

**KLEIBER
KARSTEN**

**TRATADO
POPULAR
DE
FÍSICA**



TRATADO POPULAR DE FÍSICA

POR LOS PROFESORES

Juan Kleiber || Dr. B. Karsten

de la Escuela Municipal
de Comercio de Munich

del
Technikum de Bremen

MANUAL AL ALCANCE DE TODO EL MUNDO
con 540 figuras y numerosos ejemplos
y problemas resueltos, de aplicación a la industria
y a la vida práctica

TRADUCCIÓN DEL

Dr. José Estalella

Catedrático de Física del Instituto de Tarragona

6.^a edición, revisada y aumentada

PABLO DE VICENTE



BARCELONA
GUSTAVO GILI, EDITOR
Calle de Enrique Granados, 45
MCMXXXI

6. El timbre eléctrico está formado de tres partes esenciales:

- a) un electroimán *E*;
- b) un resorte-armadura *H*, sólidamente unido al martillo destinado a golpear la campanilla;
- c) un tornillo *S* cuyo extremo *x* se apoya en la armadura.

La corriente pasa del polo positivo de una pila al borne *A* enlazado al carrete del electroimán; de éste al martillo; por *x* al tornillo y por fin al borne *C* enlazado al polo negativo de la pila.

FUNCIONAMIENTO. Cuando empujando el botón del pulsador *D* se cierra el circuito, se imana *E*, y el martillo *H*,

atraído por *E*, da un golpe a la campanilla. Pero al mismo tiempo **se interrumpe la corriente** en *x* y desaparece por consiguiente la imanación de *E*. El martillo deja de ser atraído, y por la acción del resorte vuelve a su primitiva posición, es decir, al contacto en *x* con el tornillo *S*. La corriente halla de nuevo el paso libre y se repiten con mucha rapidez los fenómenos descritos, produciéndose un repique

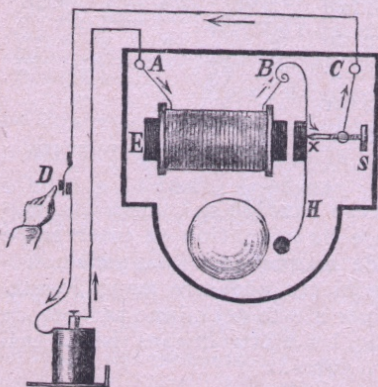


Fig. 449.—Timbre eléctrico.

que cesa en el momento en que se deja de apretar el pulsador *D*.

El **martillo de Wagner** viene a ser un timbre eléctrico sin martillo ni campanilla; se le emplea como interruptor automático.

7. Telégrafo electromagnético.

a) **HISTORIA.** El primer telégrafo eléctrico fué el del español **Salvá**, quien, antes de la invención de las pilas, logró telegrafiar un parte mediante las descargas de un

troimán enfrentado a una armadura que se mantiene separada de aquél, mientras no está excitado, merced a la acción de un resorte. La armadura está fija en el extremo de una palanca cuyo otro extremo lleva el órgano inscriptor. Cuando el electroimán es excitado, atrae la armadura, y la punta inscriptora es empujada contra una tira de papel arrastrada lentamente por medio de dos ruedecitas *WW* (fig. 450) movidas por un aparato de relojería. Al interrumpir la corriente que circula por el electroimán, el resorte levanta la armadura y la punta se separa del papel. Según sea la duración del paso de la corriente queda dibujado sobre el papel un punto o un trazo. Por combinaciones de puntos y trazos se representan todas las letras del alfabeto (alfabeto de Morse); por ejemplo, un punto representa la *e*; un trazo la *t*; un punto y un trazo la *a*, etc.

$\dot{-}$	$\dot{-}\dots$	$\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dots$	$\dot{\cdot}$
$\ddot{-}$	$\dot{-}\dot{-}$	\dots	$\ddot{\cdot}$	$\dot{-}\dot{-}$
$\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dots$	$\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}$
$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}$	\dots	$\dot{-}$
$\ddot{-}$	\dots	$\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$
$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$
$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$	$\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}\dot{-}$

En la figura 451 puede verse el modo de estar enlazadas dos estaciones de telégrafo Morse. Cuando se empuja el manipulador *T* la corriente de la pila *K* pasa por el contacto de trabajo *a* a la llave, de ésta a la línea, de la línea a la llave de la segunda estación; de esta llave a su contacto de reposo *c*; de éste al electroimán *S*, y de *S*, por la línea de retorno *E₂ E₁*, vuelve a la pila *K*.

Cuando las estaciones distan mucho una de otra, la co-

La corriente de línea se hace tan débil que no es capaz de poner en actividad el aparato inscriptor. En tal caso se provee a

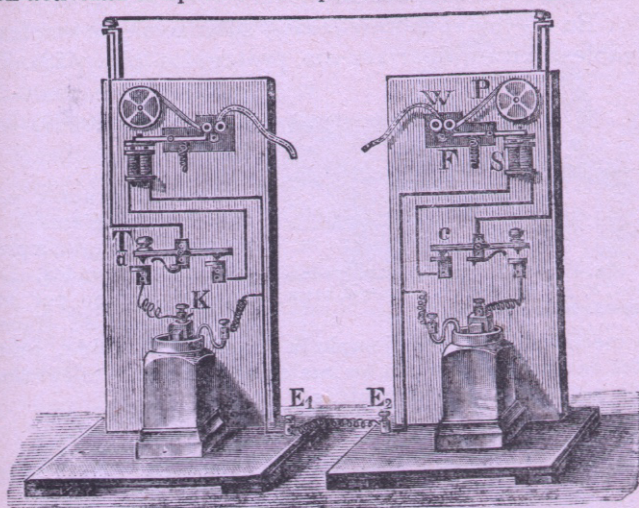


Fig. 451.—Enlace de dos estaciones telegráficas.

la estación receptora de un **relé**, es decir, de un electroimán con armadura ligerísima, enlazado a la línea y cuyo único objeto es cerrar el circuito de una pila local. La corriente de línea no debe ejercer entonces otra acción que la de excitar el relé, pues el trabajo de inscripción queda confiado a la corriente local.

c) Las líneas telegráficas se construyen de alambre galvanizado, sostenido por aisladores

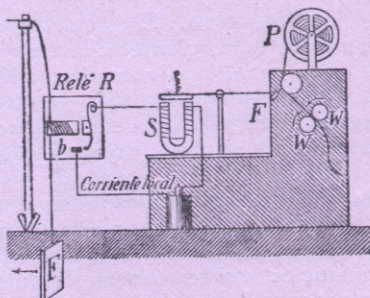


Fig. 452.—Conexión con relé.

de porcelana (campanas) fijados a los postes. A **Steinheil** se debe la idea de utilizar la tierra como línea de

retorno, con lo cual basta una sola línea aérea para enlace de dos estaciones.

En las líneas subterráneas y submarinas se emplean cables extraordinariamente protegidos (fig. 453). El

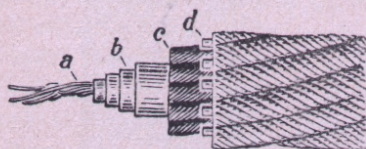


Fig. 453.—Cable protegido: *a*, conductor; *b*, gutapercha; *c*, cañamo; *d*, alambre de hierro.

primer cable transatlántico se tendió en 1866.

Los telegramas por cable (cablegramas) a ultramar se pagan a precios muy elevados. De aquí el empleo por los comerciantes de claves especiales, como por ejemplo la llamada **ABC Code**, suertes de Diccionarios con los cuales se traduce el telegrama en pocas palabras convenidas.

§ 146. Campo magnético de la corriente eléctrica

1. Una corriente rectilínea engendra a su alrededor un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circunferencias con los centros en el eje del conductor.

EXPERIMENTO. El conductor, vertical, de la corriente atraviesa una hoja de papel espolvoreada con limaduras de hierro (fig. 454) y éstas se agrupan en circunferencias concéntricas; si miramos el papel en el sentido de la corriente, el sentido de las líneas de fuerza será el de las agujas de un reloj (consecuencia de la ley de Ampère). En todo plano normal al conductor existen líneas de fuerza (remolinos de líneas de fuerza).

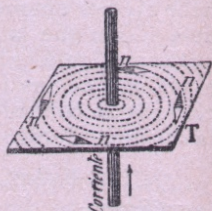


Fig. 454.
Campo magnético de una corriente eléctrica.

2. Campo magnético de una bobina. Arrollando en hélice sobre un cilindro un alambre de cobre conve-

ción, debióse a que las más finas redes artificiales de difracción, suficientes para las longitudes de onda luminosas y ultravioletas (§ 77,³: pág. 255 y § 97: página 300) son excesivamente bastas para las longitudes de onda de los rayos Röntgen. Así, la longitud de onda del rojo extremo es de $0,8 \mu$, la del violeta extremo es de $0,4 \mu$, la del ultravioleta extremo es de $0,02 \mu (= 20 \mu\mu)$ y en cambio las de los rayos X son sólo de algunas centésimas de $\mu\mu$ ($0,01 \mu\mu$).

4) **Becquerel** descubrió en ciertos compuestos de uranio la emanación de rayos parecidos a los que acabamos de citar. Los esposos **Curie**, de París, descubrieron un meta' (el radio) cuyos compuestos presentan la misma propiedad (llamada radiactividad) en alto grado.

Los rayos emitidos por el radio se separan en tres clases por la acción de un campo magnético normal a su dirección: rayos α , desviados en el mismo sentido que una corriente de electricidad positiva: consisten en átomos de helio cargados positivamente; rayos β , desviados en el mismo sentido que una corriente de electricidad negativa: consisten en electrones sueltos; rayos γ , no desviados: su naturaleza no es corpuscular, como la de los rayos α y β , sino ondulatoria, de longitud de onda pequeñísima, como la de los rayos X.

Atribúyese la radiactividad a la disgregación de los núcleos atómicos del radio, y en general, de las sustancias radiactivas.

Los fenómenos de radiactividad son espontáneos, y sobre su producción no ejercen influencia alguna los agentes externos, sean mecánicos, térmicos, luminosos o químicos.

b) **Producción de ondas electromagnéticas.** Hertz (1890) descubrió que la chispa del carrete de inducción produce ondas en el éter ambiente. (Como un diapasón vibrante las produce en el aire.)

1) **Origen de las ondas.** Todo conductor AB recorrido por una corriente está rodeado por un campo magnético. La variación en el estado del conductor AB va acompañada de una variación en el estado magnético del campo circundante, y esta última variación determina un fenómeno de inducción en un punto cualquiera P más o menos apartado de AB .

Si el estado eléctrico del conductor AB varía rítmicamente, variarán de igual manera el campo magnético y el fenómeno de inducción producido en P . Mas este fenómeno no se verifica simultáneamente con la variación del estado de AB , sino que transcurre entre ambos hechos un intervalo mayor o menor, según la distancia entre P y AB . El campo magnético, en el espacio que los separa, es asiento de ondas electromagnéticas que se propagan con la velocidad de la luz. La longitud de onda es tanto menor cuanto más rápidas son las variaciones del estado eléctrico de AB .

Como conductor AB se puede utilizar el excitador (los dos electrodos) de un carrete de inducción, cuya chispa se hace saltar en el seno de aceite aislante. Las ondas eléctricas se reflejan (sobre paredes conductoras, espejos, etc.), se refractan (en prismas de asfalto, parafina, azufre, etc.) y dan origen a fenómenos análogos a los que se producen con la luz.—En estos hechos, y en la igualdad de velocidad ya señalada, se funda la teoría electromagnética de la luz, según la cual la diferencia entre las ondas electromagnéticas y las luminosas consiste sólo en la longitud de onda (mucho menor en la onda luminosa); la luz, según esta teoría, es un fenómeno electromagnético.

2) **Telegrafía sin hilos.** Si las ondas eléctricas, al propagarse por el espacio, encuentran un tubito de vidrio lleno de polvo metálico, p. ej., limaduras de níquel, la resistencia eléctrica del tubo (cohesor o radioconductor) experimenta una disminución muy considerable. Esta propiedad, descubierta por Calczechi y

Branly, fué utilizada por Marconi (1892) en sus primeros ensayos de telegrafía sin hilos.

DISPOSICIÓN PRIMITIVA. El transmisor de la estación I consiste esencialmente en un carrete inductor destinado a

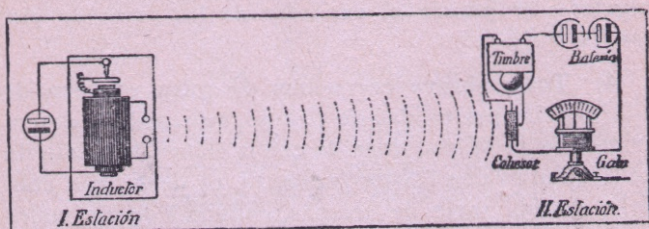


Fig. 518.—Principio de la telegrafía sin hilos.

la producción de ondas. El receptor de la estación II es un cohesor que forma parte del circuito constituido por una pila y un timbre, un galvanómetro o un receptor de telégrafo Morse.

FUNCIONAMIENTO. Cuando se hace saltar una chispa en la estación I, las ondas producidas reducen la resistencia del cohesor de la estación II, la corriente de la pila pasa por él, y el timbre suena, la aguja se desvía o el receptor de Morse escribe. Golpeando ligeramente el cohesor, ya con el dedo, ya automáticamente con un martillo movido por el timbre, se regenera su elevada resistencia primera y queda pronto a delatar la llegada de otras ondas. En la telegrafía sin hilos actual no se emplean cohesores: véase el § 170.

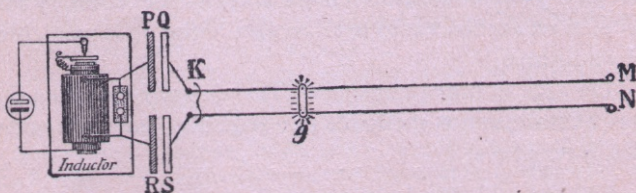


Fig. 519.—Ondas estacionarias.

3) **Ondas eléctricas estacionarias.** Las ondas eléctricas son reflejadas por las paredes metálicas y forman ondas estacionarias, con vientres y nodos (§ 71,³).

EXPERIMENTO. A partir de los polos del excitador se tienden dos alambres paralelos retorcidos en sus extremos. A lo largo de los alambres se corre un tubo de Geissler, el cual se ilumina en los vientres y permanece oscuro en los nodos. Para producir ondas más regulares se provee el excitador de los pares de placas PQ y RS .

4) Tesla obtuvo corrientes de gran número de alternancias por unidad de tiempo, aplicando el descubrimiento de Wheatstone de que la chispa de la botella de Leyden es una chispa oscilante, es decir, que consiste en una serie de chispas, cada una de las cuales cambia el signo de la electrización de ambas armaduras. (COMPARACIÓN. Cuando dos vasos con agua a

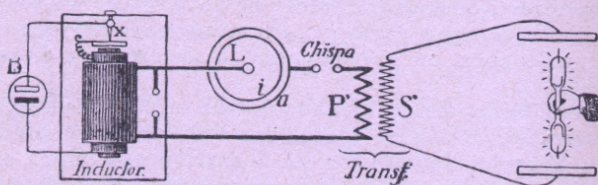


Fig. 520 — Aparato de Tesla.

distinto nivel se ponen en comunicación mediante un ancho tubo, el agua realiza una serie de movimientos en uno y otro sentido en el interior del tubo, y los niveles en ambos vasos oscilan alrededor de la posición de equilibrio.)

De esta manera consiguió Tesla elevar las frecuencias hasta muchos millones por segundo (corrientes de alta frecuencia).

El aparato de Tesla está representado en esquema por la figura 520. L es la botella de Leyden. El transformador eleva a millones de voltios la tensión de la corriente alterna, gracias a lo cual saltan formidables chispas entre las placas extremas: sin embargo, al aplicar estas placas al cuerpo humano (p. ej., asiéndolas con las manos) no se per-

cibe impresión alguna, pues las corrientes de alta frecuencia y elevada tensión pasan por la superficie del cuerpo.— Un tubo lleno de un gas enrarecido y colocado en un campo de alta frecuencia se ilumina aunque sus electrodos no estén en contacto con las placas y aunque no esté provisto de electrodos.

§ 164. El teléfono

1. El teléfono magnético (Bell, 1877) consiste en una barra imanada, uno de cuyos extremos lleva arrollada una pequeña bobina formada de hilo finísimo y perfectamente aislado. Frente al mismo polo se encuentra una ligera armadura formada por una lámina de hierro dulce (membrana). El conjunto está sostenido por un armazón de madera, de ebonita y aun metálico, que permite asirlo cómodamente.

Aun sin emplear pila alguna, con sólo dos receptores telefónicos, se puede hablar a distancia.

FUNCIONAMIENTO. Al hablar frente a la membrana, ésta vibra; cada vez que en su movimiento se aproxima al polo, el campo magnético se refuerza, y es por el contrario debilitado cada vez que la membrana se aleja del polo. Estas variaciones del campo originan corrientes de inducción en la bobina.

Por ejemplo: cuando se canta la nota la_3 frente a la membrana, ésta ejecuta 435 vibraciones por segundo y se produce por consiguiente una corriente alterna de 435 períodos (vaivenes) por segundo, que es conducida por la línea a la bobina del segundo teléfono, cuyo campo magnético experimentará (en el ejemplo supuesto) 435 refuerzos en un segundo, refuerzos que se traducirán en otras tantas atracciones de la correspondiente membrana, la cual ejecutará igual número de vibraciones que la membrana del primer teléfono y transmitiéndolas al aire, el oído recibirá el sonido la_3 .

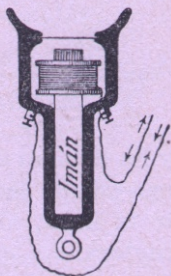


Fig. 521.—Teléfono.

2. El micrófono. El teléfono magnético en la actualidad sólo se emplea como receptor, es decir, para escuchar. Como aparato transmisor, destinado a recibir directamente la voz, se usa el micrófono, el cual consiste en una caja, una de cuyas paredes está provista de una ventana cerrada por una placa, de madera

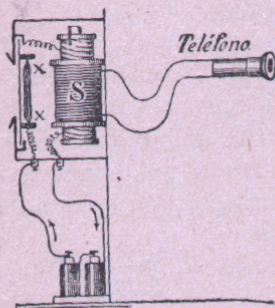


Fig. 522. — Micrófono.

de pino o de abeto, que en su cara interna lleva pegados dos listones de carbón *x* entre los cuales se sostienen flojas cuatro a seis varillas de la misma sustancia. La caja contiene además una bobina de inducción primaria *P* rodeada de una bobina secundaria *S* formada de numerosas espiras de hilo delgado. La bobina primaria y los listones de carbón forman parte del circuito de una pila; la bobina secundaria está enlazada, mediante la línea, al teléfono magnético de la estación receptora.

FUNCIONAMIENTO. Cuando se habla frente a la placa del micrófono, la madera vibra y las varillas de carbón experimentan tantas sacudidas como vibraciones efectúa aquélla. Estas sacudidas rítmicas originan variaciones igualmente rítmicas de la resistencia de los contactos de las varillas con los listones de carbón, y por consiguiente variaciones, rítmicas también, de la intensidad de la corriente que atraviesa la bobina primaria. En la bobina secundaria se engendran, por consiguiente, corrientes alternas de igual número de períodos que producen en el teléfono receptor el efecto ya descrito.

La manera de estar enlazadas dos estaciones telefónicas con magnetos de llamada (*I*), timbres (*K*), micrófonos (*M*), bobinas de inducción (*S*), baterías (*B*)

líneas (AA') y contactos con la tierra (mejor es substituirlos por una segunda línea), está representada en el esquema de la figura 523.

3. El arco cantante.

Si algunos metros del circuito secundario de un micrófono se disponen paralelamente al conductor de la corriente de un arco voltaico, a la corriente del arco se agrega la inducida por la del micrófono, resultando la primera ora reforzada, ora debilitada; con el mismo ritmo se dilatan y contraen los gases del arco, determinando así un movimiento ondulatorio en el ambiente: el arco voltaico canta.

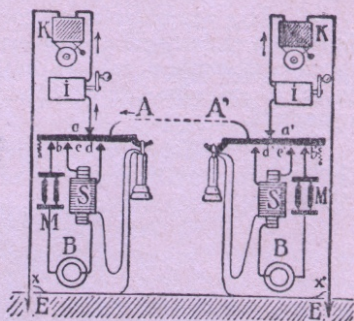


Fig. 523.

Instalaciones telefónicas.

§ 165. Producción de corrientes continuas

1. Preliminares. Moviendo el conductor AB de la figura 503 entre los polos del imán alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda, se obtendrán en el circuito correspondiente corrientes que marcharán ora en un sentido, ora en otro, constituyendo una corriente alterna.

Lo mismo sucederá cuando el conductor AB esté situado sobre un tambor que gire entre los polos (fig. 524); AB se moverá también alternativamente hacia la derecha (por debajo) y hacia la izquierda (por encima) cortando en uno y otro caso las líneas de fuerza del campo magnético. Para recoger con facilidad la corriente producida, los extremos AB están enlazados a los anillos rr que rodean al eje y frotan

§ 170. Telefonía sin hilos

1. Los aparatos emisores de una estación de T. S. H. ejercen dos acciones esenciales: 1.^a producir constantemente, mientras dura la emisión, ondas (§ 163,^{4b}) de la longitud de onda característica (la prensa diaria, en su sección de T. S. H., señala al principio del programa de cada estación, la correspondiente longitud de onda); 2.^a modula esta serie continua de ondas, modificando su amplitud o intensidad con arreglo a las vibraciones sonoras de la membrana del

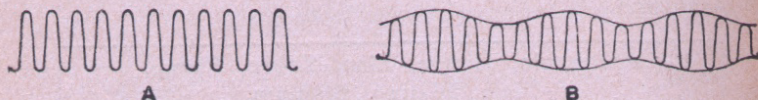


Fig. 539. — A, ondas continuas; B, las mismas, moduladas.

micrófono emisor. La figura 539 ¹⁾ representa esquemáticamente en A la serie de ondas continuas, y en B la de ondas sencillamente moduladas.

Difúndense las ondas por el espacio en todas direcciones mediante la antena de la estación emisora. Esta difusión produce un considerable debilitamiento de intensidad; a alguna distancia de la estación emisora, la energía ondulatoria recogida por la antena de una estación receptora sería tan exigua que no habría aparato suficientemente sensible para dejarla percibir.

Afortunadamente se puede sacar partido del fenómeno de la sintonización. En determinadas condiciones del circuito eléctrico de la estación receptora, debidamente ajustadas las resistencias, inducciones y capacidades eléctricas a la longitud de onda que se desea

¹⁾ De KENDALL-KORHLER, *Compendio de Radiotelefonía*, Barcelona, 1925.

recibir, se produce un fenómeno de resonancia que permite oír la estación para cuya longitud de onda ha sido sintonizado el circuito receptor, e impide en cambio que enmascare la recepción la audición simultánea de las demás estaciones de distinta longitud de onda.

Aunque del circuito receptor sintonizado formase parte un teléfono, nada se oiría en él sin la intercalación de un detector, porque las longitudes de onda corrientes en T. S. H. corresponden a frecuencias del orden de centenares de miles de vibraciones por segundo: esas frecuencias no hacen oscilar la membrana del teléfono, y aunque la hicieran oscilar, un sonido de tal frecuencia no sería audible. Por otra parte, si el teléfono y el oído respondieran a la longitud de onda fundamental, lo que se oiría sería un sonido monótono con variaciones de intensidad correspondientes a la modulación.

2. El **detector**, consista en una aguja metálica apoyada en un cristal de galena, o en una lámpara de tres electrodos, tiene por objeto dejar pasar a través del teléfono sólo corrientes de un sentido, o lo que es lo mismo, sólo la mitad superior (o la inferior) de las ondas fundamentales. Reducida así la corriente inducida por la onda modulada, al atravesar el teléfono no tenderá a empujar (con alternancias demasiado rápidas) la membrana del teléfono alternativamente a uno y otro lado de su posición de equilibrio, sino que la impulsará constantemente hacia el mismo lado, pero con variaciones de intensidad de acción reguladas por las modulaciones de la serie primitiva de ondas; correspondiendo estas modulaciones a los movimientos de la membrana del micrófono de la estación emisora, también corresponderán a estos movimientos los que experimente la membrana del teléfono de la estación receptora.

La figura 540 ¹⁾ representa el proceso de las oscilaciones, desde el transmisor al receptor. *A* representa muy simplificada las vibraciones acústicas del micrófono; en *B* se indica la modulación que las ondas acústicas *A* han introducido, mediante el micrófono, en la serie de ondas emitidas; *C* indica la extraordinaria debilitación con que las ondas moduladas *B* son recogidas en la estación receptora; *D* representa las

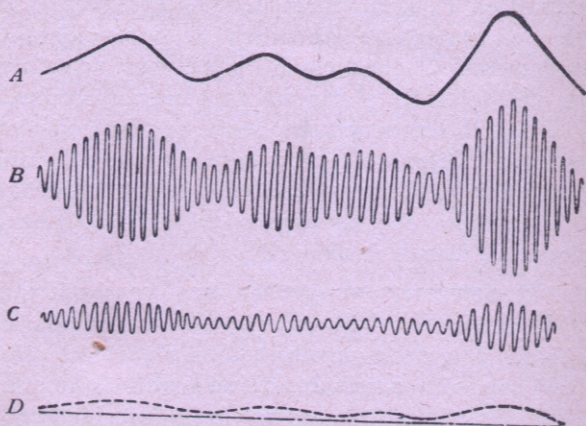


Fig. 540.

variaciones de la corriente que las ondas detectadas dejan pasar a través del teléfono receptor, cuya membrana experimentará movimientos exactamente correlativos a los que experimentó, según *A*, la membrana del micrófono emisor.

3. La lámpara de tres electrodos consiste en un tubo de elevado grado de vacío con el cátodo susceptible de ser calentado por un circuito especial dotado de una batería de calefacción. Por un tubo así constituido sólo puede pasar corriente en el sentido del ánodo frío

¹⁾ De NESPER, *Tratado de Radiotelefonía*, Barcelona, 1925.

al cátodo calentado, pues únicamente en estas condiciones emitirá electrones el cátodo (efecto Edison).

Si entre ánodo y cátodo se halla intercalada una rejilla metálica, cada vez que ésta se carga negativamente se opone a la emisión de electrones por el cátodo (es decir, se interrumpe la corriente) y cada vez que se carga positivamente favorece la emisión de los electrones (refuerza la corriente).

Algunas aplicaciones de la lámpara de tres electrodos.

a) Relé, en la telefonía ordinaria a distancia: la línea se enlaza a la rejilla y al cátodo; el primario del transformador telefónico al ánodo y al cátodo (con intercalación de la batería de refuerzo).

b) Como válvula o detector en telefonía sin hilos.

c) Como amplificador en telefonía sin hilos.

d) Como emisor de ondas en telefonía sin hilos

Tabla de las principales unidades

(Los números entre paréntesis indican las páginas en que se definen)

CONCEPTOS	UNIDADES			
Masa y peso	Metro; Gramo; Dina; Atmósfera. (16) (26) (27) (205)			
Trabajo y potencia	Kgm; Kgm por seg.; HP; Ergio; Vatio. (92) (94) (94) (92) (94)			
Calor	Cal-Kg; Cal-g; Grado cent.; (Cero absoluto). (344) (344) (329) (340)			
Luz	Bujía normal; Carcel; Unidad Violle; Bujía-metro. (261) (261) (261) (262)			
Magnetismo	Unidad de polo; Weber; Unidad de campo. (419) (419) (422)			
Electricidad estática	U. E. S. de cantidad; Culombio; Voltio; Faradio. (434) (434) (437) (438)			
Corriente eléctrica	Amperio; Ohmio; Voltio; Vatio. (465) (495) (495) (515)			