores que contienen los selectores secundarios y combinadores correspondientes.

llas ejecuta, conforme a las cifras de millar y de centena del número pedido, la selección del grupo final en que figura el abonado.

A este efecto los contactos de partida de los enlaces finales están ordenados como sigue delante de las escobillas del selector de millares:

Nivel	Cuyo enlace final conduce a la doble centena.				8-9 del millar impar	
» 2	»	»	»	»	8-9	par
» 3	»	»	»	»	6-7	impar
» 4	»	»	»	»	6-7	par
» 5	»	»	»	»	4-5	impar
» 6	»	»	»	»	4-5	par
» 7	»	»	»	»	2-3	impar
» 8	»	»	»	»	2-3	par
» 9	»	»	»	»	0-1	impar
» 10	»	»	»	»	0-1	par

Una vez conectada la línea del abonado que llama al árbol portaescobillas del selector de millares, se necesitará, para alcanzar el selector final correspondiente al abonado pedido, poner en actividad en este selector el juego de escobillas designado por el

complemento a 11 de la suma del índice de paridad del millar (0 ó 1) y la cifra de la centena si esta es impar o por el complemento a 11 de esta suma aumentada en una unidad si la centena es par. Es decir que, si la centena es impar el nivel queda designado por $11 - (P^m + C^i)$ y, si es par por $11 - (P^m + C^p + 1)$.

Si, por ejemplo, se desea llamar al abonado 2450, se deberá poner en actividad el juego de escobillas correspondientes al nivel 6 porque, en este caso, $11 - (P^m + C^p + 1) = 11 - (0 + 4 + 1) = 6$. Si se tratase del número 3700, el juego de escobillas sería el del nivel $11 - (P^m + C^i) = 11 - (1 + 7) = 3$.

El grupo constituido por diez selectores de millar semejantes al expuesto forma un grupo de 20000 abonados que comprende una decena de millar par y la impar que le sigue inmediatamente en el orden de la numeración. Cada uno de los selectores de millar forma el extremo activo de la línea auxiliar llamada enlace de millares. Estos diez enlaces terminan por el otro extremo en los juegos de contactos de partida de los diez niveles del selector de decenas de millar. Así pues estos se numeran en la forma siguiente:

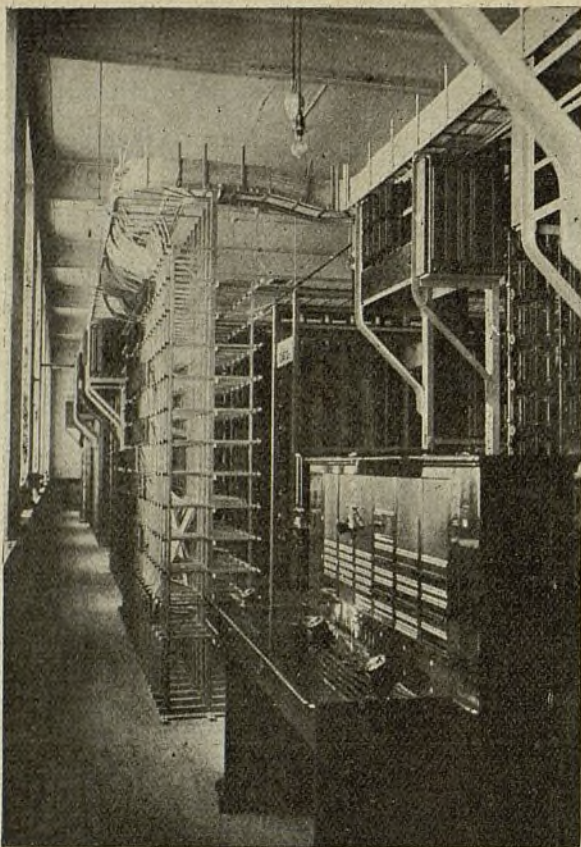
Nivel	Cuyo enlace de millares conduce al selector que comprende de	Para la cifra de decenas de millar
1	8000 a 9999	impar
2	8000 a 9999	par
3	6000 a 7999	impar
4	6000 a 7999	par
5	4000 a 5999	impar
6	4000 a 5999	par
7	2000 a 3999	impar
8	2000 a 3999	par
9	0000 a 1999	impar
10	0000 a 1999	par

En este caso, como en el anterior, cuando se conecta la línea del abonado que llama al árbol portaescobillas del selector de las decenas de millar, el juego de escobillas que debe ponerse en actividad es el determinado por el complemento a 11 del índice de paridad de la cifra de decenas de millar (0 ó 1) más la cifra de millares, si esta es impar, o una unidad más si esta es par. Pueden servir las mismas fórmulas que anteriormente. Supóngase, en efecto, que se tiene una central de 20.000 abonados numerados desde 40000 a 59999. Los niveles del selector de decenas de millar conducirán, por medio de los enlaces, a los selectores de millar siguientes:

Nivel	1	58000	a	59999
»	2	48000	a	49999
»	3	56000	a	57999
»	4	46000	a	47999
»	5	54000	a	55999
»	6	44000	a	45999
»	7	52000	a	53999
»	8	42000	a	43999
»	9	50000	a	51999
»	10	40000	a	41999

Cuadro A

Uno de los selectores de millares, el correspondiente al nivel 5, por ejemplo, estará dispuesto para



Red de Bruselas. Central de Uccle. Repartidor de líneas y cuadro manual para la vigilancia de los registradores y correspondencia con otras subcentrales manuales.

que los enlaces de sus diez niveles conduzcan a los siguientes selectores finales:

Nivel 1	55800 a 55999
» 2	54800 a 54999
» 3	55600 a 55799
» 4	54600 a 54799
» 5	55400 a 55599
» 6	54400 a 54599
» 7	55200 a 55399
» 8	54200 a 54399
» 9	55000 a 55199
» 10	54000 a 54199

Cuadro B

Y, finalmente, a cada uno de los selectores de dobles centenas concurren doscientas líneas de partida que se numeran para el nivel 4, por ejemplo, en la forma siguiente:

Nivel	Centena impar	Centena par
1	54700 987654321	54600 987654321
2	54790	54690
3	54780	54680
4	54770	54670
5	54760 54762	54660
6	54750	54650
7	54740	54640
8	54730	54630
9	54720	54620
10	54710 987654321	54610 987654321

Cuadro C

Fácilmente se comprende de esta manera cómo se efectúa la selección de un número. Sea este el número 54762. Puesta la línea que llama en comunicación con el selector de decenas de millar (Cuadro A) este, con arreglo a las fórmulas dadas $11 - (1 + 4 + 1) = 5$ selecciona el quinto nivel poniéndola en comunicación con el selector de millares representado en cuadro B. Aquí, teniendo en cuenta las mismas reglas $11 - (0 + 7) = 4$ selecciona el cuarto nivel que pone la línea en comunicación con el selector final representado en el cuadro C. Siendo 6 la cifra de decenas se pondrá en actividad el juego de escobillas correspondientes al nivel igual al complemento a 11 del número 6 o sea el quinto nivel. Al recorrer de izquierda a derecha estas escobillas el sexto nivel se detendrán al cabo de 9 pasos, es decir, sobre el número 54762. Estos 9 pasos son el complemento a 11 del número 2. Si el número hubiese sido el 54662 que corresponde a la centena par, el número de pasos hubiese sido 19.

Red de Bruselas (100.000 abonados).

La numeración de los selectores de distintos órdenes que constituyen una central automática no es tan rígida como se ha expuesto sino que posee cierta flexibilidad que permite su adaptación a las circunstancias especiales de la red, de manera que se obtenga el máximo rendimiento de todos los órganos de selección. Voy a exponer, como ejemplo, lo que se ha hecho en la red telefónica de Bruselas donde se ha adoptado el sistema automático rotatorio de la «Bell Telephone Mfg. Co, S. A.» de Amberes.

Seis son las centrales que se han previsto hasta ahora para la red de Bruselas, pero este número puede ampliarse hasta 10. Cada una de ellas se monta para una capacidad de 100.000 abonados ampliable en lo porvenir hasta 200.000 abonados.

A cada una de estas centrales se le ha adjudicado una decena de millar:

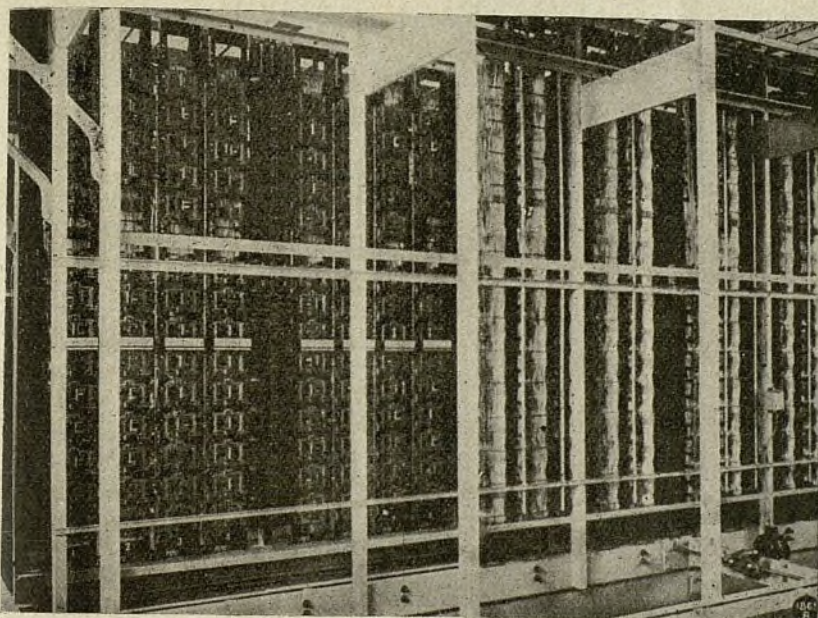
Sablör:	10000 - 19999
Paille:	20000 - 29999
Linthout:	30000 - 39999
Uccle:	40000 - 49999
Schaerbeek:	50000 - 59999
Jette:	60000 - 69999

Si se considera solamente una comunicación, la línea del abonado que llama deberá ser conectada al árbol portaescobillas de un selector primario, ante cuyos diez juegos de escobillas estén en diez niveles los contactos de partida de diez líneas de enlace o simplemente enlaces, que conducen cada uno de ellos a los diez grupos de 10.000 abonados o sea a una de las diez centrales. Así pues, los enlaces de los niveles de los selectores primarios conducen a los árboles portaescobillas de los siguientes selectores secundarios.

División del selector primario

Nivel 1	00000 - 09999	Servicios especiales
» 2	90000 - 99999	...Niveles no utilizados todavía
» 3	80000 - 89999	
» 4	70000 - 79999	
» 5	60000 - 69999	Jette
» 6	50000 - 59999	Schaerbeek
» 7	40000 - 49999	Uccle
» 8	30000 - 39999	Linthout
» 9	20000 - 29999	Paille
» 10	10000 - 19999	Sablon

Las impulsiones emitidas al transmitir la cifra de decenas de millar del número a quien se llama preparan el desprendimiento en el selector primario del juego de escobillas correspondientes al nivel destinado a esta cifra, el cual número es el complemento a 11 de la cifra transmitida. Así, si



Red de Bruselas. Central de Uccle. Armazón conteniendo buscadores primarios de línea. En la parte inferior de la derecha se ve el pequeño motor que mueve el árbol.

un abonado de una central cualquiera llama a un abonado de Linthout, por ejemplo, transmitirá la cifra 3, es decir, tres impulsiones y siendo 8 el complemento a 11 de 3, ($11 - 3 = 8$) se desprenden las escobillas correspondientes al octavo nivel que es el de Linthout. El árbol portaescobillas del selector secundario es, en cada central, el extremo activo en que terminan los enlaces procedentes de los contactos de partida de los selectores primarios. Como a cada selector secundario o central corresponden 10000 números y estos se clasifican en grupos de 2.000, se equiparán solamente cinco niveles con 2.000 abonados cada uno en la siguiente forma para Linthout, por ejemplo,

División del selector secundario (Linthout)

Nivel 1	38000 - 39999	Nivel 6
» 2		» 7 32000 - 33999
» 3	36000 - 37999	» 8
» 4		» 9 30000 - 31999
» 5	34000 - 35999	» 10

Los contactos de partida de los niveles 2, 4, 6, 8, 10, no están equipados en la actualidad, pudiendo equiparse cuando se pretenda equipar la capacidad total de la red para ampliarla a 200.000 abonados. La misma disposición se aplica a los selectores secundarios de las restantes centrales. Basta cambiar en los números anteriores la cifra de decenas de millar 3, por la cifra característica de cada central prescindiendo de la paridad de esta. Las impulsiones emitidas por el disco numerador al transmitir el abonado la cifra de millares, permiten seleccionar en el selector secundario el nivel correspondiente pero, en vez de aplicar las fórmulas indicadas precedentemente, se aplica la siguiente regla: Si la cifra de millares es par, el nivel correspondiente es el complemento a 11 de esta cifra más 2 unidades y, si es impar, es el complemento a 11 más 1 unidad. Así por ejemplo, si se llama a un abonado comprendido entre **34000** y **34999** el nivel será: $11 - (4 + 2) = 5$ y si se llama a uno comprendido entre **35000** y **35999** el nivel será: $11 - (5 + 1) = 5$, lo que concuerda perfectamente con la división que se ha hecho del selector secundario.

Para efectuar estas operaciones de conversión de la cifra transmitida en la conveniente para la selección se disponen órganos especiales en la central que describiré luego.

Efectuada la selección de la cifra de millares por el selector secundario, la línea del abonado que llama, que se había prolongado hasta el juego de escobillas del selector secundario correspondiente al nivel seleccionado, queda conectada a los bornes de partida de un segundo enlace que la conduce al árbol portaescobillas del selector terciario.

De cada selector secundario parten cinco enlaces correspondientes uno a cada nivel equipado. Habrá, pues, cinco selectores terciarios al servicio de 2.000 abonados cada uno. Cada grupo de 2.000 abonados está compuesto de un millar par y del millar impar que le sigue. Se numerarán en diez niveles de 200 abonados cada uno en la forma siguiente:

División del selector terciario

(Linthout; quinto nivel del selector secundario)

Nivel		Nivel	
1	35800 35999	6	34400 35999
2	34800 34999	7	35200 35399
3	35600 35799	8	34200 34399
5	35400 35599	9	35000 35199
4	34600 34799	10	34000 34199

La misma división se hace en los otros cuatro selectores terciarios. Basta cambiar las cifras de los millares 4-5 respectivamente por 0-1, 2-3, 6-7 y 8-9. Las impulsiones emitidas por el disco numerador

al transmitir el abonado la cifra de centenas permiten seleccionar entre los diez niveles del selector terciario el que conduce al selector final de 200 abonados donde están los contactos de partida del abonado a quien se llama. Como en el selector terciario se han equipado todos los niveles de acuerdo con las reglas establecidas al principio, para efectuar la selección de las centenas hay que tener en cuenta el índice de paridad de la cifra precedente. Supóngase que se llama a un abonado comprendido entre 34200 y 34299. El nivel seleccionado será $11 - (0 + 2 + 1) = 8$.

Si el abonado estuviese comprendido entre 34300 y 34399 el nivel sería: $11 - (0 + 3) = 8$, que como se ve, coincide con la división efectuada.

Las escobillas correspondientes al tercer nivel se desprenden y se conectan con los contactos de partida del enlace correspondiente que conduce al árbol portaescobillas del selector final cuyo campo de exploración contiene las líneas de partida de los doscientos abonados correspondientes a las centenas 34200-34299 y 34300-34399 en la forma siguiente:

División del selector final

(Linthout; octavo nivel del selector terciario)

Nivel	Centena impar	Centena par
1	34300 987654321	34200 987654321
2	34390	34290
3	34380	34280
4	34370	34270 34272
5	34360	34260
6	34350	34250
7	34340	34240
8	34330	34230
9	34320	34220
10	34310 987654321	34210 987654321

Una vez conectada la línea que llama al árbol portaescobillas del selector final, las impulsiones producidas por la transmisión de la cifra de decenas producen el desprendimiento del juego de escobillas correspondiente a la decena transmitida. Este viene determinado por el complemento a 11 del número de impulsiones transmitidas. Si se trata de llamar a la decena 7, el nivel seleccionado será el cuarto ($11 - 7 = 4$) que como se ve en el cuadro anterior corresponde a la decena 70 tanto en la centena par como en la impar.

Las impulsiones producidas por el envío de la cifra de unidades, convenientemente combinadas con las impulsiones producidas por la transmisión de la cifra de centenas conectan las escobillas desprendidas por la cifra de decenas a los contactos de partida de la línea del abonado pedido. La combinación entre las cifras de centenas y de unidades debe ser tal que el árbol portaescobillas del selector final recorra el número de pasos correspondientes al complemento a 11 de la cifra de las unidades o este número de pasos más 10 según que la centena sea par o impar.

Multiplicación de los órganos de selección.

Hasta ahora sólo he considerado los órganos de selección necesarios para que un abonado de una

red pueda llamar a todos los demás, es decir, que montada una red urbana en la forma descrita y dispuesta en condiciones para que todos los abonados pudieran tener acceso al árbol portaescobillas del selector primario, no se podría celebrar en todo momento más que una sola conferencia. Naturalmente que, si así fuese, el rendimiento de los aparatos sería prácticamente nulo. Calculemos, en efecto, los órganos necesarios para una sola comunicación en una red tal como la descrita de Bruselas. Supongamos que la comunicación única que puede establecerse parte de Sablon (oficina central) y se dirige a un cierto abonado de la red perteneciente o no a otra central. Para establecer esta comunicación se necesita poner en la oficina de origen del abonado que llama un selector primario llamado también selector primario de grupo, selector de decenas de millar o selector de central. El selector primario selecciona entre diez selectores secundarios repartidos a razón de uno por cada subcentral pero no se puede ocupar a la vez más que uno solo de estos, puesto que la ocupación de uno de ellos implica la ocupación del selector primario a que pertenecen todos. Cada selector secundario comprende a su vez 5 selectores terciarios o selectores de grupo de 2000 abonados, lo que, supuesta la red completamente equipada para 100000 abonados representa 50 selectores terciarios para un selector primario. Por último, a cada grupo terciario de 2000 abonados, o también, a cada selector terciario, corresponden 10 selectores finales de 200 abonados o conectores, lo que, en la misma hipótesis, representa 500 selectores finales para un selector primario. Así pues, para que pueda celebrarse una sola conversación, de un abonado con cualquier otro de la red, supuesta completamente equipada se necesitan:

Selectores primarios . . .	1
Selectores secundarios . . .	10
Selectores terciarios . . .	50
Selectores finales . . .	500

Es evidente que si, a pesar de tan gran número de selectores no se pudiese celebrar más que una sola conferencia en un momento dado la red automática no tendría eficacia, pues en una red de tantos abonados se celebran muchas conferencias simultáneamente. Conviene por lo tanto hacer posibles todas ellas sin que por ello nos limitemos a repetir pura y simplemente la disposición descrita sino, más bien, en forma tal que todos los selectores puedan ser empleados indistintamente por cualquier abonado, multiplicando cada órgano solamente el número de veces que la intensidad de tráfico requiere.

A este fin, para cada una de las conversaciones simultáneas que hay que asegurar se necesita un selector primario en la central de origen que sea accesible a todas las líneas de llegada de todos los abonados pertenecientes a ella. Cada nivel de estos selectores primarios corresponde, como se ha visto, a una central incluyendo la propia del abonado. De cada nivel deben partir, por consiguiente, líneas de enlace o simplemente enlaces, dirigidos hacia cada central en número suficiente para asegurar el

tráfico que ordinariamente se produce en tal sentido a la hora de más movimiento, llamada comunmente, la hora más cargada. Cada nivel de un selector consta de 22 juegos de contactos de partida por lo que se podrá disponer de 22 enlaces de partida por selector primario y nivel. Estos enlaces se multiplican en todos los selectores primarios, es decir, que de ellos se toman derivaciones que se conectan con los juegos de bornes de numeración homóloga de cada selector. Cuando uno de estos enlaces está tomado por un selector primario cualquiera, para asegurar una comunicación ya no puede ser tomado otro porque una disposición especial del montaje lo impide. Supóngase, por ejemplo, que la central de Sablon debe asegurar 15 comunicaciones simultáneas con los abonados de Uccle en la dirección de Sablon a Uccle. El séptimo nivel de los selectores primarios de Sablon estará equipado con 15 enlaces los cuales terminarán en los 15 árboles portascobillas de 15 selectores secundarios situados en la central de Uccle.

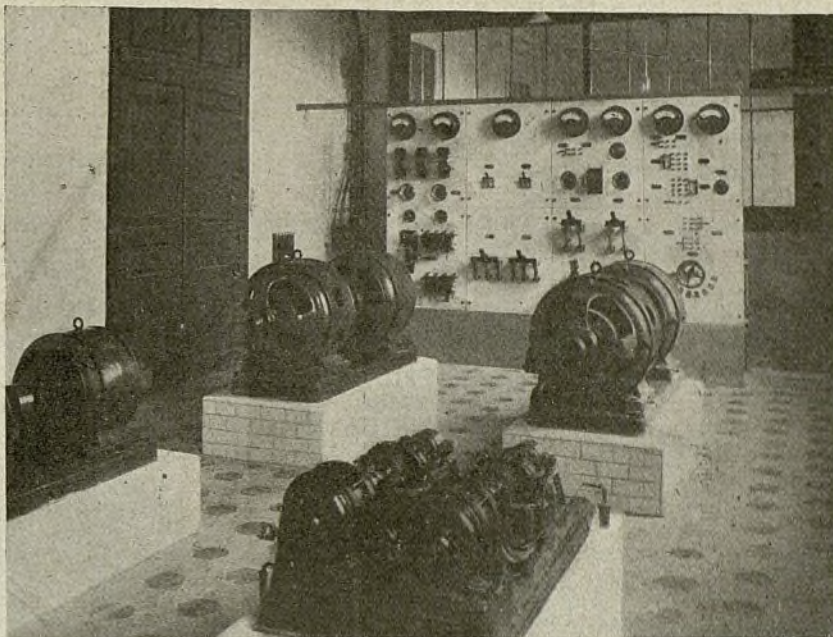
La primera llamada que parte de Sablon con destino a Uccle tomará un selector primario en Sablon y este selector ocupará el primer enlace hacia Uccle. La segunda llamada tomará otro selector primario y en él ocupará el segundo enlace después de haber probado que el primero está ocupado. Las llamadas tercera, cuarta, quinta, etc., irán tomando los selectores primarios que necesitan y ocupando en ellos los enlaces tercero, cuarto, quinto, etc., siempre que los precedentes no esten ya desocupados por haber terminado alguna conversación.

Siendo 22 el número máximo de enlaces de partida conectables a un selector primario, cuando el número de comunicaciones simultáneas hacia una misma subcentral exceda de 22 se dividirán los selectores primarios en haces que no excedan de 22 y se hará accesible cada haz a un número de abonados tal que el tráfico promovido por ellos no exceda tampoco de 22 llamadas simultáneas.

Claro es que el número de selectores primarios que deben disponerse en cada central es igual a la suma del número máximo de comunicaciones simultáneas que se prevé que se originarán en ella hacia cada una de las demás centrales con inclusión de ella misma. Conocido este dato por las estadísticas y por los elementos de juicio que nos da el cálculo de probabilidades queda determinado el número total de selectores primarios.

Para determinar el número de selectores secundarios hay que servirse de los mismos datos. Si consideramos una central cualquiera fácil nos será saber el número máximo de llamadas simultáneas

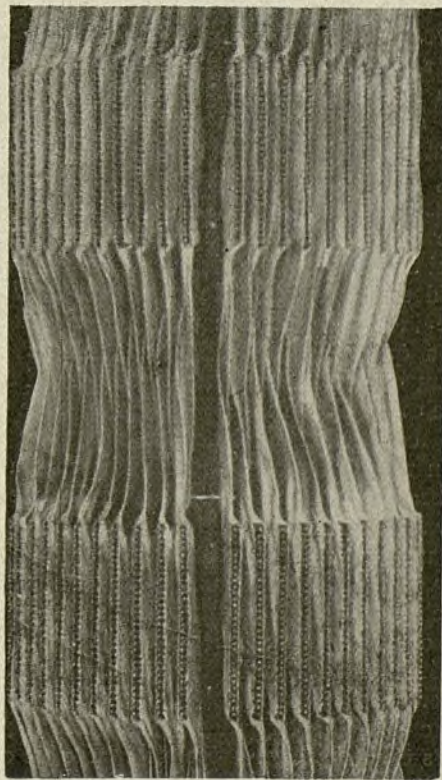
procedentes de las demás centrales y de ella misma que se concentran en los selectores secundarios y



Red de Bruselas. Central de Uccle. Instalación de fuerza, cuadro de conexiones para la carga y descarga de los acumuladores y dos generadores de corriente de llamada.

el total así obtenido nos señala el número de selectores secundarios en cada central.

Cada selector secundario debe tener acceso a los cinco grupos de 2000 abonados que constituyen



Tipo de cableaje para la multiplicación de los selectores. Cada cinta contiene los treinta conductores correspondientes a una regleta de contactos.

la central; por lo tanto, los enlaces que conducen a estos cinco grupos o sea, a los selectores terciarios, deberán multiplicarse en los arcos de contactos de los selectores secundarios y, en caso de que excedan de 22, deberán dividirse en haces de 22 enlaces como máximo. El número de selectores terciarios, igual en principio al de selectores secundarios, se calcula parcialmente por la consideración del número máximo de conversaciones simultáneas que se dirigen hacia cada uno de los grupos.

Los enlaces que partiendo de los selectores terciarios terminan en los selectores finales, también están multiplicados en los contactos de partida de los selectores terciarios y repartidos en haces de 22, si pasa de 22 el número máximo de comunicaciones simultáneas dirigidas a cada grupo de 200. El número de selectores finales de cada grupo de 200 abonados se determina por la consideración del número máximo de conversaciones simultáneas dirigidas hacia él.

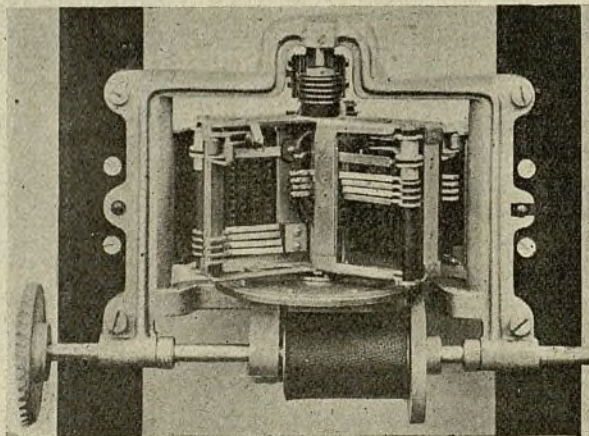
Buscadores de línea y concentración de llamadas.

Siendo el número de selectores primarios igual al número máximo de conversaciones simultáneas que tienen lugar durante la hora más cargada, es claro que deberán disponerse las cosas de manera que el mayor número posible de selectores primarios sea accesible al mayor número de abonados. A este fin se dispone para cada selector primario un circuito de conexión análogo al circuito cordón de una central manual en el cual el selector primario constituye en cierto modo la clavija de llamada del circuito cordón. El otro extremo del circuito de conexión está formado por un buscador secundario de línea que equivale a la clavija de respuesta del cordón manual. El número de circuitos de conexión es, pues, igual al de selectores primarios.

El buscador secundario de línea es en su constitución exactamente igual al buscador primario de línea o simplemente buscador de línea. Ambos están constituidos por un arco de contactos de 120° con cuyo eje ideal corresponde un árbol vertical portaescobillas que gira haciendo que estas se apoyen en el campo de contactos. Este está constituido por tres niveles de 20 series de contactos cada uno. El segundo complemento tiene, pues, una capacidad de 60 líneas. El carro portaescobillas consta de tres brazos separados 120° en cada uno de los cuales va montado un juego de escobillas colocadas de manera que el primer juego de escobillas está a la altura del primer nivel del campo de contactos, el segundo a la altura del segundo nivel y el tercero a la del tercero. De esta manera, en una revolución completa del carro portaescobillas se recorren, entre los tres juegos de escobillas, los sesenta contactos del arco y, como las escobillas están montadas en derivación sobre el circuito de conexión que nace en el árbol portaescobillas de este buscador, puede decirse que si alguno de los juegos de contactos que constituyen el arco está en la condición característica de la llamada, en ella se detendrá

el buscador conectando la correspondiente línea de llegada al circuito de conexión. El buscador de línea, primario o secundario, no tiene posición de reposo, es decir, que permanece en la posición en que se detiene cuando encuentra la línea que llama hasta que, una vez terminada la conversación, se pone en movimiento para buscar otra línea que llame después.

A los 60 contactos del arco de cada buscador secundario concurren sesenta líneas procedentes de 60 buscadores primarios o inversamente, de cada juego de contactos del arco del buscador secundario parte una línea que termina en el carro portaescobillas del selector primario. Estas se llaman líneas auxiliares de concentración o simplemente li-



Buscador de línea y sus órganos motores.

neas auxiliares. A los arcos de los buscadores primarios concurren las líneas de llegada de los abonados. Así pues, la línea de un abonado, al entrar en la central a que este pertenece, se divide en dos: una que va a los órganos de partida constituidos por los contactos de partida de los selectores finales que comprendan el grupo de 200 abonados donde él se halle incluido y otra que va a los contactos de llegada de los buscadores primarios.

Como quiera que la capacidad de estos buscadores es de 60 líneas, todos los abonados que concurren a una central se suponen divididos en grupos de 60 como máximo distribuyéndose por medio del repartidor general entre los arcos de los buscadores de línea de la manera más uniforme posible, es decir, de manera que el número de llamadas probables simultáneas sea el mismo en cada grupo. Para atender a estas se adjudica a cada grupo de 60 abonados cierto número de buscadores primarios en cuyos arcos de contactos se multiplican las 60 líneas. De esta manera cada línea tiene a su servicio varios buscadores de línea y, en cambio, con solo unos pocos de estos se asegura la comunicación de un gran número de líneas.

En la red de Bruselas, por ejemplo, se presuponen 9 buscadores primarios para cada grupo de 60 abonados lo que significa la posibilidad de celebrar nueve conversaciones simultáneas por los abonados de cada grupo de 60.

A pesar de las precauciones que se toman en toda

central para distribuir uniformemente el tráfico entre los buscadores primarios, esta uniformidad no se consigue nunca con todo rigor de suerte que si, en el caso de Bruselas por ejemplo, serían suficientes 450 buscadores primarios para 6000 abonados en el supuesto de que el número de llamadas simultáneas no exceda de 450 en la hora más cargada, según afirma la experiencia, en cambio, hay momentos en que mientras en un grupo de 60 abonados se producen una o dos o ninguna llamada, en otro se producen hasta 8 o 9 llamadas. Atendiendo pues a este número máximo de 9 llamadas se deberían disponer, si no existieran los buscadores secundarios, 900 circuitos de conexión, que comprenden 900 buscadores de línea, 900 selectores primarios, 900 selectores de registradores, 900 circuitos de conversación, etc., siendo así que no deben asegurarse más que 450 conversaciones simultáneas para tal grupo de 6000 abonados.

De ahí la necesidad de los buscadores secundarios. De estos se disponen solamente tantos como número máximo total de conversaciones simultáneas se prevé para toda la red lo que equivale a dotar a la central del mismo número de circuitos de conexión. Los buscadores primarios, calculados en número suficiente para atender, no sólo a todas las comunicaciones simultáneas, sino también a la irregularidad de su distribución, comunican por medio de las líneas auxiliares de concentración con los arcos de contactos de los buscadores secundarios. Cada buscador secundario y, por consiguiente, cada circuito de conexión, estará pues al servicio, no de un grupo de 60 abonados sino al de un grupo de 60 grupos de 60 abonados o sea al servicio de 3600 abonados como máximo, consiguiéndose el objeto que siempre debe perseguirse en telefonía automática de poner el mayor número posible de buscadores al servicio del mayor número de abonados para obtener el mejor rendimiento de todos los órganos.

El funcionamiento se desenvuelve de la manera siguiente: En cuanto un abonado perteneciente a cierto grupo de 60 descuelga el teléfono todos los buscadores primarios afectos a este grupo, que no estén ocupados, se ponen en marcha en busca de la línea que llama, el primero que la encuentra se detiene y la prolonga por medio de la línea auxiliar hasta los arcos de contactos de cierto número de selectores secundarios. Inmediatamente todos estos buscadores secundarios que no estén ocupados se ponen en marcha y en cuanto uno encuentra la línea auxiliar en cuestión se detiene quedando la línea unida a un circuito de conexión, es decir, a un selector primario.

Se ve, pues, que el número de circuitos de conexión que se ponen a la disposición de una línea, depende del multiplaje de los buscadores primarios en los arcos de contactos de los buscadores secundarios. En la red de Bruselas las 9 líneas auxiliares que parten de las escobillas de los 9 selectores primarios adjudicados a cada grupo de 60 abonados se dividen en tres haces de 3 líneas cada uno. Las líneas 1, 2, 3, de los 20 primeros grupos de 60 abonados se conectan en múltiple a los arcos

de los buscadores secundarios de un primer grupo de 30 circuitos de conexión, las líneas 4, 5, 6, se conectan en múltiple a un segundo grupo de 30 circuitos de conexión y, por último, las líneas 7, 8, 9, se conectan en múltiple a un tercer grupo de 30 circuitos de conexión. Los 1200 abonados que constituyen los 20 grupos de 60 abonados considerados tienen, pues, $3 \times 30 = 90$ circuitos de conexión a su servicio. El mismo montaje se repite para cada conjunto de 20 grupos primarios de 60 abonados. Como el último conjunto no llega a 1200 abonados, se equipan proporcionalmente el número de los que existen.

Circuito de conexión.—Combinadores.

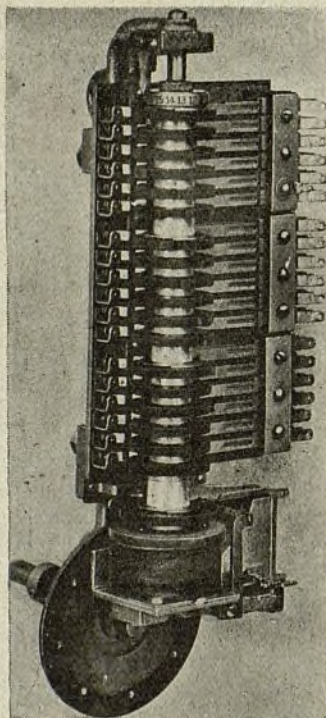
Una vez puesta en comunicación la línea del abonado que llama con un buscador secundario, puede decirse que queda conectada a un circuito de conexión, llamado también circuito cordón, por la semejanza que presenta en su funcionamiento con el circuito de clavijas de una central múltiple manual. En efecto: el buscador secundario equivale a la clavija de contestación y el selector primario en que termina el circuito de conexión equivale a la clavija de llamada. Todas las demás funciones que se desarrollan con la intervención de la telefonista, como son invitación al abonado a que le diga el número del que desea llamar, prueba de la línea de éste, ocupación de ella si está libre impidiendo que pueda tomarla ningún otro abonado, etc., deben efectuarse aquí automáticamente. Estas operaciones y otras más que iré exponiendo, se realizan por medio de mecanismos especiales de gobierno secuencial que, según los sistemas y el modo de construcción, han recibido los nombres de conmutadores laterales, conmutadores principales o combinadores. Este último es el nombre que conviene a los conmutadores secuenciales de la Western Electric Co. Sus funciones son, sin embargo, muy diversas, pues, en algunos casos, son simplemente combinadores porque se limitan a combinar los circuitos en las distintas fases de la conexión modificando su estructura, y en otras son verdaderos buscadores, pues buscan uno libre entre varios órganos de conexión y, finalmente, son también registradores en el concepto de que almacenan en sí las llamadas del abonado.

El circuito de conexión consta de varios de estos órganos. Consta, en efecto, de un combinador que dispone los circuitos en forma conveniente para establecer la conexión, conecta la línea del abonado que llama a otro combinador llamado selector de registrador, establece, en el momento oportuno el circuito de conversación y efectúa, después de terminada ésta, la desconexión de los circuitos.

El selector de registrador busca un registrador que esté libre para conectarlo con el abonado que llama a fin de que se registre la llamada a semejanza de lo que hace la telefonista cuando la registra en su memoria. La distribución de las cifras de la llamada entre los distintos órganos de que consta el registrador, se regula por otro combinador llamado combinador de recepción. Del mismo modo,

la reexpedición de las cifras hacia el selector primario, está regulada por un combinador de transmisión. Esencialmente, pues, el circuito cordón está constituido permanentemente por un buscador secundario de línea, un combinador buscador de registrador, y un selector primario. Durante el período de llamada interviene además el registrador, el cual se excluye cuando se establece la comunicación efectiva o sea el circuito de conversación.

El combinador consiste, en general, en un soporte rectangular que lleva una serie de resortes de contacto, un árbol motor vertical y el embrague que pone este árbol en movimiento conforme diré luego. El árbol motor lleva una serie de levas de ebonita que presentan con respecto a un radio fijo,



Combinador y sus órganos motores.

determinado número de salientes y entrantes dispuestos con arreglo a las conveniencias del objeto a que se destina el combinador. Además, lleva el árbol motor en la parte superior un disco numerado que permite conocer el ángulo que ha girado el combinador contado en pasos y, por consiguiente, su posición. En el soporte rectangular citado hay una serie de contactos constituidos cada uno por un resorte en lámina horizontal que puede apoyarse en un contacto situado a su derecha o en uno situado a su izquierda o bien no tocar a ninguno de los dos. Cada resorte en lámina corresponde a una de las levas y su posición está determinada por los salientes, los entrantes y el radio medio fijo de la leva correspondiente.

Además de las levas citadas que se disponen por razones de standarización en la fabricación en grupos de seis, lleva el árbol en la parte inferior una leva especial que regula el movimiento de rotación del propio árbol haciéndole avanzar uno o más pasos según convenga al objeto a que se destina.

Las características propias del combinador que merecen especial mención, son las que siguen: Por medio de las levas, un contacto puede cerrarse y abrirse varias veces en un ciclo de rotación completa del combinador, lo que permite, por ejemplo, la introducción, repetida, si es necesario, de un mismo relés en diferentes combinaciones de circuitos. Siendo uniforme la velocidad de rotación del árbol se pueden establecer contactos breves cuya duración se haya determinado de antemano. Se puede hacer que cualquier contacto se abra o se cierre antes o después que otro con cuanta precisión y regularidad se desee y, finalmente, el sostener un contacto cerrado o abierto no consume corriente alguna.

Registrador.

Dos son los procedimientos generales de gobernar los movimientos de avance de los selectores para establecer una comunicación automáticamente: el método de impulsiones directas y el de impulsiones inversas. Por el primer procedimiento, el abonado emite con el disco numerador las impulsiones que accionan el electroimán encargado de gobernar el avance paso a paso del selector, resultando que este órgano es en su movimiento, dependiente del disco numerador a cuya velocidad mayor o menor, según los casos, debe adaptarse. Por el método de impulsiones inversas es el mismo selector el encargado de transmitir las impulsiones y accionar con ellas el numerador u otro órgano intermedio. Es fácil comprender esta inversión de gobierno: El abonado, por ejemplo, hace girar al disco numerador un arco distante cierto número de pasos de la posición de reposo. Según el primer método, vuelve a ella por la acción de un resorte expidiendo una impulsión por cada paso que avanza, pero, en el segundo método, no regresa por sí al reposo sino que, por el mero hecho de haber sido movido, se ha puesto en marcha el selector con movimiento propio y a cada paso que da envía una impulsión al numerador haciéndole avanzar un paso hacia la posición de reposo; cuando llega a ésta se modifican las condiciones del circuito y se detiene también el selector. La consecuencia es la misma para uno como para otro método pero las condiciones de funcionamiento son muy distintas. El método de impulsiones directas es el adoptado por los antiguos sistemas llamados progresivos o paso a paso, como el Strowger, en tanto que en los sistemas rotatorios se ha adoptado, al menos parcialmente, el sistema de impulsiones inversas. En efecto: el abonado transmite el número por el método de impulsiones directas activando los órganos registradores, cuya sensibilidad, rapidez de funcionamiento y facilidad de construcción permiten ventajosamente la acción directa, pero, los selectores son gobernados por el registrador por medio de impulsiones inversas. De esta manera el órgano gobernado es siempre el registrador, tanto al recibir la llamada del abonado como al transmitirla al selector. Teniendo esto presente, puede construirse el registrador en condiciones de sensibilidad y rapidez tan grande como se desee haciendo que su inercia sea un mínimo, en tanto que el disco nu-

merador puede ser de sólida construcción y de fácil regulación entre límites muy amplios. Asimismo, funcionando el selector como órgano independiente puede estar dotado de movimiento propio de rotación y poseer las condiciones mecánicas de solidez y fácil regulación que se requieren para la máxima garantía de funcionamiento.

El registrador es, en el sistema a que me estoy refiriendo, un órgano consustancial con él, pues, dado que al abonado no puede imponérsele otro sistema de numeración que el decimal, es necesario un órgano que convierta los números transmitidos en aquel sistema en los apropiados al sistema particular adoptado que podríamos llamar de base 200 o de dobles centenas. Para responder a esta necesidad de conversión está la acción combinada del registrador con el método especial de numerar los distintos niveles de los selectores de grupo en la forma que ya llevo expuesta.

El registrador consiste en cierto número de combinadores dispuestos, en general, para recibir cada uno las impulsiones de una cifra. Cada registrador elemental puede adoptar diez posiciones numeradas de 0 a 9, recibiendo en el caso de la red de Bruselas, tantas veces aludida, los nombres de registrador de decenas de millar, registrador de millares, registrador de centenas, registrador de decenas y registrador de unidades.

Cada registrador recibe avanzando paso a paso las impulsiones propias de la cifra que le corresponde y, terminando su revolución completa, hace avanzar al selector correspondiente el número de pasos que le faltan para completarla más uno que se debe a la circunstancia de emplear impulsiones inversas. A este efecto, los registradores se conectan a la línea que llama por medio del circuito de conexión separada y sucesivamente, en el orden de la transmisión de las cifras por el abonado que llama cualquiera que sea, dentro de los límites admitidos, la velocidad de esta transmisión; por el contrario, los órganos de selección no esperan para entrar en funcionamiento a que la transmisión del número pedido esté terminada, sino que se ponen en movimiento inmediatamente después que cada serie de impulsiones se ha recibido y traducido según las reglas de paridad de la numeración por dobles centenas. La selección no se hace, pues, de manera continua, sino a medida que cada órgano de selección ha tomado una posición en concordancia con la cifra o grupo de cifras que representa el conjunto de la selección.

En el momento en que un registrador es conectado al circuito del abonado que llama, los registradores elementales que estaban todos en la posición 0 pasan a las posiciones siguientes que podemos considerar como posiciones iniciales:

0 1 1 0 0

quedando además conectado el registrador de decenas de millar al circuito del abonado que llama. Este transmite la primera cifra y cada impulsión hace avanzar un paso el registrador; cuando ter-

mina esta serie de impulsiones se conecta a la línea el registrador de millares aprovechando el intervalo de tiempo que hay entre ella y la siguiente serie de impulsiones.

Las impulsiones provocadas por la transmisión de la cifra de millares accionan el registrador de millares que parte de la posición 1 llevándole a la posición correspondiente a la cifra transmitida más un paso. El tiempo que separa la transmisión de la cifra de millares de la de centenas se utiliza para desconectar la línea del registrador de millares y conectarle con el de centenas y así sucesivamente con los siguientes registradores elementales. De esta manera, si el registrador permaneciese inactivo en alguna etapa de la selección por falta de enlaces libres entre los selectores de grupo, la llamada quedaría almacenada en los registradores elementales gracias a las posiciones adquiridas por ellos.

Al mismo tiempo que el registrador es conectado a la línea que llama lo es también al selector primario perteneciente al mismo circuito de conexión, pero, esta comunicación no se hace efectiva hasta que el registrador de decenas de millar no ha llegado a la posición indicada por la cifra correspondiente recibida.

En este momento, el selector de escobillas correspondiente al selector primario de grupo se pone a girar con movimiento continuo. A cada paso que avanza coloca en posición de desprendimiento la púa de cierto nivel contado de arriba abajo y, a la vez envía una impulsión al registrador al que hace avanzar un paso hacia la posición de reposo (método de las impulsiones inversas). El registrador de decenas de millar es conducido así a la posición 0 dando un número de pasos que es el complemento a 10 de la cifra de decenas de millar enviada. El selector de escobillas avanza aún un paso más llegando a una posición que corresponde naturalmente a un nivel cuyo número es el complemento a 11 de la cifra registrada y en el cual tiene lugar el desprendimiento del juego de escobillas del mismo nivel. El carro portescobillas del selector primario se pone entonces en movimiento y las escobillas frotan sucesivamente en los contactos de partida de los enlaces que conducen al grupo de 10000 abonados que ha sido seleccionado. Cuando encuentran un enlace disponible se detiene el carro e inmediatamente el registrador de decenas de millar se desconecta del selector primario conectándose en su lugar el registrador de millares.

Una vez realizado esto, entra en acción el selector secundario que queda conectado a través de los contactos del primario con el registrador de millares. Aquí se suceden las mismas operaciones que antes: el selector de escobillas se pone a girar y mediante las impulsiones inversas, hace avanzar el registrador hasta que llega a la posición de reposo. Pero, si se examina la numeración de los niveles del selector secundario dada para la red de Bruselas, se ve que sólo están equipados los niveles de orden impar debiéndose por lo tanto modificar el número de impulsiones recibidas en el registrador y, por consiguiente, su complemento a 11 (que es el nivel que seleccionaría el selector de escobillas), de ma-

nera que cada par de cifras 0-1, 2-3, 4-5, 6-7 y 8-9, produzcan el mismo número de impulsiones y además que estas conduzcan siempre a un nivel impar; en una palabra, hay que realizar la regla ya conocida de añadir a las impulsiones recibidas una impulsión más si la cifra es impar y dos si es par. A este efecto, el registrador parte de la posición 1 a la que se añade el número N de emisiones de la cifra transmitida, y además, si N es par, se disponen automáticamente las cosas de manera que la posición 9 pasa a ser posición de reposo lo que equivale a hacerle avanzar un paso más. Supongamos que N vale 4. Según la regla, el nivel seleccionado debe ser $11 - (4 + 2) = 5$ y, en efecto, se tiene:

Posición inicial del registrador	1
Nº de pasos recibidos	4
Nº de pasos que le falta avanzar hasta llegar a 9	$9 - 5 = 4$
Nº de pasos que girará el selector de escobillas	$4 + 1 = 5$

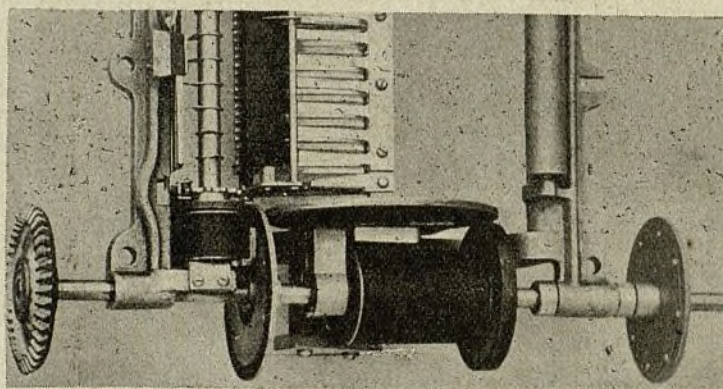
Si N fuese 5 se tendría:

Posición inicial del registrador	1
Nº de pasos recibidos	5
Nº de pasos que le falta avanzar hasta llegar a 10	$10 - 6 = 4$
Nº de pasos que girará el selector de escobillas	$4 + 1 = 5$

La selección se efectúa, pues, en las condiciones prescritas. El carro portaescobillas del selector secundario gira hasta encontrar un enlace libre con un selector terciario y en cuanto lo alcanza se detiene y queda el registrador de centenas conectado al selector terciario, pero, obsérvese bien que, si la cifra de millares ha sido impar, el registrador de millares ha vuelto a la posición de reposo 0, pero, si ha sido par, está detenido en la posición 9. Esta diferencia nos permite en la práctica hacer que influya la paridad de la cifra precedente en la selección de las centenas conforme hacían suponer que se necesitarían las fórmulas que empleábamos para determinar los niveles al tratar de la división numérica del selector terciario.

En cuanto al selector secundario queda conectado por medio de un enlace con el selector terciario, entra éste en funcionamiento bajo la acción inversa del registrador de centenas y eventualmente del registrador de millares que ha quedado en la posición 9 si la cifra de millares ha sido par. Cuatro casos pueden, pues, presentarse según que la cifra de millares sea par o impar y la de centenas sea par o impar. Si, siendo la cifra de millares par, la de centenas es par, para realizar las condiciones de las fórmulas conocidas, deberá añadir el registrador de centenas un paso a la cifra recibida y si es impar no deberá añadir ninguno, pero, como quiera que este registrador parte de la posición 1, deberá restarse en este último caso ese paso inicial que no es nece-

sario. Veamos como se consigue esto en el supuesto, como ya se ha dicho, de que la cifra precedente haya sido par. El selector de escobillas del selector terciario se pone a girar y, a cada paso, hace avanzar un paso hacia la posición de reposo al registrador de centenas que parte de la posición $1 + N$ si la cifra registrada N es impar y de la posición $2 + N$ si esta cifra es par, de manera que en el último caso recibe el registrador una impulsión adicional que no tiene efecto sobre el selector y equivale a que, como en el registrador anterior, fuese 9 la posición de reposo. Así pues, en el caso de la cifra par, ambos órganos darán, para llegar a la



Órganos motores de un selector. El árbol horizontal es el árbol motor con el cual giran los tres discos visibles en la figura. El primer disco motor de la izquierda comunica su movimiento al árbol selector de escobillas cuando se excita el electro que lleva este arrollado en la parte inferior. El segundo disco motor mueve el carro portaescobillas, atrayendo el disco horizontal de este cuando se excita el electro que se ve arrollado al árbol motor.

posición de reposo del registrador, $10 - (1 + N)$ pasos, enviando esta impulsión al registrador de millares que está en la posición 9, con lo que pasa al reposo. El selector de escobillas da aún otro paso más, es decir, en total $10 - (2 + N) + 2 = 10 - N$ pasos, con lo que queda seleccionado el nivel correspondiente a la cifra par de centenas N. Supongamos, por ejemplo, que se trata del número 34200, que es el caso expuesto por ser 4 y 2 cifras pares. Se tendrá:

Posición inicial del registrador	1
Nº de pasos recibidos	2
Paso adicional por ser N par	1
Nº de pasos que falta avanzar para llegar a la posición de reposo 0	$10 - 4 = 6$
Nº de pasos que girará el selector de escobillas	$6 + 1 + 1 = 8$

8 es pues, el nivel seleccionado. En efecto, según la fórmula obtenida $10 - N = 10 - 2 = 8$.

Si, continuando en el supuesto de que la cifra de millares es par, la cifra de centenas es impar, la posición de reposo es 10 y, por consiguiente, fácilmente se deduce que el número de pasos del selector de escobillas será $10 - (1 - N) - 2 = 11 - N$ pasos. Si, por ejemplo, se trata del número 34300, el nivel será $11 - 3 = 8$. Ambos resultados pueden comprobarse en el ejemplo de división del selector terciario que he dado precedentemente.

Supóngase ahora que la cifra de millares es impar, es decir, que el registrador de millares está en posición de reposo. Teniendo presente que si la cifra de centenas es par el registrador de centenas recibe una impulsión más antes de empezar la selección, el número de pasos del buscador de escobillas será:

Si N es impar: $10 - (1 + N) + 1 = 10 - N$

Si N es par: $10 - (2 + N) + 1 = 9 - N$

lo que puede comprobarse dando a N distintos valores en consonancia con la paridad de esta fórmula.

Preparada de esta manera por el selector de escobillas la púa correspondiente al nivel que debe ser seleccionado se pone en marcha el carro portaescobillas, se desprende el juego de escobillas del mismo nivel y estas frotan sucesivamente en los contactos de partida de los enlaces que conducen hacia el grupo de selectores finales donde se encuentra el abonado a quien se llama. El carro portaescobillas se detiene cuando encuentra un enlace disponible y entonces, el registrador de centenas se desconecta del selector primario conectándose en su lugar el registrador de decenas. Al fin de la recepción de las impulsiones de la cifra de centenas, el registrador de centenas deja en reposo o pone en acción un relais corrector según sea la paridad de la cifra de centenas. Este relais permanecerá actuando después de terminada la selección terciaria y efectuará la corrección necesaria para la selección final de la cifra de unidades.

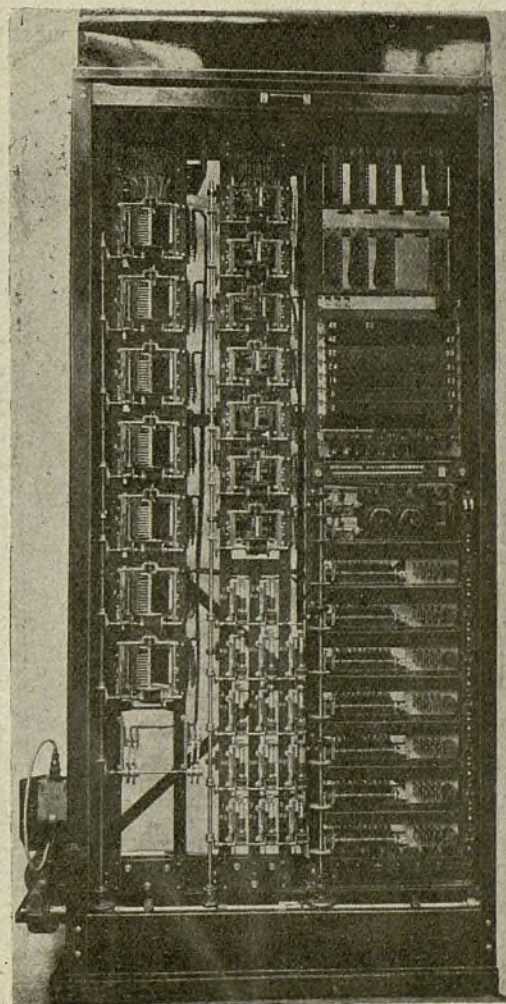
El selector de escobillas del selector final es accionado mediante impulsiones inversas por el registrador de decenas el cual vuelve a la posición de reposo dando un número de pasos complementario a 10 de la cifra de decenas transmitida; el selector de escobillas da, como siempre, un paso suplementario, de suerte que el nivel seleccionado es el complemento a 11 de la cifra transmitida preparándose así el desprendimiento del juego de escobillas del nivel correspondiente a la cifra de decenas.

El registrador de decenas se excluye entonces del circuito sustituyéndole el registrador de unidades; el carro portaescobillas del selector final se pone después en movimiento desprendiéndose el juego de escobillas indicado, el cual, frota sucesivamente en los contactos de partida de las líneas de los abonados correspondientes a la doble centena seleccionada y que tienen la decena igual. A cada paso que avanza, contado de derecha a izquierda, envía el selector final al registrador de unidades una impulsión inversa que le hace avanzar un paso hacia la posición de reposo llegando a ella por un número de pasos que es el complemento a 10 de la cifra de unidades, pero, el selector da un paso más, es decir, un número total de pasos que es el complemento a 11 de la cifra de unidades.

Si la cifra de centenas fué impar, el selector se detiene en llegando a la posición indicada, pero, si fué par, el paso del registrador a la posición de reposo tiene por consecuencia desexcitar el relais corrector y el carro portaescobillas continúa su movimiento dando 10 pasos más que le llevan al mis-

mo número de decenas y unidades de la decena par.

Puesto así el carro portaescobillas del selector final en comunicación con los contactos de partida de la línea del abonado llamado se establece la comunicación entre la línea que llama y la llamada desconectándose totalmente el aparato registrador que ha intervenido como se ha visto, solamente durante la llamada.



Tipo especial de central automática de cincuenta líneas para e servicio privado en oficinas, fábricas, talleres, etc. En la primera columna están los selectores, en la segunda los buscadores de línea y combinadores, y en la tercera los relais y los registradores del nuevo modelo.

Si la línea está libre se envía automáticamente una corriente que hace funcionar a intervalos el timbre del abonado llamado, pero, si este estuviera comunicando con otro, el abonado que llama recibiría una señal característica de ocupación.

Numerosas son las ventajas que se derivan del empleo de los registradores pero entre ellas resaltan como más importantes las que a continuación se exponen:

Si, en un momento dado, aumenta anormalmente el tráfico dirigido hacia cierto grupo de abonados llegando el número de llamadas a ser superior al previsto, faltarán naturalmente enlaces en aquella dirección, pero todas las llamadas excedentes no

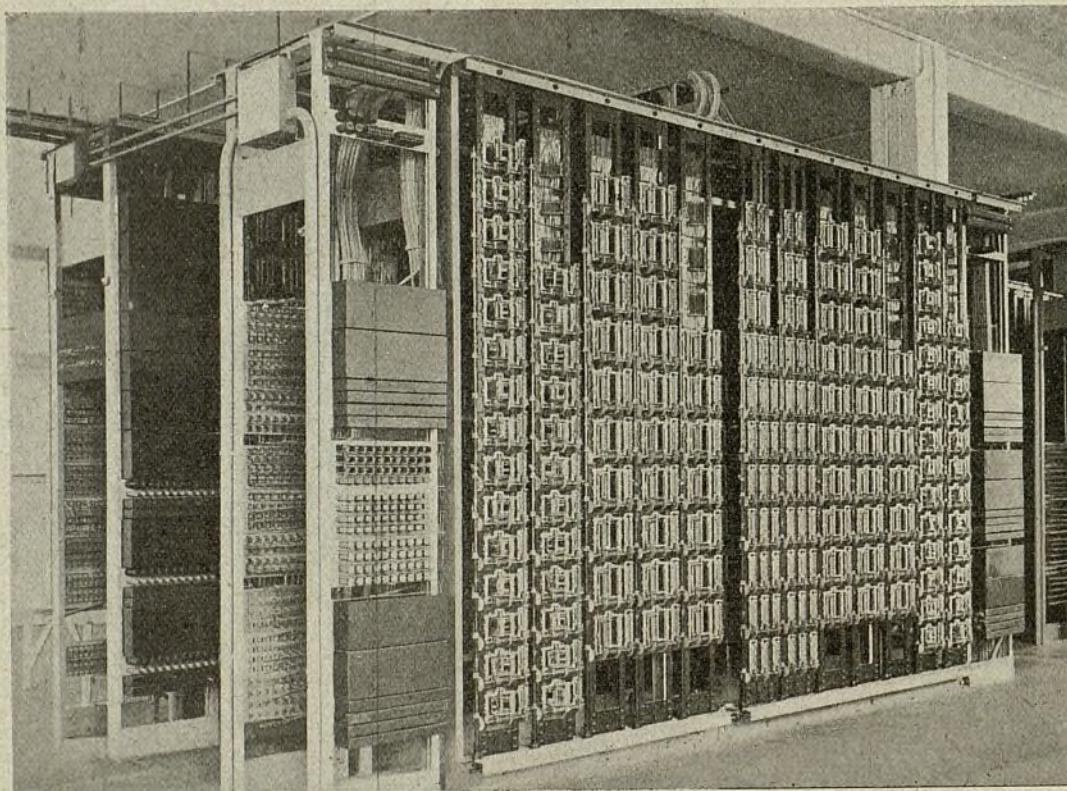
se pierden como ocurre en los antiguos sistemas paso a paso, sino que se almacenan total o parcialmente en el registrador y en cuanto algún abonado termina la conversación se efectúa la conexión deseada que de llamada perdida que hubiese sido en otro sistema, se convierte en llamada simplemente retardada o diferida.

Siendo así, nunca deja de realizarse una conexión con una vez que se llame, pues, debiendo el abonado que llama esperar la señal de llamada, cuando recibe ésta es prueba de que ya ha sido conectado a un registrador y, por consiguiente, su llamada que-

de saturación de los registradores sea de 0,001. A pesar de lo complejas que parezcan todas las operaciones de selección de un registrador libre, la señal de llamada la recibe el abonado casi siempre en el tiempo que tarda en llevarse el teléfono al oído.

Disposiciones mecánicas.

En los antiguos sistemas de conmutación automática llamados paso a paso o progresivos, los órganos de selección se ponen en movimiento por la



Vista parcial de la Central de Teléfonos automática de Bruselas

dará almacenada en él cualesquiera que sean las condiciones ulteriores de la conexión. El tiempo que se tarda en recibir la señal de llamada depende de que uno de los varios buscadores de línea primarios y secundarios encuentre la línea del abonado que llama conectándola a un circuito de conexión y, luego, del tiempo que tarda el buscador correspondiente de registradores en encontrar uno libre. Para cada grupo de circuitos de conexión hay un número de registradores suficiente para que siempre haya por lo menos uno libre. Este número se calcula teniendo presente que la duración media de ocupación de un registrador es de 20 segundos que, multiplicado por el número de llamadas durante la hora más cargada, da el tiempo medio de ocupación total y por medio de las fórmulas que da el cálculo de probabilidades se obtiene el número de registradores que es necesario conectar a cada circuito de conexión. Ordinariamente este número se determina en forma que la probabilidad

acción misma de las impulsiones directas que los gobiernan, pero, en el sistema rotatorio que llevamos descrito, los órganos de selección son gobernados por las impulsiones inversas que reciben de los registradores, lo cual justifica la necesidad de que los selectores disfruten de un movimiento propio que naturalmente no les puede ser comunicado sino por una disposición independiente del sistema. Asimismo, los combinadores o conmutadores secuenciales cuya acción es importantísima para regular la evolución sucesiva de los esquemas de conexiones, adquieren mayor independencia si su movimiento está gobernado por ellos mismos. La transmisión de la fuerza motriz desempeña pues un papel tan importante en el funcionamiento del sistema que ha contribuido en gran manera a la determinación de la forma y naturaleza de los órganos selectores y combinadores. La fuerza necesaria se suministra por un pequeño motor eléctrico de tipo comercial usual al que se embraga un árbol principal horizon-

tal. El sistema de transmisión es muy sencillo, pues consiste solamente en engranajes cónicos que comunican el movimiento del árbol principal a tantos árboles verticales como bastidores de selectores, combinadores, registradores, etc., haya. Cada órgano movable está provisto de un pequeño árbol motor horizontal acoplado por medio de un engranaje cónico al árbol vertical correspondiente al bastidor donde está montado. Este pequeño árbol gira constantemente a la velocidad de 31 vueltas por minuto, movimiento que es relativamente lento.

Para transmitir el movimiento de rotación del árbol a los órganos movibles del selector como son el selector de escobillas y el carro portaescobillas, se emplea un embrague magnético que resulta muy seguro, exacto y sencillo. La disposición de este embrague varía ligeramente según cual sea el órgano movable, pero, siempre consta esencialmente de un disco de hierro que forma parte del árbol motor y de cuyo movimiento participa otro disco que forma parte del árbol movable. Cuando deba producirse el embrague, uno de los dos discos se imana por ser parte integrante del núcleo de un electroimán y, atrayendo entonces al otro, se ponen en contacto y se comunican el movimiento.

En el caso del carro portaescobillas de los selectores o de los buscadores de línea, el disco motor está fijo al árbol motor que gira constantemente y el segundo disco consiste en un plato sujeto por un diafragma al árbol portaescobillas. El electroimán, cuyo arrollamiento envuelve al árbol motor, gira también con este. Cuando deba ponerse en rotación el carro portaescobillas se envía una corriente al electroimán con lo cual se imana el disco motor y, atrayendo contra sí el plato movable, ambos discos se ponen en contacto por los bordes comunicando el primero su movimiento al segundo. Cuando se abre el circuito del electroimán cesa la atracción y se para el carro portaescobillas. Para impedir todo movimiento ulterior debido a la inercia y al magnetismo remanente y que tuviese por consecuencia que las escobillas no se aplicasen exactamente sobre los contactos del campo de exploración, se dispone un electroimán freno que atrae contra sí el plato del árbol portaescobillas deteniéndolo en el preciso instante en que se abre el circuito del electroimán motor.

Para el selector de escobillas, el disco motor forma parte del árbol motor y el disco movable forma parte, como antes, del árbol del selector de escobillas, pero, el electro-excitador está arrollado a este último en vez de estarlo al primero. Cuando se excita el electroimán motor ambos discos se atraen comunicándose el movimiento hasta que cesa la corriente de excitación.

Para los combinadores y registradores se emplea la misma disposición.

El embrague magnético se compone de un pequeño número de partes muy sencillas que no están sujetas a ningún desgaste y que, por ajustarse automáticamente, no necesitan regulación ninguna.

Características generales.

Lo que distingue esencialmente el sistema rotatorio de los anteriores sistemas progresivos, es la distribución de los abonados como base de selección en grupos de 200 en lugar de distribuirlos en grupos de 100. La primera ventaja que se advierte es que se disminuye el número de etapas de selección y aumenta además el rendimiento de los órganos selectores cuya capacidad total se duplica para el mismo número de etapas de selección. El empleo del sistema de base 200 y la imposibilidad de exigir del abonado otro sistema de numeración que el decimal, impone la adopción de un mecanismo que resuelva automáticamente el problema aritmético del cambio de uno a otro sistema; este mecanismo es el registrador. Parece a primera vista que esto sea un inconveniente y redunde en perjuicio de las ventajas económicas que reporta el haber adoptado la base de selección de dobles centenas, pero, no solamente no es así, sino que hemos podido observar en este ligero estudio las incalculables ventajas que reporta para la seguridad de funcionamiento la posibilidad de hacer autónomos, digámoslo así, los órganos de selección por el empleo de las impulsiones inversas y el enorme coeficiente de seguridad que reporta al funcionamiento general del sistema la ligereza y sensibilidad, así como la exactitud con que funcionan los registradores elementales. Pero, aunque todo esto no fuera, bastaría la circunstancia de que merced al registrador no existe la posibilidad de que el abonado que llama espere en vano la contestación del llamado por haberse perdido la transmisión de la llamada a causa de estar ocupados todos los enlaces de un nivel que conducen a otra etapa de selección. Eso nunca puede ocurrir empleando registradores, pues este aparato almacena la llamada, como hemos visto, hasta el momento en que queda libre un enlace que le permita reexpedirla. No hay pues llamadas perdidas, sino en el caso más desfavorable, llamadas diferidas.

Con esto, señores, creo haber dado una idea general del funcionamiento del sistema automático rotatorio cuyas indiscutibles ventajas habréis podido observar. He dicho.



La evolución de la construcción de ferrocarriles y de puentes de ferrocarril en Norteamérica

Conferencia dada por el Dr. J. A. L. Waddell, Ingeniero Consultor, en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, bajo los auspicios de la Asociación de Ingenieros Industriales, el día 21 de Abril de 1922.

(Continuación)

Evolución de la construcción de puentes de ferrocarril.

Las diversas clases de puentes de ferrocarril construídos en mi tiempo pueden clasificarse en la forma siguiente:

- Fábrica de piedra.
- Madera.
- Mixtos.
- Hierro forjado.
- Acero al carbono.
- Acero especial.
- Hormigón armado.

Puentes de fábrica de piedra.

Los puentes de fábrica de piedra para ferrocarriles nunca han sido corrientes en los Estados Unidos a causa de su elevado coste de construcción. Casi exclusivamente se redujeron estas obras a arcos de poca luz en lugares donde la piedra era buena y barata, y donde se podía cimentar sobre roca sólida u otro material duro que no se hallase muy profundo con relación al lecho del cauce. Estas obras fueron empleadas en los primeros tiempos de los ferrocarriles en las líneas de más importancia; y desde entonces se han construído algunas de tiempo en tiempo, hasta la época de los puentes de hormigón armado. Actualmente se construyen muy pocas obras de fábrica en América; en efecto, su tiempo ya pasó.

Puentes de madera.

Hace cincuenta o más años, casi todos los puentes de entramado para ferrocarriles se construían de madera, siendo la viga de tipo Howe⁽¹⁾ la más empleada en este género de construcciones. Estas obras respondían bien a su objeto cuando el metal era costoso y la madera barata, pero desde que empezó a ocurrir lo contrario han dejado de emplearse. Las principales objeciones contra estas obras eran, el empleo de la madera trabajando a la tracción y el desarrollo de la putrefacción interior que producía la ruina sin previo aviso. En los ferrocarriles primeros construídos en regiones salvajes, donde la madera es abundante y costoso el transporte del metal, todavía resulta económico emplear puentes

(1) La viga de tipo Howe, según se recordará, tiene montantes verticales y diagonales inclinados a 45° en sentidos opuestos a partir del centro del tramo. Todos los elementos de esta viga resultan comprimidos, menos la cabeza inferior.—(N. del T.)

de madera con vigas del tipo Howe, y después de ocho o diez años substituirlos por estructuras permanentes.

Puentes mixtos.

Los puentes mixtos se desarrollaron con el fin de evitar el empleo de la madera trabajando a la tracción; las piezas comprimidas de estos puentes son de madera y las sometidas a tracción fueron primeramente de hierro forjado y posteriormente de acero. También estos puentes respondieron bien a su objeto durante cierto tiempo, pero nunca constituyeron un tipo de estructura realmente satisfactorio, a causa de la contracción de la madera que determinaba huelgos en las uniones y los hacía vibratorios. Ordinariamente estos puentes duraban más que los de madera de vigas del tipo Howe, pero no resultaban tan rígidos bajo la acción de cargas móviles rápidas. Durante cierto tiempo el coste de establecimiento de estos puentes resultaba aproximadamente la mitad del de una estructura completamente metálica; pero gradualmente, a medida que el acero fué más barato y la madera escasa y costosa, la relación entre los costes fué aumentando, y cuando ésta alcanzó a ser del 75 por ciento, se consideró económico por la generalidad adoptar los puentes de acero desde un principio.

En los primeros tiempos los detalles de los puentes mixtos eran más bien toscos, pero gradualmente fueron mejorando; sin embargo, esta mejora tendía a aumentar la relación entre los costes de estos puentes y de los metálicos. Los últimos puentes mixtos proyectados y construídos por mí, fueron los tramos provisionales del East Omaha Bridge sobre el río Missiouri en Council Bluffs, Iowa, construídos hacia el año 95. Estos tramos costaron el setenta y cinco u ochenta por ciento de lo que hubieran costado los de tramos de acero, y teniendo en cuenta su vida más corta, en modo alguno resultaron económicos; pero la Compañía no pudo reunir el capital necesario para construir el tipo más costoso. Además, estos tramos estaban apoyados sobre pilas temporales de madera, y hubiera resultado ilógico y desacertado colocar una superestructura de carácter permanente, aunque esto no ha dejado de hacerse en algunas ocasiones. Estos tramos fueron calculados y detallados tan científicamente y tan cuidadosamente construídos que, al retirarlos, después de diez años de servicio, ni una sola pieza de madera presentaba muestras de de-

bilitamiento, ni se observó signo de ninguna clase que pudiera indicar una ruina incipiente. Según mi opinión, estos tramos hubieran prestado un servicio satisfactorio durante otros diez años, si no se hubieran aumentado las cargas móviles demasiado para justificar la continuación de su uso.

El puente mixto mantuvo su dominio en la costa del Pacífico durante más tiempo que en cualquier otra región de América, debido a la magnífica madera que allí puede obtenerse y al elevado coste del transporte del acero estructural desde los talleres del Este. Es posible que todavía se construyan algunos puentes de esta clase, pero de ello no tengo noticia.

Puentes de hierro forjado.

El puente de hierro forjado, especialmente para luces relativamente pequeñas, fué empleado durante veinte o treinta años; pero cuando el puente de acero resultó a precios unitarios más económicos, pronto lo suplantó, a pesar del hecho de resistir mejor el hierro forjado que el acero los ataques de los elementos.

Puentes de acero al carbono.

El puente de acero al carbono, de construcción primeramente generalizada en América entre los años 1885 y 1895, todavía mantiene su derecho para estructuras ordinarias de luces moderadas. Al principio se manifestó la tendencia de emplear acero duro, pero pronto el acero con proporción media de carbono fué el metal que se adoptó de ordinario, debido a la mayor confianza que merece su comportamiento. Desgraciadamente, al menos a mi parecer, los fabricantes americanos se han puesto de acuerdo para obligar al personal de ferrocarriles a aceptar un acero relativamente dulce para puentes, siendo el principal objeto perseguido el evitar que el material sea rechazado por los inspectores, aunque la excusa que de ordinario dan es la de ser el producto de calidad uniforme. Como se han disminuído la carga de rotura y el límite de elasticidad del acero sin rebajar los coeficientes de trabajo, resulta que los puentes contruídos de este acero dulce, son el cinco o seis por ciento menos resistentes que aquéllos donde se empleó la anticuada clase de acero medio.

No obstante, hace poco se trató de substituir el acero de puentes del comercio por un acero duro de elevada proporción de carbono, adoptando cargas unitarias más elevadas; pero no apruebo la innovación, porque el acero duro es demasiado quebradizo para la construcción de puentes, a no ser que todos los agujeros sean abiertos con el taladro. El punzonado deja grietas incipientes en el acero duro, y éstas tienden a ensancharse produciendo contratiempos.

Puentes de acero especial.

Si se desea una resistencia mayor que la del acero comercial, es mejor conseguirla mediante el empleo de algún metal aleado con el acero, antes que arriesgarse a usar el acero duro; aunque, natu-

ralmente, el acero especial tiene un precio unitario mayor. Debido a la mayor resistencia de los aceros especiales, los esfuerzos unitarios admisibles son mayores que en el acero duro ordinario, resultando, por consiguiente, que el peso total del metal requerido es menor, lo cual con frecuencia compensa con exceso el mayor precio de estos aceros.

En 1903 fuí contratado por la «International Nickel Company» de Nueva York, que por aquel entonces dominaba en las tres cuartas partes de la producción total de níquel del mundo, para investigar en el problema de la aplicación del acero-níquel a la construcción de puentes. La investigación requirió más de tres años antes de estar terminada, y después de informar a la Compañía sobre los resultados, preparé una memoria para la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles con el título «Nickel steel for Bridges» (acero-níquel para puentes). Esta memoria, con sus numerosas discusiones, fué la causa de que el acero-níquel entrara en uso para puentes de gran luz—principalmente el puente de Manhattan sobre el East River en la ciudad de Nueva York, el puente de Quebec sobre el río St. Lawrence, y el puente municipal en St. Louis sobre el río Mississippi.

La explosión de la gran guerra no sólo determinó el paro en la construcción de casi todos los puentes de gran luz del mundo, sino que además motivó tal aumento en la demanda de níquel para fines militares y navales, que el precio de este metal se elevó hasta el extremo de resultar prohibitivo, al menos temporalmente, para su aplicación económica en la construcción de puentes. Es posible que el níquel pueda ser de nuevo empleado cuando su precio unitario descienda a su valor normal; pero existe la probabilidad de que se descubra un acero especial para puentes más resistente y más barato que el acero-níquel.

Según lo demostrado extensamente en el Capítulo V de mi tratado, recientemente publicado, sobre «Economía de la Construcción de Puentes» («Economies of Bridgework»), es probable que el acero-cromo-molibdeno, denominado allí «Acero-Cromol» («Chromol Steel»), resulte ser la aleación del porvenir para la construcción de grandes puentes.

A mi retorno a los Estados Unidos, es probable que sea contratado por la «Climax Molybdenum Company», de Nueva York y Colorado, para realizar una serie completa de experimentos sobre el «Acero-Molibdeno para Puentes», análoga a la mencionada antes sobre «Acero-Níquel para Puentes».

Puentes de hormigón armado.

Hace sólo veinte años que realmente empezó en América la construcción de puentes de hormigón armado; durante largo tiempo estos puentes sólo se empleaban en carreteras, pero actualmente se aplican también para ferrocarril, tanto el tipo de arco como el de entramado. Esta clase de puente ha venido a quedar estacionaria. Al principio todo el mundo afirmaba que su vida era indefinida, mientras que los puentes de acero tenían una duración

limitada, de veinte a treinta años. Ambas afirmaciones son inexactas, pues, primeramente, a no ser que la estructura de hormigón armado esté construída con el mayor cuidado, y a no ser que su masa sea impenetrable para el agua, la ruina sobrevendrá tarde o temprano; y, en segundo lugar, la vida de un puente de acero bien proyectado, construído, montado y conservado, es indudablemente larga. Si el agua penetra en la masa del hormigón, con seguridad sobrevendrá la oxidación de las barras de las armaduras, lo cual provocará el agrietamiento del hormigón y su desportillamiento, no sólo debilitando así la obra sino además quedando las barras expuestas al ataque directo del aire en combinación con la humedad.

Por esta razón afirman algunos ingenieros que el puente de hormigón armado se halla aún en el período de ensayo; pero mi creencia es que, cuando se toman las debidas precauciones en el proyecto y en la construcción, este tipo de estructura puede, con propiedad, ser considerado como digno de confianza.

Desarrollo general.

Mis relaciones con el trabajo de puentes para ferrocarril empezaron en Enero de 1881, en calidad de Ingeniero Jefe de una pequeña compañía dedicada a la construcción de puentes en el Oeste Central; desempeñé este cargo durante año y medio y lo abandoné con motivo de aceptar una Cátedra de Ingeniería Civil en la Universidad Imperial de Tokio.

Mirando atrás, hacia los puentes que proyecté y dirigí hace cuarenta años, parece extraño que hubiera podido ejecutar tales trabajos sin darme cuenta de la enormidad de sus faltas y del notorio carácter rutinario de sus detalles. Mi excusa debe ser que por aquel entonces carecía de conocimientos prácticos de diseño de puentes, que la ciencia de la construcción de puentes no había empezado a desarrollarse y que todos los demás ingenieros americanos dedicados a la construcción de puentes eran, sobre poco más o menos, tan ignorantes como yo mismo. Al principio se impuso la necesidad de adoptar la práctica corriente en los proyectos; y durante los diez y ocho meses a que antes me refería, estuve tan atareado en la oficina y en el campo, y tan absorbido en el estudio de lo que hasta entonces se había hecho en materia de puentes, que no tuve ocasión de hacer nada importante en el perfeccionamiento de los detalles. Afortunadamente para mí todos los puentes de ferrocarril que proyecté eran del tipo mixto, o sea, con los miembros comprimidos de madera y los estirados de hierro forjado y, por consiguiente, la vida de estas obras quedaba limitada a la de la madera. Por fortuna para mi reputación, todas mis antiguas estructuras vivieron durante los plazos admitidos al proyectarlas sin sufrir ningún accidente, lo cual en modo alguno ocurrió así con los trabajos de ciertos otros proyectistas americanos de puentes. Esto no obstante, una de mis obras fué para mí una pesadilla durante diez años; se trataba de una construcción de carácter perma-

nente, constituída por tres torres armadas, de hierro forjado, sostenidas por pilas tubulares rellenas de hormigón, que soportaban los dos tramos formados por vigas mixtas del tipo Pratt, en la línea de un ferrocarril de vía estrecha. Cuando llegó el momento de retirar estos tramos para reemplazarlos por otros metálicos, fué adjudicada la contrata a mi antigua Compañía, y solicité que se corrigieran los detalles ostensiblemente malos de las torres. Así se hizo, y desde entonces quedó tranquila mi conciencia con respecto a las estructuras para ferrocarriles de mis primeros tiempos de práctica.

Detallado.

El detallado de los puentes en América, hace cuarenta años, era indiscutiblemente malo; pero el de los ingenieros europeos era, si cabe, peor. Esto lo supe en el Japón, al inspeccionar alguna de las estructuras para ferrocarril allí construídas por ingenieros ingleses. Ofrecían estas obras faltas de proyecto características, faltas que, a primera vista, provocaban una sacudida en cualquier proyectista de puentes americano; pues constituía un enigma para éste el descubrir por qué tales estructuras se sostenían bajo la acción de las cargas. Por aquellos tiempos los americanos empleaban vigas articuladas, y roblonadas los europeos. Este último tipo debió haber sido el más rígido; pero las estructuras roblonadas entonces construídas, estaban tan toscamente proyectadas, que el beneficio de su rigidez resultaba perdido.

En 1885 y 1886, cuando vivía en el Japón, sostuve, en mi ramo, una contienda periodística, que duró nueve meses, sobre el tema «American versus English Methods of Bridge Designing» (Los métodos americanos contra los ingleses en los proyectos de puentes). Se trató de una animada controversia que dió ciertos resultados, pues sirvió para interesar a los ingenieros de todo el mundo en la cuestión del estudio de los puentes en la debida forma. La expresión «de todo el mundo» está empleada deliberadamente; pues, aunque el «Correo del Japón», en el cual sostuve la controversia, no era muy leído fuera de aquel país, una vez terminada ésta la reproduje en forma de folleto, del que tiré ochocientos ejemplares distribuyéndolos profusamente por toda Europa, Asia, América y Australia. El tema fué tomado en consideración en estos países por la prensa técnica, y al folleto se le concedió mucha importancia. Mirando ahora atrás sobre este asunto, la más divertida característica de toda la controversia (y había muchas cosas divertidas que aparecieron en aquella animada discusión), es que ambas partes estaban equivocadas, pues los dos tipos de puente sometidos a discusión, según se construían entonces, eran fundamental y ostensiblemente malos, pero ninguno de nosotros sabía esto.

Por la traducción,
S. O. R.

(Continuará).



CRÓNICA DE LA AGRUPACIÓN

El día 30 del pasado noviembre la Junta General ordinaria al efecto convocada, aprobó el estado de cuentas correspondiente al ejercicio 1921-1922 y al propio tiempo el Proyecto de Presupuestos para el de 1922-1923, cuyos documentos a continuación reproducimos:

Cuentas del Ejercicio 1921-1922

cerradas el 30 de Octubre de 1922.

		Presupuestado
Cobrado por saldo año ante	4101.63 pts.	4101.63
Id. por cuotas socios resid.	28802.50 »	24000.
Id. ausentes	1482.50 »	1600.
Derechos de entrada	405. »	350.
Créditos ejercicio anterior	2026. »	2000.
Rentas Fondo de Reserva	804.75 »	660.
Imprevistos	7866.36 »	7000.

Total cobrado 46064.74 ptas.

<i>Pagado:</i>		Presupuestado
A la Junta Superior	1600. ptas.	1600.
Personal	10779.95 »	10900.
Secretaría	3236.35 »	2400.
Alquiler	6600. »	6600.
Alumbrado y calefacción	1205.25 »	950.
Limpieza y mobiliario	1165.30 »	2070.
Revista	3827.15 »	4000.
Biblioteca y aparatos	5321.70 »	5220.
Fondo de Reserva	4721. »	3971.
Imprevistos	1403.05 »	2000.
Junta Autónoma (cuotas de 2.50 ptas.)	4260. »	

44119.75 ptas.

Resumen:

Importan los cobros	46064.74 ptas.
Importan los pagos	44119.75 »
Saldo en Caja	<u>1944.99</u> ptas.

BALANCE DE CAJA

Activo:

Saldo Caja efectivo	1944.99 ptas.
Créditos a cobrar	2453.50 » 4398.49 ptas.

Pasivo:

A Edificio social	695.35 »
A Bibliot. y aparatos	1154.80 »
A Revista	829.70 »
A Junta Superior	530. » 3209.85 ptas.
Saldo a favor del Activo	<u>1188.64</u>

El Tesorero,

Alejandro Jofre.

El Contador.

Lorenzo Mateu.

Presupuestos para el Ejercicio 1921-1922

INGRESOS.

Procedentes del ejercicio anterior:

Saldo en efectivo	1944.99 Ptas
Créditos a cobrar	2453.50 »

Procedentes del ejercicio:

Cuotas de los 387 socios residentes a razón de 7.50 pesetas mes	34830. »
Id. de 13 id. en el año de gracia, en total 54 cuotas a 7.50 una	390. »
Id. de 51 socios ausentes a 6.50 ptas. mes	3978. »
Id. de los 55 miembros asociados a 7.50	4950. »
Id. de los 36 socios escolares a 36 ptas. anuales	1296. »
Cuotas de entrada	400. »
Alquiler de aparatos	400. »
Subarriendo local a C. de Maestros de Obras	240. »
Venta de libros y revistas	25. »
Derechos de explotación de las vallas del edificio social	7000. »
Total ingresos	<u>57907.49</u> Ptas.

GASTOS.

I. Edificio social.

200 cuotas de 2.50 ptas. una, de pagos del ejercicio anterior	500.00 Ptas.
10 % al Fondo de Reserva, de los mismos	195.35 »
5968 cuotas de 2.50 ptas. de los cobros del ejercicio corriente	14920. »
10 % al Fondo de Reserva, de los mismos	4610.90 »
Total	<u>20226.25</u> Ptas.

II. Junta Superior.

Cuotas debidas del ejercicio anterior	530. Ptas.
Id. del ejercicio corriente	2420. »
Total	<u>2950.</u> Ptas.

III. Local.

Sueldo del conserje	2925. Ptas.
Idem del auxiliar	2275. »
Alquiler	6600. »
Alumbrado y calefacción	1250. »
Teléfono	375. »
Limpieza	360. »
Pequeños gastos	150. »
Total	<u>13935.</u> Ptas.

IV. Secretaría.

Sueldo del oficial	3250.	Ptas.
Idem del cobrador	1580.	»
Franqueo	500.	»
Pequeños gastos	300.	»
Impresos	1500.	»
Total	7130.	Ptas.

V. Revista.

Del ejercicio anterior:		
Saldo factura Sr. Font	79.70	Ptas.
Premios del Concurso	600.	»
Depósito a favor Sr. Font	150.	»
Del ejercicio corriente:		
Subvención anual al arrendatario	1800.	»
A la Comisión de la Revista:		
100 ptas. por número para pago de artículos y extraordinarios	1200.	»
Franqueo	315.	»
Compra de 100 ejemplares por número, para atender cambios, a 0.50 ptas. uno según contrato	600.	»
Total	4744.70	Ptas.

VI. Biblioteca.

Del ejercicio anterior:		
Factura Schneider	989.	Ptas.
Del ejercicio corriente:		
Sueldo bibliotecaria	2166.	»
Franqueo e impresos	200.	»
Arreglo del catálogo	500.	»
Subscripciones a revistas	2066.	»
Compra de libros y encuadernaciones	2000.	»
Total	7921.	Ptas.

VII. Imprevistos.

Por este concepto	1000.54	Ptas.
-------------------	---------	-------

RESUMEN:

I. Edificio social	20.226.25	Ptas.
II. Junta Superior	2.950.	»
III. Local	13.935.	»
IV. Secretaría	7.130.	»
V. Revista	4.744.70	»
VI. Biblioteca	7.921.	»
VII. Imprevistos	1.000.54	»
	57.907.49	Ptas.

El Tesorero,

E. Monrós Nacente.

El Contador,

Lorenzo Mateu.

Distinción merecida

Nuestro estimado compañero D. Sixto Ocampo acaba de recibir en el Congreso de Higiene recientemente celebrado en esta ciudad el Gran Premio de la Sección Industrial, único concedido, con su instalación patentada para la esterilización de aguas potables por el cloro y su aireación por ventilación forzada, la misma que no ha mucho recibía el

aplauzo general en el Concurso de Abastecimientos de aguas de Murcia y poco después era aceptada en Zaragoza para el nuevo abastecimiento de aguas de aquella capital.

Felicitemos muy cordialmente a tan distinguido ingeniero y felicitamos al Jurado que de tal modo ha sabido apreciar los merecimientos de nuestro consocio.

Nuevos socios

Han ingresado recientemente en la Asociación en calidad de socios titulares residentes: D. José Ma Estrada; D. Juan Lull Ballester; D. Jorge de Miquel Almirall; D. Jaime Marinello Vilardell; don Fernando Maisterra; D. Luis M. Picabia; D. Alfonso Piferrer Alvarez; D. Ildefonso Torrents Esteve; D. Justino Vigil-Escalera López, y en calidad de titulares ausentes: D. Juan Deulofeu Arqués; D. José Ma Fernández Neble; D. Antonio Goicochea Berrondo. También ha sido alta como miembro asociado, D. Marcel Vacarisas.

R. P. José Albiñana, S. J.

Director de la Revista «Ibérica»

El número del 4 del corriente de nuestro estimado colega «Ibérica», nos trae la infausta nueva del fallecimiento de su Director, el R. P. José Albiñana.

Había nacido el P. Albiñana en Tarrasa en Diciembre de 1875, ingresando en la Compañía de Jesús a los 16 años cuando se hallaba cursando los estudios de Bachillerato en el Colegio de San Ignacio de Manresa.

Fué profesor de Física, Química y Matemáticas en el Colegio del Salvador, de Zaragoza, en el período comprendido entre 1900 y 1905 en cuya época empezaron a publicarse sus primeros escritos científicos en la revista «Razón y Fe», de Madrid.

Cursó más adelante sus estudios teológicos en Enghien (Bélgica) y Valkenburg (Holanda), ordenándose de sacerdote en 1909.

En 1910-11 ocupó la cátedra de Física del Colegio internado de San Ignacio de Sarriá, siendo trasladado al finalizar el año 1911 al Colegio del Sagrado Corazón de Jesús de nuestra ciudad desempeñando cargo tan importante como el de Prefecto de Estudios.

Lo delicado de su salud hizo que fuera destinado a dirigir la sección sísmica del Observatorio del Ebro y la subdirección de todo aquel importante Observatorio.

En 1917 fué nombrado Director de «Ibérica», de la que desde su aparición había sido redactor.

Su trabajo en esa publicación fué enorme y a él dedicó con infatigable celo su portentosa actividad y privilegiada inteligencia hasta que la enfermedad que había de llevarle a la tumba agotó por completo sus fuerzas.

Reciba nuestro querido colega «Ibérica» la sincera expresión de nuestro gran pesar por la irreparable pérdida que para ella representa la desaparición de su ilustre Director.

Biblioteca de la Asociación

Lista de las obras entradas recientemente

Ciencias Físicas y Matemáticas

- Ribas, A. y Useros García, M.*: «Problemas y Notas de Geometría Descriptiva».—Barcelona, Altés, 1918.—144 págs. C-19.
- Stuyvaert, M.*: «Statique-Dynamique».—Gand, Van Rysselberghe & Rombant, 1920.—205 págs. C-26.

Construcciones hidráulicas

- Ayxelá, José*: «El Puerto de Barcelona», (Reseña histórica y datos relativos a dos de sus obras más importantes).—Madrid, Imprenta R. Velasco.—220 págs. + 18 lám. C-18.

Economía industrial

- «Anals de l'Institut d'Orientació Professional».—Any I, núm. 1, 1920; any I, núm. 2, 1920; any II, núm. 3, 1921; any II, núm. 4, 1921.—Barcelona, Ed. Catalana. C-21.

Electricidad y sus aplicaciones

- Cook, L. Arthur*: «Interior Wiring and Systems for Electric Light and Power Service».—New-York, Wiley and Sons, 1917.—444 págs. il. F-466.
- Keinath, George*: «Die Technik der elektrischen Messgeräte».—München und Berlin, Oldenbourg, 1921.—VII + 448 págs. il. C-25.
- Stansfield, Alfred*: «The Electric Furnace» its Construction, Operation and Uses. 2nd. ed.—New-York, McGraw-Hill, 1914.—XIII + 415 págs. il. C-17.

Enseñanza

- Escuela de Ingenieros Industriales*: «La Incorporación al Estado».—Barcelona, 1917.—18 págs. Caja 2/11.
- Escuela de Ingenieros Industriales*: «Memorias».—Curso de 1913-1914; íd., íd. 1914-1915; íd., íd. 1915-1916; íd., íd. 1916-1917; íd., íd. 1917-1918; íd., íd. 1918-1919, 1919-20.—Barcelona, Imp. Galve. Caja 2/2-7.
- Escuela de Ingenieros Industriales*: «Memoria del Viaje de Prácticas» de 1915; íd., íd., de 1916; íd., íd., de 1917.—Barcelona, Altés. Caja 2/8-10.
- Lasarte, José María de*: «Las Escuelas Técnicas en Norte América». Como se forma un Ingeniero.—Barcelona, Imp. Ortega, 1921.—116 págs. F-465.
- Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes*: «Disposiciones y Programas de Ingreso que rigen en las Escuelas de Ingenieros Industriales».—Barcelona, 1910.—18 págs. Caja 2/1.

Física industrial

- Polle, O.*: «Instalaciones Modernas de Calefacción Central» (Ventilación, preparación de agua ca-

liente, etc.).—Madrid, Blass y Ca., 1917.—348 págs. il. C-24.

- Heepke, Wilhelm*: «Der Warmwasserbereitungs- und Versorgungsanlagen».—München und Berlin, Oldenbourg, 1921.—XVII + 706 págs. il. C-27.

Formularios

- Trautwine, John*: «Manual del Ingeniero». Tr. de la 20ª ed. (1919) y convertido al Sistema Métrico por A. Smith.—London, Chapman and Hall, 1921.—1476 págs. il. R-358.

Industrias Textiles

- Bialet Massé, Jean*: «Rapport sur la Creation de Colonies Cotonnières Nationales» présenté a son Exc. le Ministere d'Agriculture.—Buenos Aires, Pub. du Bureau de Meteorologie, 1906.—300 págs. il. C-20.

Legislación

- Boletín Jurídico-Administrativo*: Apéndice de 1921 al Diccionario de la Administración Española.—Madrid, Imp. de los Hijos de Tello, 1921. Q-2/36.

Mecánica general y Construcción de máquinas C) Motores

- Quantz, L.*: «Motores Hidráulicos». Vers de la 3ª ed. alem. por A. Garrigosa.—Barcelona, G. Gili, 1922.—200 págs. il. C-16.

Química Pura y Aplicada

- Biltz, Enrique y Guillermo*: «Prácticas de Química inorgánica». Tr. dir., de la 4ª ed. alem. por el Dr. C. Lana Serrate.—Barcelona, M. Marin, 1922.—XVI + 276 págs. C-28.
- Guareschi, Icilio*: «Nuova Enciclopedia di Chimica Scientifica, Tecnologica e Industriale».—Torino, Unione Tipografico-Editrice Torinese.—Volumenes X, XI y XII. N-122.
- Guareschi, Icilio*: «Suplemento Annuale alla Enciclopedia di Chimica».—Torino, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Anno 1919-1920. N-123.

...

PUBLICACIONES PERIÓDICAS

Arquitectura y Construcción

- Schweizerische Bauzeitung*. Vol. LXV, 1915, I sem. Vol. LXVI, 1915, II sem. Vol. LXVII, 1916, I sem. Vol. LXVIII, 1916, II sem. Vol. LXIX, 1917, I sem. Vol. LXX, 1917, II sem. Vol. LXXI, 1918, I sem. Vol. LXXII, 1918, II sem. Vol. LXXIII, 1919, I sem. Vol. LXXIV, 1919, II sem. Vol. LXXVI, 1920, II sem. Vol. LXXVII,

1921, I sem. Vol. LXXVIII, 1921, II sem. Vol. LXXIX, 1922, I sem.—Zürich. O-233.

Científicas

Journal of the Franklin Institute. Vol. 185, I sem. de 1918. Vol. 186, II sem. de 1918. Vol. 187, I sem. de 1919. Vol. 188, II sem. de 1919. Vol. 189, I sem. de 1920. Vol. 191, I sem. de 1921. Vol. 192, II sem. de 1921. Vol. 193, I sem. de 1922.—Philadelphia. N-10.

Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XII, año 1913-14. Vol. XIII, año 1914-15. Vol. XIV, año 1915-16. Vol. XV, año 1916-17. Vol. XVI, año 1917-18. Vol. XVII, año 1918-19. Vol. XVIII, año 1919-20. Madrid. C-1.

Electricidad

Electrician. The. Vol. LXXXIII, II sem. de 1919. Vol. LXXXIV, I sem. de 1920. Vol. LXXXV, II sem. de 1920. Vol. LXXXVI, I sem. de 1921. London. X-102.

Elektrotechnische Zeitschrift. Vol. XXXVI, año 1915. Berlín. C-91/30.

Houille Blanche. La. Año 1918-19, año 1920-21. Lyon. D-52.

Revue Générale de l'Électricité. Vol. VI, II sem. de 1919. Vol. VII, I sem. de 1920. Vol. VIII, II sem. de 1920. Vol. IX, I sem. de 1921. Vol. X, II sem. de 1921. Vol. XI, I sem. de 1922. París. A-52.

Electric Railway Journal. Vol. LIX, I sem. de 1922. New-York. Q-59.

Ferrocarriles

Revue Générale des Chemins de Fer. Vol. XL, II sem. de 1921.—París. A-55.

Industrias Especiales

Industrie Textile. L'. Vol. XXXIII, año 1917. Vol. XXXVII, año 1921.—París. L-120.

Minas y Metalurgia

Anuario de Minería, Metalurgia, Electricidad y demás Industrias de España. Madrid, año 1922. N-28.

Iron and Steel Institute. Carnegie Scholarship Memoirs.—Vol. XI, 1922. O-199-46.

Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. CIV, II sem. de 1921.

Stahl und Eisen. I sem. de 1921. Dusseldorf. X-3-5.

Química e Industrias Químicas

Journal des Usines a Gaz. Vol. XXXVIII, 1918. Vol. XXXIX, 1919. Vol. XL, 1920. Vol. XLI, 1921. París. O-207.

Revue de Chimie Industrielle. Vol. XXVI, 1917. Vol. XXVIII, 1919. Vol. XXIX, 1920. Vol. XXX, 1921.—París. H-181.

Técnicas en general

Der Deutsche Werkzeugmaschinenbau Vol. I, 1911. Vol. IV. 1914.—Leipzig. P-20-1.

Engineering. Vol. CXII, II sem. de 1921. Vol. CXIII, I sem. de 1922.—London. M-45.

Engineering News Record. Vol. LXXXVIII, I sem. de 1922.

Genie Civil. Le. Vol. LXXIV, I sem. 1919. Vol. LXXVI, I sem. 1920. Vol. LXXIX, II sem. 1921. Vol. LXXX, I sem. 1922.—París. M-50.

Ingeniería Internacional. Vol. III, I sem. de 1920. Vol. IV, II sem. de 1920. Vol. V, I sem. de 1921. Vol. VI, II sem. de 1921.—New-York. Q-58.

Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers. Vol. CCIX, 1919-20, part. I. Vol. CCX, 1919-20, part. II. Vol. CCXI, 1920-21, part. I. Vol. CCXII, 1920-21, part. II.

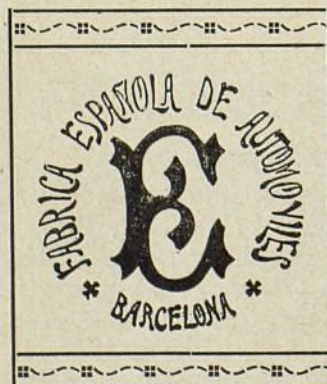
Technique Moderne. La. Vol. XIII, 1921. H-191.

Vie Technique et Industrielle. La. Vol. I, tom. I, oct. 1919-abr. 1920. Vol. I, tom. II, abr. 1920-oct. 1920. Vol. II, tom. I, oct. 1920-abr. 1921. Vol. II, tom. II, abr. 1921-oct. 1921. Vol. III, tom. I, oct. 1921-abr. 1922. O-207-53.

Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure. Vol. LXV, 1921.—Berlín. X-15.

Varias

Nature. La. II sem. de 1916. I sem. de 1918. II sem. de 1918 y I sem. de 1919. II sem. de 1919. I sem. de 1920. II sem. de 1920. I sem. de 1921. II sem. de 1921. I sem. de 1922.—París. P-8.



Fábrica Española de Automóviles "ELIZALDE"

Turismo: 6/8—15/20—18/30 HP. (4 cilindros)
20/30 y 50/60 HP. (8 cilindros)

Industria: 6/8 HP. para 500 kilogramos.
15/20 HP. para 1,000 y 1,500 kilogramos,

Talleres y Despacho: Paseo S. Juan, 149 - BARCELONA