



# electronia + radio + tv

Teoría  
y montajes  
iniciales

ediciones AFHA





método especialmente ideado para aprender por sí mismo

# electronia + radio + tv

tomo I

teoría y montajes iniciales



el método de

# **electronia radio tv**

comprende los siguientes títulos:

Tomo I	<b>Teoría y montajes iniciales</b>
Tomo II	<b>Válvulas de vacío. Electrometría teórico-práctica</b>
Tomo III	<b>Detectores. Osciladores. Amplificadores</b>
Tomo IV	<b>Amplificadores B.F. Altavoces. Válvulas amplificadoras</b>
Tomo V	<b>El superheterodino de AM</b>
Tomo VI	<b>Receptores de frecuencia modulada</b>
Tomo VII	<b>Transistores</b>
Tomo VIII	<b>Alta fidelidad</b>
Tomo IX	<b>Instrumentos de medida</b>
Tomo X	<b>Televisión (I)</b>
Tomo XI	<b>Televisión (II)</b>
Tomo XII	<b>Televisión (III)</b>

© AFHA Internacional, S.A.

c/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (21)

Vigesimoquinta edición: Tercer trimestre 1979

Depósito Legal: B. 19.237-1979 (I)

ISBN 84-201-0274-1 Obra completa

ISBN 84-201-0341-1 Tomo I

Impreso en España

Printed in Spain

Impreso por EMOGRAPH, S.A.

Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (20)

## prologo

La enorme difusión de la Radio y la Televisión lleva consigo la secuela de una copiosa bibliografía. Concebir otro tratado más sobre tal materia sería estéril si no nos guiase el propósito más ambicioso de crear un método sobre Electronia, Radio y TV al alcance de todos y capaz de llevar al no iniciado al dominio teóricopráctico de la ciencia de la radiorrecepción.

La industria de la Radio-Televisión sufre una real crisis por falta de verdaderos técnicos. No nos referimos tan sólo a los físicos investigadores (los hombres de laboratorio), sino a los especialistas capaces de hacer realidad las ideas germinadas en una etapa experimental.

La profesión radiotécnica es de las que más abundan; pero se autodenominan técnicos muchos hombres cuya competencia se limita a realizar prácticas. Nuestra pretensión, al incluir en el cuadro de enseñanzas de AFHA este Tratado de Electronia, Radio y TV, es mitigar en lo posible la situación creada por este defecto en la formación profesional del radiotécnico.

Un tratado para la formación de especialistas debe poseer características peculiares. Debe englobar todos los matices de la enseñanza directa; sus explicaciones han de reemplazar la presencia física del profesor. El texto ha de ser claro, amable y sencillo, para que muchos conceptos —que por lo general se abordan con exceso de tecnicismo— sean asequibles para todos. Hemos querido asegurar la eficacia, en este sentido, de la enseñanza.

Creemos haber logrado un justo equilibrio entre lo teórico y lo práctico, de tal forma que, sin consideraciones ajenas a la

misión del radiotécnico, cada una de las cuestiones tenga una explicación apoyada en bases científicas. Ha sido preocupación de los autores poner al alcance del aficionado conceptos que, a primera vista, parecen pertenecer a estudios superiores. Este primer volumen se refiere sobre todo a la exposición de conocimientos físicos básicos y necesarios, tratada en cinco lecciones de "Conocimientos previos" más una de "Descripción de elementos que forman un radiorreceptor", que son una sólida base que hace fácil comprender conceptos más avanzados y finalizar con la construcción de un receptor de diodo de cristal, punto de partida en que apoyar ulteriores conclusiones de la radio en función de los fenómenos electrónicos. El lector sólo necesita pocos materiales para realizar las prácticas descritas; materiales que luego forman parte de un completo receptor para corriente alterna. También se trata de los receptores llamados universales, aunque no se realiza su construcción justamente por razón de su menor complejidad e inferior rendimiento.

El radioaficionado hallará en nuestro método la diversión que ahora anhela y unos conocimientos graduados que le harán ser capaz de mucho más que montar receptores que funcionen (meta clásica del que estudia por afición), pues le aportarán el bagaje necesario para que en toda justicia sea un radiotécnico bien capacitado. Nuestra meta no es despertar aficiones ni satisfacerlas de modo intrascendente. Nuestro entusiasta empeño es fomentar la formación de hombres y mujeres capaces de ocupar un puesto importante en el mundo de la electrónica.

## índice

### Lecclón 1 - página 1

Introducción. RADIOTECNIA. *Conocimientos previos I.* Fuerza. Potencia. Energía. Otros tipos de energía. La energía eléctrica. Electricidad por frotamiento. Electricidad positiva y electricidad negativa. Ley de atracción y repulsión de cargas. Ley de Coulomb. La teoría electrónica de la materia. Molécula. Cuerpo simple o elemento. El átomo. Algunos fenómenos electrostáticos. El electrosco-  
pio. Formas en que puede producirse la descarga de un cuerpo.

### Lecclón 2 - página 29

RADIOTECNIA. — *Conocimientos previos II.* Diferencia de potencial. Corriente eléctrica. Circuito eléctrico. El generador. La electricidad puede medirse. Cantidad de electricidad. Intensidad. Cómo se mide la intensidad de una corriente. La resistencia eléctrica. Resistencia específica de algunos metales en  $\Omega \text{ m-mm}^2$ . Resistividades de algunas disoluciones en  $\Omega \text{ cm-cm}^2$ . Unidad de f.e.m. y de d.d.p. Corriente continua y corriente alterna. Electricidad por calor. Electricidad por luz. Electricidad por acción química. Polarización. Pilas no polarizadas o constantes. Acumuladores.

### Lecclón 3 - página 51

RADIOTECNIA. — *Conocimientos previos III.* Imanes y magnetismo. Imanes temporales e imanes permanentes. Campo magnético. Líneas de flujo. Intensidad de flujo. Atracción y repulsión de polos. División de un imán. Teoría molecular del magnetismo. Magnetismo terrestre. Electromagnetismo. Magnetismo por corriente y corriente por magnetismo. Solenoide. Dirección del campo magnético. Inducción magnética. Permeabilidad magnética. Inducción en un solenoide. Solenoide con núcleo de hierro. Electroimán. Inducción electromagnética. Inducción mutua. El principio del transformador. El generador electromagnético elemental. Representación gráfica de la c.a. Cómo funciona el generador elemental. Autoinducción. Inductancias.

## **Lección 4 - página 71**

RADIOTECNIA. — *Conocimientos previos IV.* El sonido. La mecánica del movimiento ondulatorio en el agua. El movimiento vibratorio. Clases de ondas. El éter. Forma de determinar un movimiento ondulatorio. Línea cero o línea de tiempos. Línea de potenciales. Cresta. Seno. Onda y longitud de onda. Amplitud de onda, ciclo, período y frecuencia. Relación entre la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda. Frecuencia y velocidad de las ondas sonoras y electromagnéticas. Kilociclos y megaciclos. Algo más sobre ondas. Efecto Doppler. Reflexión. Interferencia. La resonancia. Frecuencias propias de las ondas de radio.

## **Lección 5 - página 91**

RADIOTECNIA. — *Conocimientos previos V.* La comunicación a distancia. El telégrafo. El teléfono. El micrófono. El auricular. La radio. Símbolos. El emisor. El receptor. Capacidad. Acción del condensador en un circuito de c.a. Acción del condensador en un circuito capacitivo de c.a. Unidades de capacidad. De qué depende la capacidad de un condensador. Tabla de constantes dieléctricas. Cálculo de condensadores. Conexiones en serie y en paralelo. Tipos de condensadores usados en radio. Indicación de la capacidad y tensión en los condensadores. Código de colores de los condensadores. Identificación en bandas para condensadores de papel.

## **Lección 6 - página 123**

RADIOTECNIA. — *Descripción de los bloques funcionales del receptor.* El sistema antena-tierra. La toma de tierra. La antena. La detección. Diodos de cristal. Comportamiento real del diodo de cristal. El selector. Resonancia. Variación de la frecuencia de resonancia. El amplificador. La fuente de alimentación.

## **unas palabras antes de empezar**

La primera vez que el lector tomó este libro en sus manos, sin duda no pudo resistir el impulso —fruto de la natural curiosidad— de examinarlo, siquiera fuese por encima, para formarse una idea de su contenido. Lo más probable es que su atención se viese atraída por el hecho de que este primer volumen de un tratado de Radio y Televisión difiriese en su estructura de la acostumbrada en los libros de texto de que se vale la enseñanza ordinaria. Antes de haber leído unas pocas páginas el lector se percató de que se seguía una metodología basada en el valor de la imagen, de las manchas de color y del grafismo, con la que se quería dirigir su atención hacia los puntos que los autores consideran más interesantes. En efecto, en este método el texto y la imagen siguen líneas paralelas en cierto modo: el texto explica y la imagen confirma las consecuencias que de aquél se extraen. Los epígrafes de las imágenes —cuya gran profusión quizás le haya sorprendido— son verdaderos resúmenes mnemotécnicos que ayudan a fijar las ideas y a retenerlas en la memoria. Nuestro método no es un libro más de texto, ni podrá serlo, dado que la idea que lo ha informado se aparta del concepto usual de la enseñanza clásica. Hemos estructurado un tratado de Radiotecnica y Televisión preparado para quienes, por una u otra razón, quieran o necesiten que su formación sea autodidacta.

Hemos intentado que el lector se sienta como acompañado de un maestro invisible; de un consejero, en fin, que oriente sus pasos en el estudio. Este consejero cree que existe alguna forma de recoger el fruto que se oculta entre las líneas del texto, y dice al lector cuál piensa que es la forma preferible de estudiar. Ese será también nuestro primer consejo, puesto que creemos que el modo de lograr el mejor rendimiento del estudio de este método es consecuencia de su misma estructura. Expondremos la esencia de esta metodología; mas antes advertiremos que nuestro consejo, como cualquier otro que pudiera darse, puede ser atendido o dejar de serlo si el lector cree con sinceridad que *su propio sistema* estará mejor adaptado a su carácter. Los autores creen que este método debiera estudiarse así:

Lea primero, con lentitud y a conciencia, el texto que le ocupe; pero si algo se le resiste, no se esfuerce en vencer el escollo y prosiga la lectura; verá cómo, poco después, aquel obstáculo cesa de existir por sí solo. Relea el texto y anote en un bloc las ideas centrales que haya captado. Estas dos lecturas, si el texto no indica lo contrario, se efectuarán con mínimo auxilio de las imágenes que lo aclaran. Lo ideal sería ignorar por entero la existencia de las imágenes.

Una vez resumidas las ideas que contiene el texto deberá analizar los gráficos que le correspondan, por cuyo medio apreciará si la imagen mental que ha formado en la lectura concuerda con la realidad grafada por nuestros dibujantes. Lea después los epígrafes de los dibujos: con ellos acaban de tomar forma las ideas y podrá retenerlas sin forzar mucho la memoria. Quizás convenga repetir aquella conocida frase que resume la esencia de la pedagogía racional: es mejor comprender que recordar. La comprensión forma una memoria inteligente. La capacidad de retener palabras puede deslumbrar, pero no puede crear un éxito continuado en una vida profesional.

Otro consejo: estudie las lecciones en el orden en que están estructuradas. Empezar por el capítulo de Radiotecnica, siga por el de Prácticas y deje como premio final la realización de las mismas, aunque esto último ponga su voluntad a prueba.

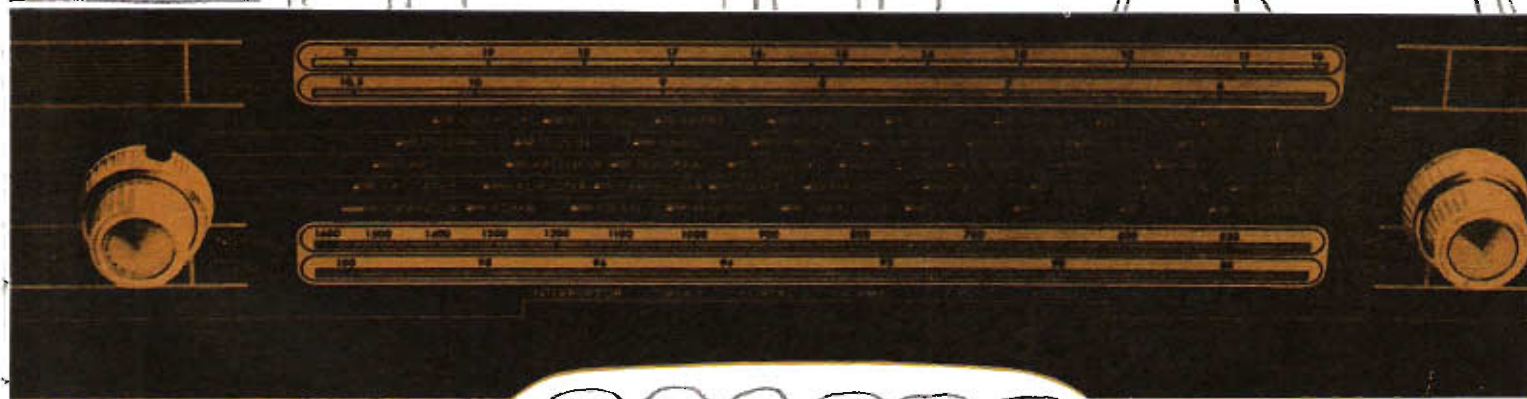
Cuando en un capítulo de índole teórica (sobre fenómenos magnéticos, por ejemplo) se sugieran algunas experiencias con que ayudar a la comprensión de los temas tratados, póngalas en práctica, si le es posible.

Con frecuencia, dejar reposar el cerebro y trabajar con las manos redobla las energías mentales y le prepara a uno para una nueva y mejor actuación intelectual. Y, ¿por qué no decirlo?, confirma además la verdad de algo que, a pesar de haber confiado en el método que se siga, sin querer se pone en tela de juicio. Estos son nuestros consejos, y éste es nuestro sincero deseo: que el estudio de este método sea para el lector tan agradable como eficaz; que después de su esfuerzo halle la recompensa de ser un técnico y un práctico consciente.



# LECCION

1



**Introducción**  
**Conocimientos previos**  
**La teoría electrónica de la materia**  
**El valor de la práctica**  
**El soldador**  
**La soldadura**



## INTRODUCCION

Cada día que transcurre, la Electronia abre nuevos campos a la investigación, a la industria y al bienestar humano. Es la ciencia de nuestros días y, más todavía, la de los días venideros. Millones de hombres y mujeres en todo el mundo dedican su actividad a alguna de sus ramas. Los laboratorios de investigación, las factorías de aparatos de todas clases (radios, televisores, instrumentos de medida, amplificadores, aparatos electrodomésticos, etc.) acrecientan sin cesar su número, forjando especialistas en los más diversos menesteres a fin de hacer frente a la constante demanda de nuevos y nuevos artilugios de la electrónica.



GUILLERMO MARCONI

Cuando, en el año 1896, Guillermo Marconi consigue transmitir a grandes distancias con su sistema de telegrafía sin hilos, al que aplica la antena de su invención, siguiendo, en cierto modo, los estudios de Enrique Hertz, descubridor de las ondas electromagnéticas que hoy día se conocen con su propio nombre (ondas hertzianas), da nacimiento prácticamente a la electrónica.

Empero, aquellos hallazgos no eran fruto de la casualidad. Para llegar a ellos fue preciso, anteriormente, un largo y penoso proceso de descubrimientos y estudios que abarcan varios siglos.

Mentes preclaras, intuyendo sobre aquel extraño fenómeno de la electricidad, experimentaron con enorme paciencia y no menor visión el comportamiento de aquella desconocida energía que se manifestaba de manera inequívoca en sus múltiples y geniales ensayos. De este modo, fueron conociéndose sus efectos y estableciéndose sus leyes. Aprendieron así a manejarla, encauzarla y conducirla, sentando las bases para el fabuloso y posterior desarrollo que iba a trastocar de arriba abajo la existencia del ser humano en la Tierra.

Es indudable que a nosotros nos ha tocado en suerte vivir esta época caracterizada por el desarrollo de esta ciencia, cuya meta final nadie es capaz de vaticinar.

Sin embargo, a pesar de ello, al hombre medio, al hombre de la calle, no le sorprenden ya tantas novedades de cosas portentosas debidas a la electrónica. No cabe duda de que se halla ya habituado a este ¡más difícil todavía!; pero tenemos la seguridad de que quedaría asombrado si pudiera justipreciar en su exacta medida la naturaleza y alcance de esa realidad, que sólo los iniciados y sobre todo los expertos son capaces de calibrar.

Ahora mismo, en este instante, existen sin duda una serie de nuevos descubrimientos e invenciones que están a punto de saltar de las interioridades de los laboratorios al mundo exterior y que habrán de constituir nuevas y sorprendentes maravillas y nuevos y sorprendentes puestos de trabajo y experimentación.

Nada mejor para comprender cuanto decimos que retroceder un poco en el tiempo, rememorando sucintamente los hechos trascendentales que marcaron un hito en la historia de la electrónica.



ENRIQUE HERTZ



**MIGUEL FARADAY**

Desde que Thales de Mileto, en el siglo VI antes de Jesucristo, descubrió la propiedad que presentaba el ámbar de atraer cuerpos ligeros cuando se le somete a frotación, tales como trozos pequeños de médula de corcho o saúco, hemos de esperar hasta finales del siglo XVI, cuando Gilbert encontró la misma propiedad en otras sustancias, como el azufre, el vidrio y el lacre, para dar comienzo al conocimiento de la electricidad, palabra derivada del nombre griego del ámbar.

Desde entonces, arranca la época de descubrimientos e inventos mencionados más arriba y que ha de abarcar varios siglos, tres en números redondos.

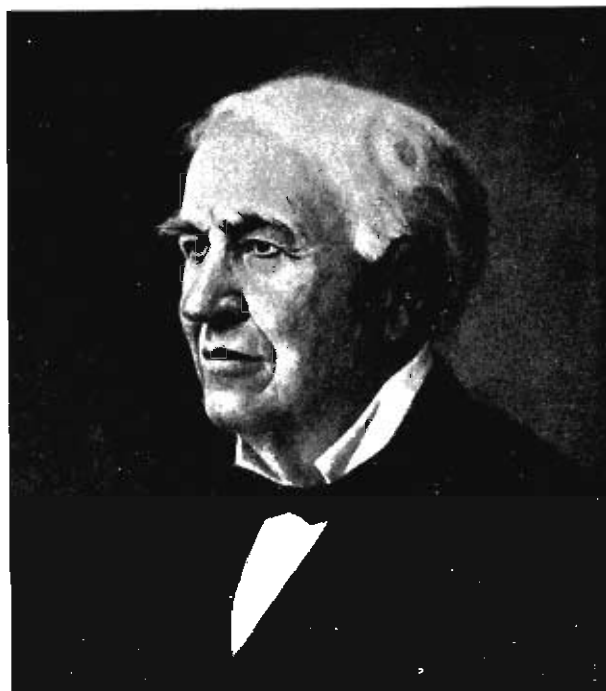
Así aparecen los nombres de Carlos Coulomb, Jorge Simón Ohm, Joule, Enrique Lenz y Miguel Faraday, que formulan sus famosas leyes. El danés Oersted, descubridor del electromagnetismo; James Clerk Maxwell, quien formula la teoría electromagnética de la luz; Alejandro Volta, quien logra establecer una corriente eléctrica valiéndose de la pila de su invención que lleva su nombre, perfeccionada, después, por Daniell y Leclanché. Graham Bell y Hughes, inventores respectivamente del teléfono y el micrófono, y tantos otros que nos abstenemos de nombrar para no hacer exhaustiva la relación.

De esta suerte, desembocamos, por fin, en los tres genios precursores de la Electrónica: el alemán Enrique Hertz (1857-1894), profesor de física



**ALEJANDRO VOLTA**

en la Escuela Técnica Superior de Karlsruhe, a quien se debe, entre otras cosas, el descubrimiento de las ondas electromagnéticas utilizadas por la radiodifusión. El norteamericano Tomás Alva Edison (1847-1931), autor de numerosos inventos,



**TOMÁS ALVA EDISON**

entre los que descuella la lámpara de incandescencia. Y el italiano Guillermo Marconi (1874-1937) que ya hemos mencionado. Con su invención de la telegrafía sin hilos llegamos a las pos-trimerías del siglo XIX.

Y, ahora, en estos sesenta y tantos años del siglo actual, ¡en menos de la vida media de un hombre!, se produce la carrera galopante de descubrimientos e invenciones de todo género que conduce al desarrollo de la Electrónica actual.

Es una carrera fabulosa que transforma el mundo.

En 1904, Fleming inventa el tubo de dos electrodos. Pero verdaderamente esa maravilla electrónica llamada válvula termoiónica no se hace realidad hasta 1906, cuando De Forest introduce un tercer elemento regulador llamado rejilla.

La radiodifusión es un hecho. Las emisoras experimentales crecen cada vez más pujantes, hasta que llega el momento de su encauzamiento hacia su comercialización, que es tanto como decir de su difusión.

La radio comercial da principio el 2 de noviembre de 1920 en Pittsburgh, Estados Unidos, cuando la emisora KDKA emite el primer programa oficial de esta clase anunciando los resultados de las elecciones presidenciales de aquel país.

Los escasos receptores de radio, que detectan las ondas hertzianas lanzadas por las emisoras por medio de cristales, como la galena, y que son transformadas en sonidos audibles por intermedio de los auriculares, conocen una nueva y decisiva expansión.

La mejora constante de las válvulas termoiónicas hace posible su abaratamiento y sustituyen en los receptores a los otros medios. Los impulsos eléctricos, fuertemente amplificados, hacen posible el empleo de unos nuevos ingenios llamados altavoces. Con el concurso de ambos la audición llega a grandes masas de auditores.

A aquellas primitivas transmisiones, molestas, llenas de ruidos y parásitos de todas clases que venían y se disipaban con harta frecuencia, suceden otras cada vez mejores. El alcance se incrementa también. A la primera emisora de 50 vatios de potencia le siguen otras cada vez más potentes, hasta contarse por miles de vatios en antena.

En 1922, las ondas hertzianas empleadas en la radiodifusión extienden su gama de frecuencias. Ya no son sólo las llamadas ondas largas las que se utilizan, sino que se extiende a otras mucho más cortas que facilitan la audición a muy largas distancias. Se ha dado otro paso.



Aspecto de una antigua válvula triodo, contemporánea de la que ideó De Forest.

Comienza la fiebre. Es necesario construir un amplio mercado de receptores para los millones de radioescuchas dispuestos a oír el creciente número de emisoras y programas.

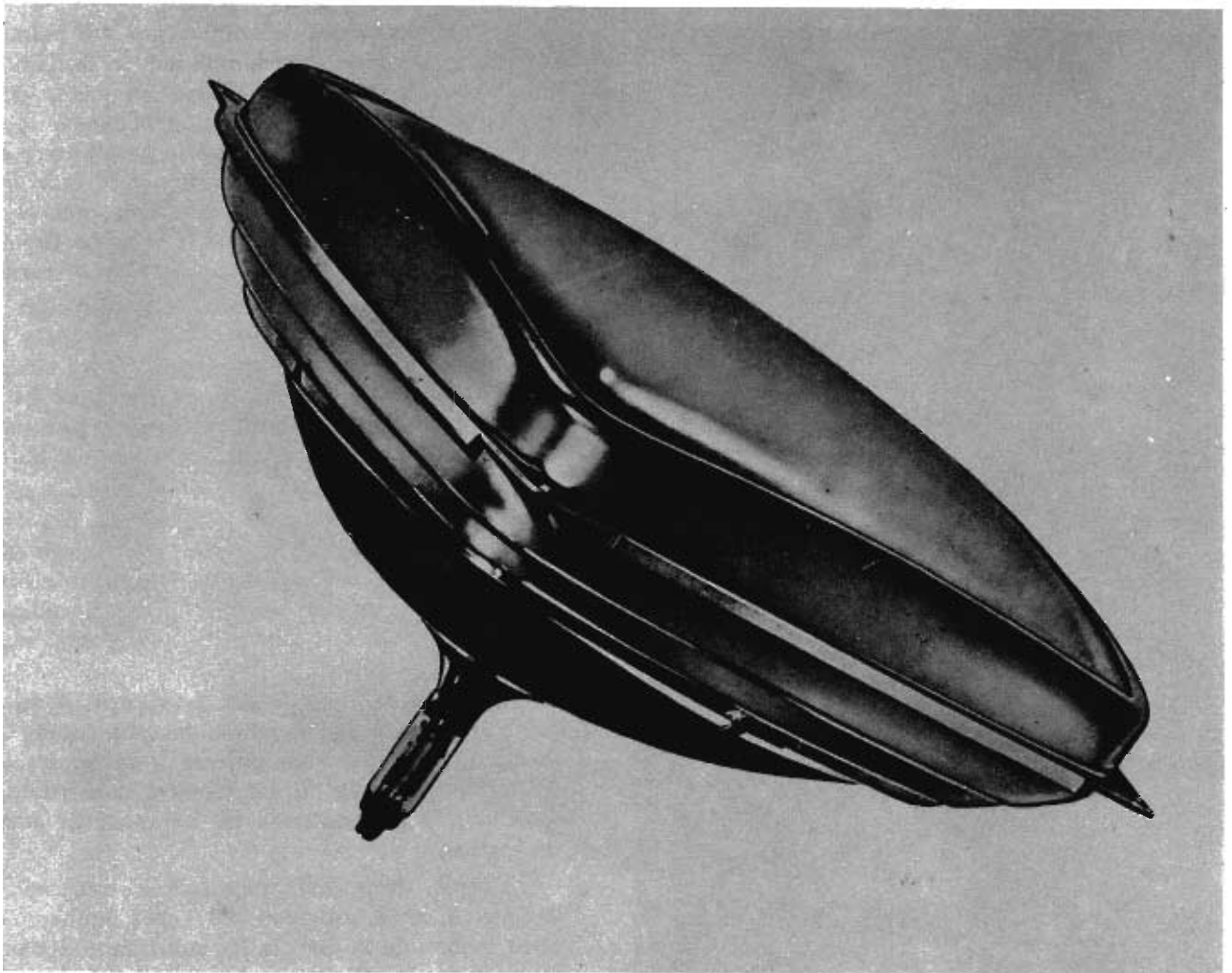
Y así surgen los grandes complejos industriales para la manufactura de los aparatos.

Los tiempos heroicos del radioescucha pasan definitivamente a la historia. El entusiasmo de unos miles de aficionados ante aquellos «actos de brujería» se trueca ahora en una recepción cómoda, agradable y subyugante.

Mas estos esfuerzos no son sólo en una dirección. Se trabaja callada pero activamente en los laboratorios en pos de otro «milagro»: la televisión.

Los esfuerzos en tal sentido son considerables. Por medio de los hilos telegráficos, primero, y de las propias ondas hertzianas más tarde, se consigue transmitir imágenes a gran distancia. Es la radiofotografía, antesala de la televisión.

Pero para lograr esta retransmisión visual se precisan 4 minutos, a fin de que la exploración de toda la imagen a retransmitir se complete. Este obstáculo parece insalvable. Es preciso para dar la sensación de movimiento que las imágenes se sucedan a razón de 24 ó 25 cada segundo, lo cual supone que la exploración de cada punto de una misma imagen se efectúe en una millonésima de segundo.



Moderno tubo de imagen para los actuales aparatos de TV.

Ningún medio mecánico es capaz de lograr una velocidad semejante. Y así surgen el iconoscopio (emisor) y el kinescopio (receptor), aparatos básicos fundamentales en la televisión. La exploración de las imágenes se convierte en una exploración electrónica. La primera demostración de transmisión de esta clase tiene lugar en el año 1920, sobre una distancia de 8 kilómetros.

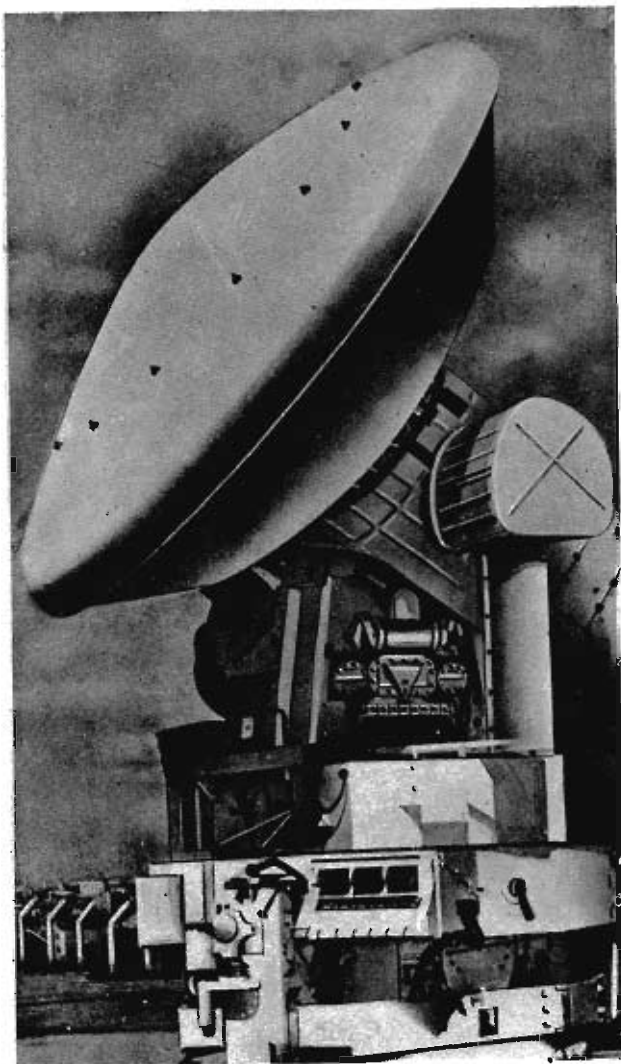
De ahí a la conversión industrial del invento hay sólo un paso.

Sin embargo, la segunda guerra mundial (1939-1945) sorprende a la televisión en ese punto crucial, que podríamos parangonar con el del niño cuando llega a esa edad crítica que suponen sus primeros pasos.

Pero pasada la conflagración, el resultado no se hace esperar. La televisión se convierte en una tangible realidad.



Cámara de TV instalada en un navío de guerra para controlar las maniobras de cubierta desde el puente de mando.



Espectacular instalación de radar, especialmente ideado para detectar, localizar y seguir la trayectoria de elementos balísticos.

La expansión industrial de la Electronia conoce nuevos impulsos. Las fábricas siguen creciendo y otras surgen por toda la redondez de la Tierra. Lo mismo ocurre con las industrias auxiliares y de accesorios (válvulas, resistencias, condensadores, transformadores, etc.) que dan empleo técnico y especializado a nuevas decenas de miles de hombres y mujeres. Pero ahí no para la cosa.

Entretanto, otra rama de la Electronia se abre en el año 1935. Robert A. Watson Watt inventa la radiolocalización, comúnmente llamada radar.

De forma práctica se emplea por vez primera durante la segunda guerra mundial, en la llamada batalla de Inglaterra. Constituyó un factor decisivo en la victoria de la aviación británica sobre la alemana, como después lo sería para barrer del mar al arma submarina, prácticamente indefensa ante la localización, aun en inmersión, que el radar proporcionaba. Allí donde la vista no llegaba, llegaban los haces electrónicos del nuevo invento.

Posteriormente, en la paz, su aplicación ha encontrado un campo inmenso. Los barcos y los aviones dotados de radar pueden desafiar sin peligro las nieblas y tormentas sin riesgo de estrellarse contra cualquier obstáculo, ya sea una montaña, un risco o simplemente otro avión o barco.

El terrible desastre del «Titanic», tantas veces relatado por la cinematografía, no hubiera tenido lugar si en aquellas fechas (1912) hubiera existido el radar, pues el tremendo témpano de hielo causante de la catástrofe habría sido localizado con tiempo más que suficiente, y a pesar de la densa niebla reinante.

Es indudable, pues, que la seguridad en la navegación aérea y marítima ha aumentado de forma inconmensurable gracias a la aportación de este ingenio de la electrónica, construido y servido hoy por millares de hombres de todos los países.

¿Y qué decir del microscopio electrónico? Gracias a él el progreso del saber humano en otras ramas de la ciencia ha aumentado considerablemente. La Física se ha beneficiado con el descubrimiento de esos universos planetarios que constituyen la micro-materia, arranque de la moderna concepción del átomo y sus propiedades. Así mismo, por lo que se refiere a multitud de esos microorganismos llamados virus, tan extraordinariamente pequeños que era imposible descubrir ni con ayuda de los más potentes microscopios ópticos. Solamente con este gran invento, que amplía más de un millón de veces, se ha logrado lo que parecía imposible. Muchas enfermedades, pues, han podido ser combatidas con éxito gracias al conocimiento de esos virus.

Por otra parte, las aplicaciones de los rayos X, radiocardiogramas y otros avances de la medicina son, también, conquistas de la electrónica.

Como lo son esos cerebros que resuelven multitud de ecuaciones en un tiempo record, que normalmente precisarían el cálculo continuado de muchos hombres durante un período dilatado.

Otras tres conquistas importantísimas tienen lugar ya en estos últimos años: la aplicación de



**El magnetofono ha venido a solucionar una serie de inconvenientes de orden práctico. He ahí un modelo de categoría media, de cuyo servicio podrían hablarnos muchos directores de empresa.**

la frecuencia modulada en la detección en radio y televisión. De este modo la selectividad de programas alcanza su punto culminante y hace posible su extensión al verdadero campo de la alta fidelidad.

El sonido magnético, grabado en cintas especiales que están al alcance de todos; y, lo que es más extraordinario, la impresión electrónica de la imagen (video) que hace posible descomponer una imagen en impulsos magnéticos sobre una cinta especial y convertirlos de nuevo en imágenes. Las emisoras de televisión emplean hoy profusamente este sistema para la grabación de programas.

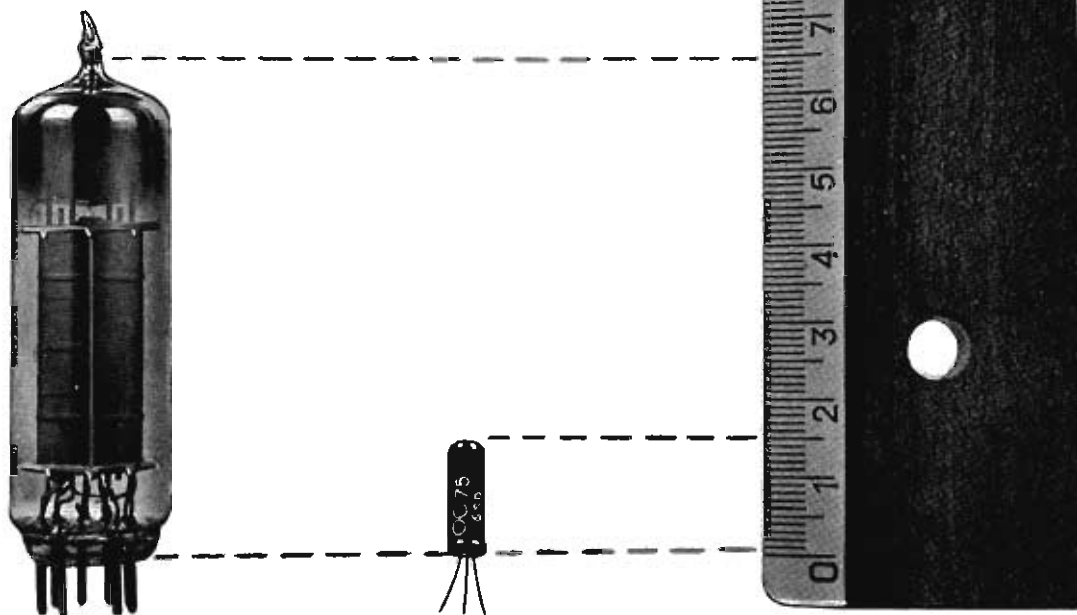
Llega el 30 de junio de 1948, cuando los laboratorios de la Bell Telephone Company, de los Estados Unidos, anuncian el más trascendental

invento de la Electrónica en estos últimos años.

Los investigadores John Bardeen y Walter H. Brattain coronan con el más resonante éxito sus experimentos con los materiales que han venido a llamarse semi-conductores: el nuevo invento sensacional recibe el nombre de transistor.

Lo que este pequeño dispositivo ha logrado es verdaderamente increíble. Su formidable perfeccionamiento en los dos o tres últimos años le señala como el heredero legítimo de la válvula termoiónica.

Sus magníficas características tienen su máximo exponente en su escaso consumo de alimentación, así como en sus pequeñísimas dimensiones, lo que ha hecho posible un sueño muchos años acariciado: la alimentación por pilas, que permite la construcción de receptores portáti-



**El transistor, un pequeño gigante. Su reducido tamaño ha permitido obtener una serie de ventajas en los montajes electrónicos.**

les de muy reducidas dimensiones, no mayores que un simple paquete de cigarrillos. Nada añadiremos sobre esto porque está a la vista de todos. Digamos, tan sólo, que las posibilidades futuras que se abren al uso de los transistores son inmensas, como lo prueban ya, fehacientemente, los distintos dispositivos de control y ajuste de que van provistas las aeronaves y cohetes de la era espacial que comienza.

Y llegados a este punto, le invitamos, lector amigo, a que medite unos minutos sobre la diferencia del mundo al alborear nuestro siglo y este de la actualidad. ¡Todo un mundo distinto y, lo que es más, en continua evolución!

Para finalizar y, a título de curiosidad, de esa curiosidad que despierta nuestros anhelos porque están a la vuelta de la esquina, como quien dice, vamos a hacer un panegírico de lo que la Electronia puede traernos en un próximo porvenir:

A la televisión en colores, que es ya una realidad, si bien un poco costosa, se le abren más amplios horizontes que los dimanantes de una mayor atracción como entretenimiento y solaz de los telespectadores.

El empleo del color-podrá, sin duda, permitir el diagnóstico de enfermedades desde varios kilómetros de distancia, abriendo un ancho pórtico a la medicina moderna. Piense usted en las dificultades que actualmente ofrece el desplazamiento de los médicos en aquellos países o parajes con deficientes medios de comunicación o separados por distancias enormes.

En combinación con el teléfono nos llega a pasos agigantados un nuevo progreso en la telecomunicación, lo que muy bien podemos llamar videofono; esto es, un teléfono dotado de imagen, en donde la central telefónica hace las veces de transmisora de esta última.

Como todas las cosas de este mundo, este nuevo procedimiento, que ya se vislumbra prácticamente, no se implantará masivamente, sino que los principios serán sin duda para enlazar salas de reunión, organismos rectores de gobierno o empresas particulares, etc.

Este contacto, casi personal, que pueda establecerse, puede ahorrar multitud de horas perdidas en desplazamientos y viajes para consultas y toma de acuerdos que muchas veces no requieren más que una o dos reuniones.

¿Un aparato del futuro? El video-teléfono es ya una realidad que espera su turno para pasar al plano industrial. Su realización no es ya ningún secreto.



También puede preverse una revolución en los métodos de correos y telégrafos.

Los informes escritos que actualmente son transportados en avión, ferrocarril o barco y luego llevados al domicilio del destinatario, con la pérdida de horas y aun de días que este traslado físico significa, serán transmitidos por micro-ondas que reproducirán el texto en el mismo domicilio del destinatario.

Tampoco está lejano el día en que la Electronia invada la industria de la alimentación. Algo se ha hecho ya en este sentido, pero sólo han sido los primeros balbuceos. Mucho habrá que decir sobre la preparación de los alimentos, desde su obtención como materia prima hasta su propia cocción. Las micro-ondas harán en pocos segundos una labor de algunas horas que ahora confiamos al calor.

El crecimiento de las plantas, la fertilidad del suelo, se habrán de beneficiar algún día de las aportaciones de la Electrónica.

El campo que queda todavía por explorar es inmenso. Desconocemos aún las propiedades de una extensa gama de micro-ondas por falta

de aparatos adecuados para su estudio, pero no cabe duda que estos secretos serán revelados.

Y si bien alguna de las lucubraciones que acabamos de exponer no se realicen exactamente, es indudable que otras llegarán a nosotros sin que en este momento las sospechemos siquiera. El avance de la Electronia es, en muchas ocasiones, superior en resultados a los propios vaticinios.

Y tenemos la seguridad, lector amigo, de que si nos pusiéramos en contacto con alguno de esos grandes investigadores que en los laboratorios de todo el mundo dedican su vida y sus conocimientos en sondear en las tinieblas de lo desconocido nos diría, seguramente: «Pero si sólo estamos empezando...».

Ésta es, lector amigo, una síntesis de la fascinante ciencia que estudiaremos a través de las lecciones de nuestro tratado. Hemos contraído la responsabilidad de adentrarle en los secretos que mentes privilegiadas, desde Thales de Mileto hasta nuestros días, han revelado para conocimiento y progreso de todo el género humano.

Aceptamos la responsabilidad, seguros de contar con su entusiasmo.



## CONOCIMIENTOS PREVIOS I

**Fuerza - Trabajo - Potencia - Energía - Energía eléctrica - Electricidad por frotamiento; cargas - Leyes - Teoría electrónica de la materia - La molécula - El átomo - Partículas atómicas - Electrostática.**

Estudiar radio requiere la posesión de cierto número de conocimientos, sin los cuales resulta imposible comprender el elevado número de fenómenos que deben producirse en el interior de un aparato receptor para que el sonido emitido por una emisora, que puede estar a miles de kilómetros de donde nos encontramos, pueda percibirse con la asombrosa nitidez que consigue la moderna técnica electrónica puesta al servicio de la radio.

Usted sabe perfectamente que para que un aparato de radio normal entre en acción es imprescindible conectarlo a una toma de corriente eléctrica. Es la electricidad la que hace posibles los fenómenos ciertamente complejos que son capaces de recoger las ondas sonoras para convertirlas nuevamente en sonido. Por tanto, es inconcebible un Curso de Radio al que no se antepongan algunas lecciones dedicadas al estudio de la electricidad. Vamos a emprender este estudio.

La lógica más elemental aconseja que antes de emprender el estudio de una determinada materia se dé una definición de la misma. Así, por ejemplo, cuando se trata de estudiar matemáticas, es conveniente decir, ante todo, qué son las matemáticas. Si tratamos de estudiar geografía, empezaremos

dando una definición exacta de lo que es esta disciplina. La electricidad ¿puede ser una excepción?... Ciertamente, no. Debemos dar una definición de electricidad que nos permita empezar su estudio sabiendo qué es lo que vamos a estudiar.

Sin embargo, sabemos muy poca cosa de la electricidad. Es muy cierto que la ciencia eléctrica ha experimentado un desarrollo notabilísimo, de tal forma que nuestra civilización, nuestra era, es la civilización y la era de la electricidad. Pero debe tener en cuenta que el conocimiento de los efectos producidos por una causa determinada no implica un conocimiento exacto de esta causa.

Esto es, precisamente, lo que ocurre con la electricidad: conocemos sus efectos, sabemos servirnos de ella para conseguir infinidad de acciones, pero, en cambio, desconocemos con exactitud su naturaleza íntima.

Así, puestos en el caso de definir la electricidad de una manera normalmente comprensible, sólo podemos afirmar que *la electricidad es una forma de energía*. Observe que establecemos la relación entre electricidad y energía, dando a la primera la naturaleza de la segunda.

## FUERZA

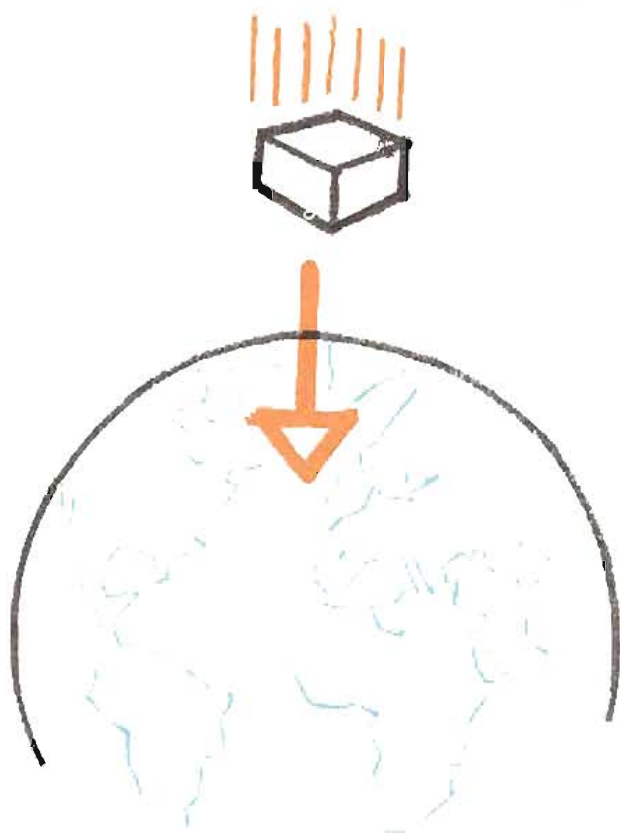
*Llamamos fuerza a la causa capaz de producir o modificar un movimiento.*

El concepto de fuerza es algo que todos podemos comprender, por cuanto son muchas las ocasiones en que debemos ejercer una fuerza para conseguir algo que nos proponemos.

Cuando un cuerpo se pone en movimiento, es evidente que sobre él está actuando una fuerza.

Un automóvil se desplaza de un sitio a otro gracias a la fuerza de su motor. El futbolista consigue que el balón penetre en la portería gracias a que le ha dado un impulso con la fuerza producida por la pierna con que le ha dado el patadón.

Pero de la misma forma que para producir un movimiento es necesario el concurso de una fuerza, también para modificar este movimiento, o para



Por la acción de la gravedad la tierra atrae a los cuerpos con una fuerza llamada peso. Todo cuerpo que cae libremente desde una cierta altura se dirige en línea recta hacia el centro geométrico de la esfera terrestre. El peso unidad es el kilo.



suprimirlo, requerimos el concurso de otra fuerza. Cuando el portero detiene el balonazo que le manda un delantero, es evidente que ha necesitado ejercer una fuerza sobre el balón, tanto mayor cuanto mayor haya sido el impulso que aquél le haya dado.

Sin embargo, todos sabemos que, aunque se impulse con mucha fuerza, llegará un momento en que el balón se parará sin que nadie lo toque. En este caso podemos preguntarnos si falla el concepto dado anteriormente. Es decir: si el balón se para por sí solo, ¿por qué decimos que para detener o modificar un movimiento es *imprescindible* la acción de una fuerza? Es que también en el caso que acabamos de considerar ha existido una fuerza que ha detenido el balón al actuar sobre él. Ha actuado una fuerza de rozamiento, producida a su vez por la fuerza con que la Tierra atrae a todos los cuerpos.

Cierto: *la Tierra atrae a todos los cuerpos con una fuerza a la que llamamos PESO.*

Medimos con el kilogramo el peso de los cuerpos; esta misma unidad nos sirve para medir toda clase de fuerzas.

Es fácil darse cuenta de que la fuerza de un hombre está dada por el peso de lo que levanta, arrastra o arroja. A nadie sorprende que un hombre sea capaz de levantar un peso de cinco kilos; pero cuando observamos que un hombre es capaz de levantar del suelo un peso de 200 kilos, por ejemplo, le admiramos por la fuerza que demuestra poder efectuar.

## TRABAJO

Fuerza y trabajo, aunque son dos cosas distintas, son dos conceptos que están íntimamente ligados. Cuando se trata de efectuar una fuerza, sea para producir o para modificar un movimiento, en seguida pensamos en el trabajo que deberemos realizar, tanto mayor cuanto más elevado sea el peso de aquello que debemos trasladar de un lugar a otro. A mayor peso, cierto, corresponde un mayor trabajo; pero si consideramos un mismo peso, la idea del mayor o menor trabajo que deberemos realizar no viene dado exclusivamente por el peso en sí, sino por la distancia a que deberemos des-

plazarlo. Si se nos pide que traslademos un peso de cinco kilos a un metro de distancia, seguro que no nos vamos a asustar. Pero si la petición consiste en trasladarlo a cinco kilómetros, es muy posible que tengamos algún reparo. ¿Se da cuenta? La idea del trabajo relaciona íntimamente la fuerza y distancia que deberá recorrer el peso que nos obliga a efectuarla.

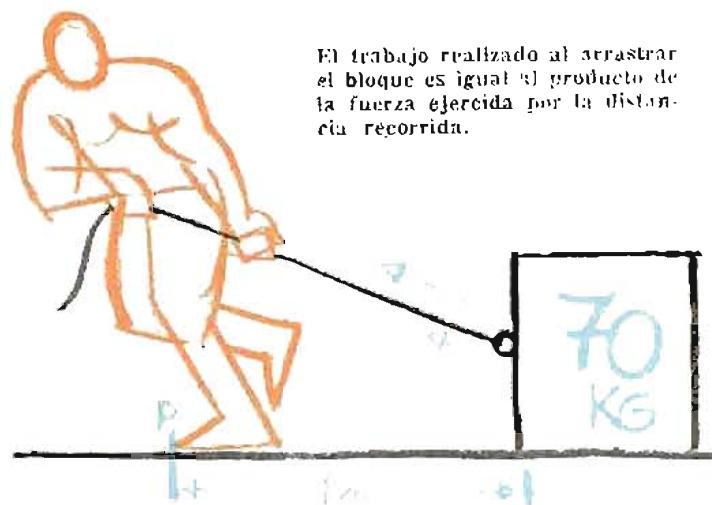
Por tanto, la fórmula que nos dará el trabajo será ésta:

$$\text{TRABAJO} = \text{FUERZA} \times \text{DISTANCIA}$$

Para levantar un peso de 1 kilogramo se necesita una fuerza también de 1 kilogramo. Si levantamos este peso a la distancia de 1 metro de su posición primera, el trabajo realizado será 1 kilogramo  $\times$  1 metro.

Observe que hemos relacionado la unidad de fuerza con la unidad de longitud (el metro). ¡Esta será, pues, la unidad de trabajo!

LA UNIDAD DE TRABAJO ES EL KILOGRÁMETRO, QUE ES EL TRABAJO QUE SE PRECISA PARA ELEVAR UN PESO DE 1 KILOGRAMO A LA DISTANCIA DE 1 METRO.



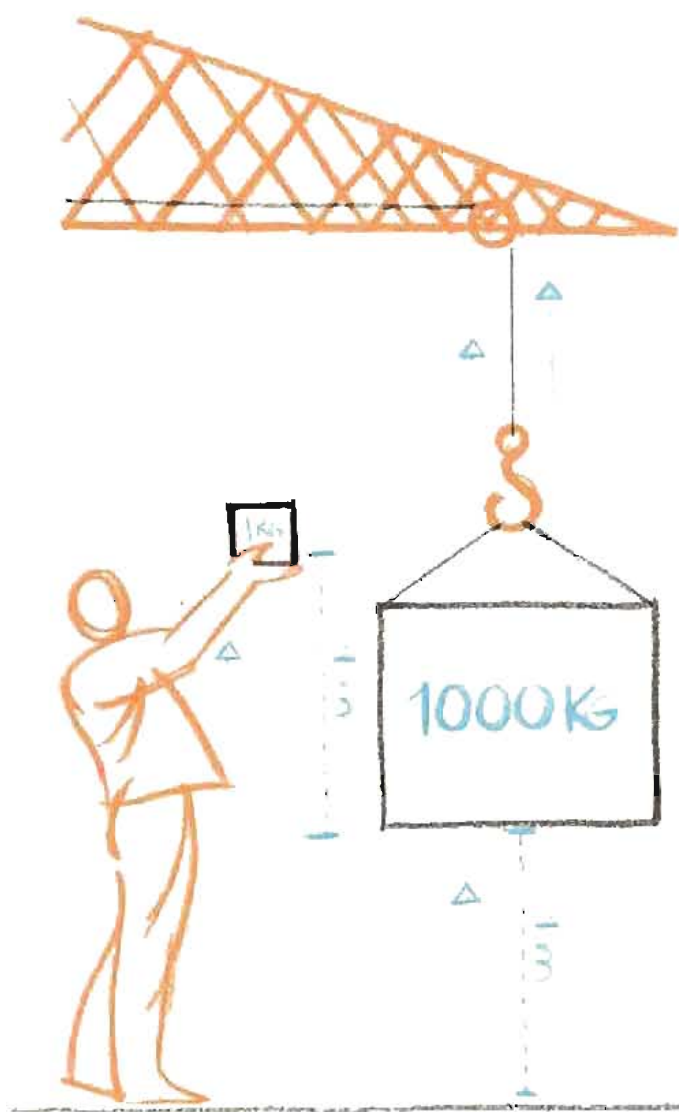
## POTENCIA

Dos individuos o dos máquinas pueden ser capaces de realizar el mismo trabajo; eso se ha demostrado hasta la saciedad. Pero si entre dos máquinas capaces de realizar el mismo trabajo debemos establecer un orden que nos diga cuál es la que reporta más ventajas, ¿en qué íbamos a fijarnos?... Indiscutiblemente, en el factor tiempo. La máquina capaz de efectuar el trabajo encomendado en menos tiempo nos parecería la mejor. Y nos parecería mejor por la sencilla razón de tener más *potencia*.

Aparece un nuevo concepto: LLAMAMOS POTENCIA A LA CANTIDAD DE TRABAJO REALIZADO EN LA UNIDAD DE TIEMPO.

Un hombre es capaz de levantar 1 kilo a 1 metro en el tiempo de 1 segundo, con lo cual habrá desarrollado una potencia de 1 kilográmetro por segundo. Una grúa, por ejemplo, en el mismo tiempo de 1 segundo, puede ser capaz de levantar a un metro un peso de 1.000 kilogramos. La grúa tendrá una potencia 1.000 veces superior a la del hombre. Habrá desarrollado una potencia de 1.000 kilográmetros por segundo.

La unidad de potencia, desde luego, es el kilográmetro por segundo. En mecánica resulta demasiado pequeña esta unidad, por lo cual la unidad práctica de potencia es el caballo de vapor (C.V. o H.P.), que corresponde a una potencia de 75 kilográmetros por segundo.



La potencia de la grúa es mil veces superior a la del hombre de este gráfico si suponemos que el trabajo expresado se efectúa en ambos casos en el tiempo de un segundo.

## Vamos a resumir

Antes de proseguir vamos a dar un breve resumen de todo lo dicho, ya que conviene que estos conceptos iniciales queden perfectamente claros.

Para que un cuerpo se ponga en movimiento, se pare o modifique el movimiento que lleva, se requiere una fuerza. *Fuerza es toda causa capaz de producir, modificar o suprimir un movimiento.*

*La fuerza con que los cuerpos son atraídos por la Tierra recibe el nombre de peso. La unidad de peso y de fuerza es el kilogramo.*

## ENERGIA

El concepto de energía es de los que se citan de modo constante. Pero también es de los que menos se conocen. Hablamos de energía mecánica, de energía eléctrica, de energía atómica... ¿Qué queremos decir cuando hablamos de la energía de un cuerpo?...

LA ENERGÍA NO ES MÁS QUE LA CAPACIDAD DE LA MATERIA PARA REALIZAR UN TRABAJO.

Una piedra situada a una cierta altura es capaz de realizar un trabajo. Luego, contiene una cierta cantidad de energía. Si la dejamos en libertad comprobaremos que puede realizar un trabajo. En su caída será capaz de hundir un clavo, de comprimir un muelle, de poner en marcha un determinado mecanismo, etc. Puede realizar un trabajo.

Lo mismo ocurre con el agua de un embalse. Debe considerarse un detalle de suma importancia: que la energía, en estos casos, depende del nivel a que se encuentre la materia antes de realizar el trabajo. La energía del agua o de la piedra será tanto mayor cuanto mayor sea la distancia que las separe del punto en que el trabajo debe manifestarse. Este tipo de energía, que depende de la posición de su fuente, recibe el nombre de ENERGÍA POTENCIAL.

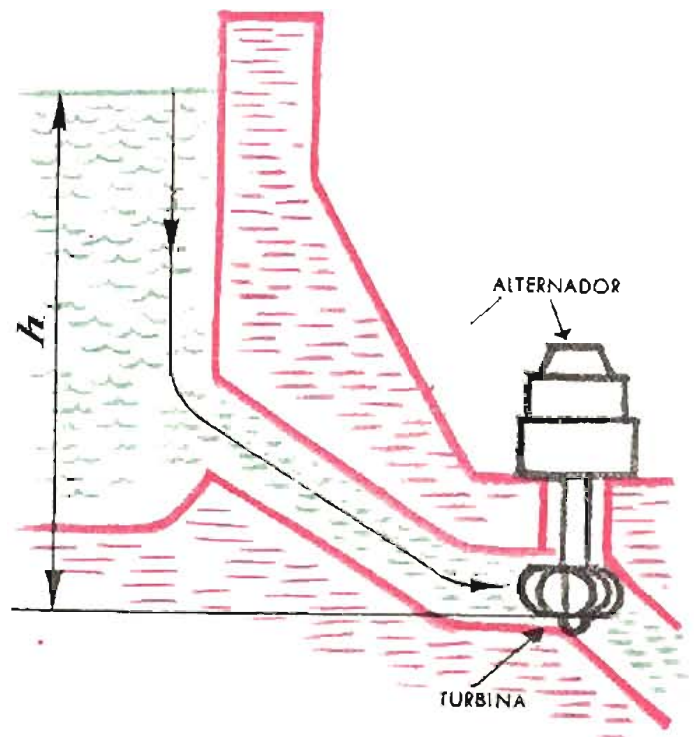
## OTROS TIPOS DE ENERGIA

Al quemar carbón en el hogar de una locomotora, se consigue que el agua de la caldera entre en ebullición y que el vapor de agua ponga en movimiento la máquina. Con ello se ha realizado un tra-

Para trasladar un peso, necesitamos ejercer una fuerza a lo largo de una distancia. *El producto de la fuerza por la distancia recorrida es el trabajo.*

*La unidad de trabajo es el kilográmetro, que es el trabajo necesario para elevar un peso de 1 kilo a la altura de 1 metro.*

Cuando se tiene en cuenta el tiempo empleado para ejecutar un cierto trabajo, hablamos de potencia. *Potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.*



En el caso de un embalse la energía depende del nivel que alcance el agua en relación al punto en que deberá efectuarse el trabajo. Es un ejemplo característico de energía potencial.

bajo, con lo cual queda demostrado que en el carbón se encuentra una energía. Esta energía no depende para nada de la posición del carbón, puesto que no se manifiesta en su caída, sino en su com-

bustión. Recibe el nombre de ENERGÍA TÉRMICA o CALORÍFICA.

Esta energía térmica se traduce en la locomotora en un movimiento; aparece entonces en forma de ENERGÍA MECÁNICA.

Observe usted cómo la energía potencial del agua se transforma en una energía mecánica al accionar una turbina. Observe también cómo la energía calorífica se transforma también en otro tipo de energía.

Transformación. Esta es una cualidad fundamental de la energía: la facilidad con que puede transformarse de una especie en otra, de tal ma-

nera que podemos afirmar que la energía nunca se pierde, sino que se transforma en distintas manifestaciones. Esta es una ley que se conoce con el nombre de la ley de la conservación de la energía y cuyo enunciado más común es éste:

## LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA

**La energía no se crea ni se destruye. Sólo se transforma**

## LA ENERGIA ELECTRICA

LA ENERGÍA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, SÓLO SE TRANSFORMA.

Después de apuntados los conceptos físicos precedentes, podemos abordar el estudio de la disciplina que mayormente nos interesa, como acceso al estudio de los fenómenos radioeléctricos.

Hemos dicho al principio que la electricidad es una forma de la energía, cosa que debemos aceptar *por principio*, pero que, en cierto modo, podemos deducir teniendo en cuenta las definiciones que hemos dado.

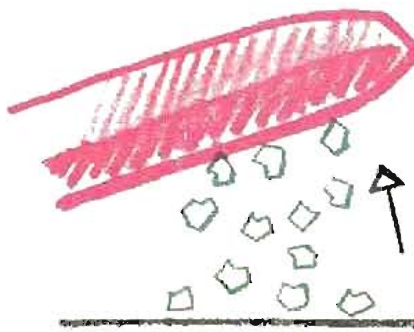
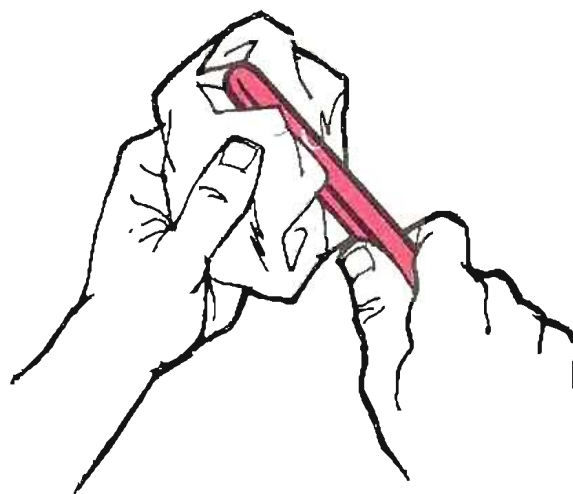
Si energía es la capacidad para realizar un trabajo y si todo trabajo implica el concurso de una fuerza, en cuanto demos que gracias a la electricidad aparecen fuerzas capaces de realizar un trabajo, estaremos ante la evidencia de encontrarnos en presencia de una forma de la energía. Podremos hablar de la energía eléctrica.

Existen fuerzas eléctricas que pueden manifestarse con mayor o menor facilidad cuando una sustancia se ve afectada por una forma de la energía. En virtud de la ley de la conservación de la energía, una acción mecánica, por ejemplo, puede transformarse en electricidad.

Vamos a comprobarlo de la misma manera que lo comprobó Thales de Mileto. Thales era un sabio griego que vivió en el siglo VI antes de Jesucristo. Para ello sólo necesitamos una barra de lacre (sustancia formada de resinas vegetales) y un trapo de lana. También algunos pedacitos muy chiquitines de papel o de corcho... o de cualquier otra sustancia muy ligera.

Si frotamos enérgicamente la barra de lacre con el trapo de lana y luego acercamos esta barra a los papelitos previamente cortados, observare-

mos cómo son atraídos por la barra. Se manifiesta una fuerza, contenida en la barra, capaz de efectuar el trabajo necesario para elevar los papeles desde la superficie en que se encuentren hasta la barra. Innegable: en la barra de lacre hay una



Si frotamos una barra de lacre y la acercamos a objetos muy ligeros, éstos serán atraídos por la barra. Es una manifestación de la energía eléctrica.

fuelle de energía a la que llamamos ENERGÍA ELÉCTRICA.

Vea cómo en este sencillo experimento hay una manifestación de la ley de la conversión y conservación de la energía. Al frotar la barra con el paño hemos realizado un trabajo mecánico. Se ha liberado, pues, una cierta cantidad de energía mecánica que se ha transformado en energía eléctrica manifestada en la barra de lacre. Esta energía eléctrica será mayor (podrá realizar un mayor trabajo) cuanto más hayamos frotado con el paño de lana. Aquí cabe hacer un inciso de cierta importancia si nos preguntamos si toda la energía mecánica desarrollada se ha convertido en energía eléctrica.

La respuesta es *no*. No, porque parte de la energía mecánica se ha convertido en calor.

Este es un detalle a tener en cuenta cuando se habla de la ley de la conservación de la energía. Sólo cuando la energía eléctrica se convierte en calor (caso de una estufa eléctrica, por ejemplo) las cantidades de energía son idénticas. Cuando se pretende transformar un tipo de energía (eléctrica o no) en otro, siempre hay que contar con que parte de la energía inicial se convertirá en calor.

El frotamiento es la forma más simple de conseguir electricidad. Por analogía, se llama electricidad por frotamiento a la conseguida por este sistema.

## ELECTRICIDAD POR FROTAMIENTO

### Electricidad positiva y electricidad negativa

Acabamos de ver cómo, después de frotar una barra de lacre con un paño de lana, se manifiesta una fuerza, una energía capaz de producir un trabajo. La barra atrae objetos ligeros.

Cabe preguntarse si todas las sustancias actúan de igual forma; es decir, si todas las sustancias, al ser frotadas, adquieren esta fuerza misteriosa a la que llamamos electricidad. Pues no; no todas las sustancias la adquieren. Esta capacidad para que se manifieste en un cuerpo lo que llamamos un estado eléctrico depende de la naturaleza íntima de la sustancia.

El vidrio, por ejemplo, es otra de las sustancias que adquieren con facilidad un estado eléctrico, sobre todo cuando se frota con un trapo de seda natural. También una barra de vidrio atraerá los pedacitos de papel que pongamos bajo ella. Lacre y vidrio, pues, son dos sustancias fácilmente electrificables.

Ahora bien: ¿es igual la electricidad contenida en el lacre y la electricidad contenida en el vidrio?... Ante la imposibilidad de ver esa cosa llamada electricidad, sólo podemos valernos de sus efectos para llegar a una conclusión. Ambas sustancias, una vez electrificadas por frotamiento, son capaces de atraer sustancias poco pesadas, lo cual parece indicar que la electricidad del vidrio y la del lacre son exactamente iguales. Sin embargo, hagamos un pequeño experimento.

Suspendamos dos barras de lacre, previamente electrificadas por frotamiento, de un soporte apropiado. Si acercamos ambas barras observaremos algo curioso: se manifiesta un movimiento de las barras que tiende a separarlas. Hay una verdadera repulsión entre ellas.

Repitamos ahora el experimento con dos barras de vidrio. Observaremos iguales resultados: se repelen las dos barras cuando se las acerca.

Ahora electrifiquemos una barra de lacre y otra de vidrio. Situémoslas en los soportes correspondientes y acerquémoslas. ¿Qué ocurre?... Pues todo lo contrario de antes. Ahora el movimiento que observamos en las barras tiende a juntarlas en vez de a repelerlas. Hay una auténtica atracción entre el lacre y el vidrio electrificados. El comportamiento es completamente distinto; por tanto, ya no podemos pensar que la electricidad del lacre sea igual que la del vidrio.

Mientras hemos acercado sustancias electrificadas iguales (dos barras de lacre o dos barras de vidrio) hemos observado una repulsión. Pero en cuanto hemos acercado dos sustancias electrificadas distintas (lacre y vidrio) el movimiento ha sido de atracción.

Podemos, pues, hablar de la electricidad del lacre y de la electricidad del vidrio; además, podemos afirmar que electricidades iguales se repelen y que electricidades distintas se atraen.

Sin embargo, este enunciado resulta muy poco científico. Benjamín Franklin, ante la necesidad de dar un nombre a los dos tipos de electricidad descubiertos, llamó electricidad positiva a la del vidrio y electricidad negativa a la del lacre; dijo que el lacre se cargaba negativamente y que el vidrio se cargaba positivamente. Nos encontramos, pues, ante dos clases de electricidad o de cargas eléctricas: la negativa, cuyas cargas se representan con un signo *menos* ( $-$ ), y la positiva, cuyas cargas se representan con un signo *más* ( $+$ ).

Con ello ya podemos enunciar la ley fundamental de la electricidad.

## LEY DE ATRACCION Y REPULSION DE CARGAS

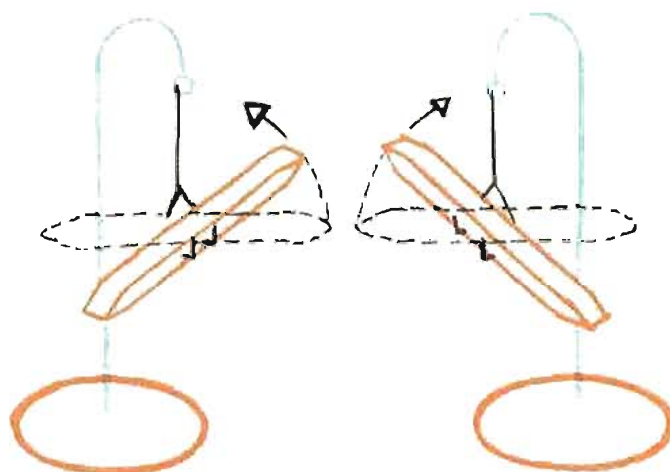
**Cargas del mismo signo se repelen  
y cargas de distinto signo se atraen.**

Observe que hemos hablado de carga eléctrica. La palabra *carga* nos hace intuir el concepto de cantidad. De la misma forma que decimos que un camión está muy cargado cuando nos referimos a la cantidad de unidades de lo que sea (sacos, cajas, troncos, etc.) que pueda acarrear, también podemos hablar de la mucha o poca carga eléctrica que pueda tener una barra de lacre, cuando nos referimos a la mayor cantidad de electricidad que pueda contener.

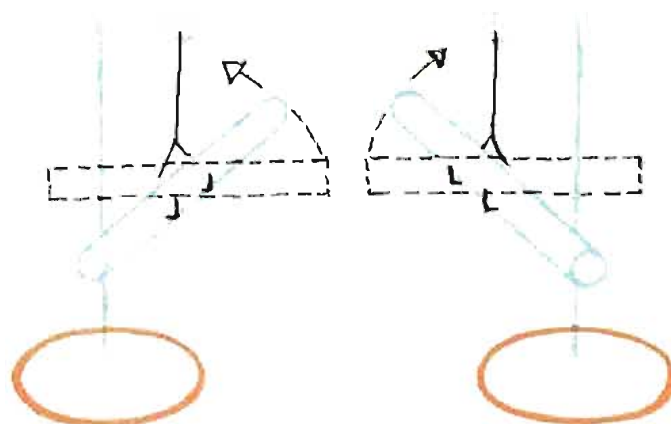
Si podemos hablar de cantidad de electricidad, es evidente que la electricidad es algo que puede medirse. Las manifestaciones de esta fuerza (la electricidad) dependerán de su cantidad.

Acabamos de decir que la primera manifestación de la electricidad está en esta atracción o repulsión de sus cargas. Este fenómeno depende de una forma directa de la cantidad de cargas eléctricas contenidas en los dos cuerpos que se atraen o se repelen. A mayor carga, más fuerza de atracción o de repulsión.

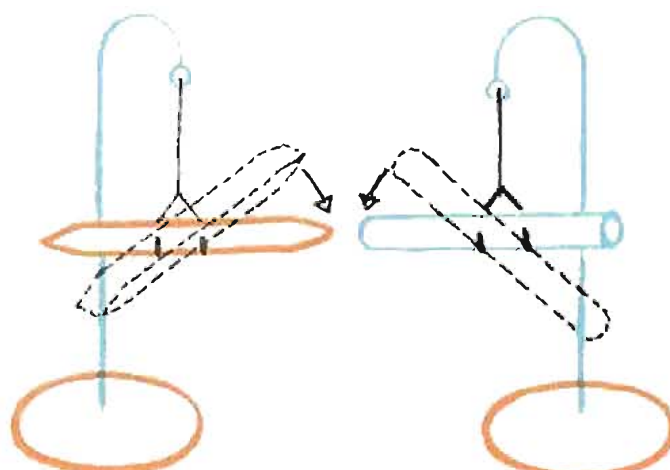
Existe una ley que regula estas atracciones o repulsiones debidas a la mayor o menor cantidad de cargas contenidas en los cuerpos que se experimentan. Es la ley de Coulomb, debida al físico del mismo nombre, que nació en Angulema en 1736, que se enuncia así:



Dos barras de lacre previamente frotadas y convenientemente suspendidas tienden a separarse: se repelen.



También dos barras de vidrio frotadas y suspendidas manifiestan una tendencia a separarse: se repelen.



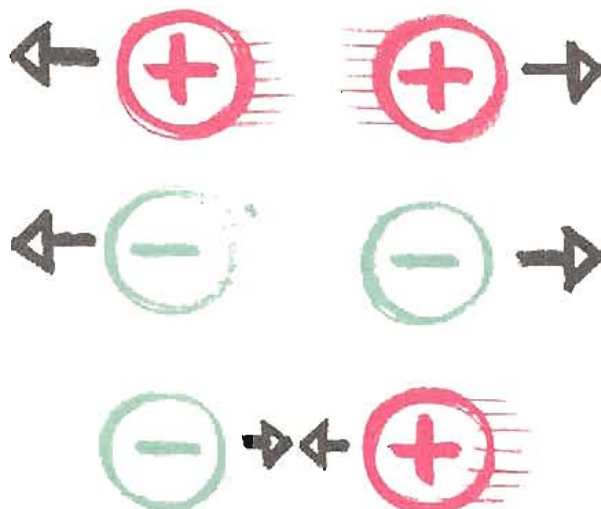
Una vez frotadas y suspendidas, una barra de lacre y otra de vidrio se moverán con tendencia a aproximarse: se atraen.

## LEY DE COULOMB

LA FUERZA CON QUE SE ATRAEN O SE REPELEN DOS CUERPOS ELÉCTRICAMENTE CARGADOS ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL VALOR DE SUS CARGAS E INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DISTANCIA A QUE SE ENCUENTREN.

Esto quiere decir que dos cuerpos con carga eléctrica de distinto signo se atraerán más a medida que aumente el valor de su carga. Si frotamos veinte veces una barra de lacre y otra de vidrio, se atraerán con cierta intensidad. Si manteniendo la misma distancia entre ellas las frotamos no veinte veces, sino cien, observaremos que se atraen con mucha más fuerza, puesto que se habrán cargado más que la primera vez.

Al decir que la fuerza de atracción es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a que se encuentran ambas masas cargadas, queremos significar que si mantenemos las dos barras anteriores con la misma carga, pero las separamos a una distancia doble de la que estaban, su fuer-



Cargas de igual signo se repelen y cargas de distinto signo se atraen, ajustándose a la ley de Coulomb.

za de atracción habrá disminuido cuatro veces, puesto que 2 al cuadrado ( $2^2$ ) es igual a cuatro ( $2^2 = 2 \times 2 = 4$ ). Si las separamos cuatro veces más, la fuerza de atracción habrá disminuido 16 veces, puesto que  $4^2 = 4 \times 4 = 16$ .

\* \* \*

Hasta aquí, las manifestaciones más elementales de esta manifestación de la energía a la que llamamos electricidad, que se ha manifestado en algunos cuerpos (lacre y vidrio) al convertirse en energía eléctrica parte de la energía mecánica del frotamiento.

Nuestra curiosidad, naturalmente, no se siente satisfecha, puesto que sólo hemos hablado de efectos de la electricidad, pero hemos callado cuál es la causa de que se produzca el estado eléctrico de un cuerpo.

La explicación de estos fenómenos sólo ha sido posible desde hace muy pocos años. Ha sido la

necesidad de explicar los fenómenos de electrización la que ha llevado a los sabios al planteo y demostración de lo que se conoce por teoría electrónica de la materia, que es la que, a la par que explica una serie de fenómenos observados desde hace muchos años, ha permitido intuir la posibilidad de que la electricidad, manejada con ciertas condiciones, se comportase de tal manera que fuese aprovechable para muchos fines. La radio, sobre todo en sus manifestaciones más actuales, es un producto directo del descubrimiento de la teoría electrónica de la materia. Sólo conociendo la forma íntima de la materia podremos explicarnos los fenómenos electrónicos que en ella se manifiestan.

## LA TEORIA ELECTRONICA DE LA MATERIA

En general, llamamos materia a la *sustancia de que están hechas las cosas*. La materia es todo aquello que puede percibirse; que tiene un peso, que posee, en fin, alguna cualidad física.

La materia se presenta en tres estados diferentes: estado sólido, estado líquido y estado gaseoso. Puede pasar de uno a otro cuando el estado original de la materia queda sometido a la acción de

determinadas manifestaciones energéticas. Los sólidos son materia; también los líquidos y también los gases. Tres estados físicos en los cuales encontramos infinidad de sustancias distintas —bien sea por su forma, por su color y por su olor como manifestaciones más directas; bien por la constitución íntima de la materia misma.

La maravillosa variedad de la materia puede hacernos pensar en una idéntica variedad de tipos de materia. Es decir: puede pensarse que cada una de las distintas clases de piedras que encontramos en la naturaleza tiene una materia propia. Lo mismo con los vegetales. Hay un número enorme de vegetales distintos. Cada uno de ellos ¿está formado por una materia distinta?...

Una de las propiedades de la materia, en su manifestación corriente, es su divisibilidad. Es decir: la materia puede dividirse, de modo que de un fragmento de materia podemos conseguir fragmentos más pequeños. Pero esta divisibilidad ¿es ilimitada? ¿Podremos dividir la materia hasta lo infinito? ¿Cuál será la menor parte posible de materia sin que ésta se destruya?... Estas son preguntas que han preocupado a los científicos de todos los tiempos, y cuya respuesta nos es posible dar gracias a las investigaciones efectuadas para descubrir la naturaleza íntima de la materia.

Cualquier materia admite divisiones. Estas divisiones alcanzarán un límite de pequeñez, pasado el cual la materia de que se trate dejará de tener las cualidades que le son específicas. Es decir: hay una porción mínima de materias en la que se mantienen sus mismas características y a partir de la

## MOLECULA

Se llama molécula a esta mínima cantidad de materia que mantiene sus mismas características. **MOLÉCULA ES LA MÍNIMA CANTIDAD DE UNA SUSTANCIA QUE CONSERVA SUS CUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS.**

Siguiendo con el ejemplo del agua, nos encontramos con que, pasado el límite molecular (dividiendo la molécula), la materia deja de manifestarse como agua para manifestarse en forma de dos gases distintos: oxígeno e hidrógeno. La molécula de agua, en efecto, está formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, combinados entre sí.



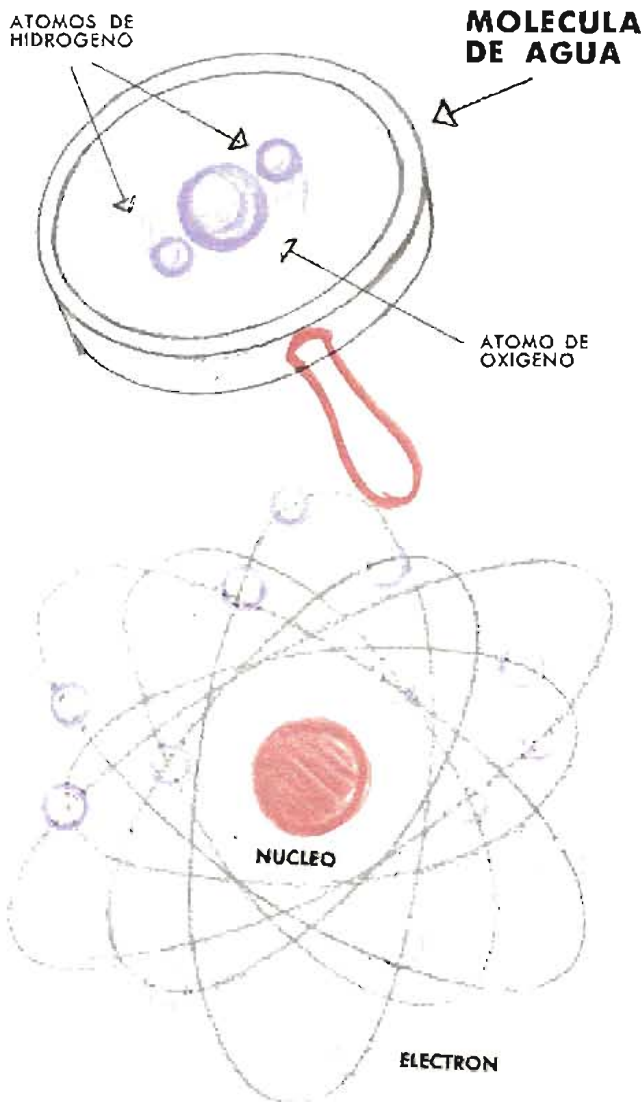
cual la materia deja de manifestarse de acuerdo con las cualidades físicas que le son propias.

Por ejemplo: en teoría, podemos dividir por la mitad una gota de agua; esta mitad en otras dos mitades, de las cuales podemos conseguir dos mitades más, etc., etc. Llegará un momento en que la cantidad de agua será la mínima posible para que la materia siga teniendo las características propias del agua.

La molécula, pues, no es la mínima porción de materia posible. El átomo —cuyo nombre quiere decir *indivisible* en griego— ha sido la partícula de materia que hasta hace poco se consideró como indivisible, y por tanto como la menor parte de materia a considerar. Actualmente sabemos que también el átomo está formado por partes: es decir, que también el átomo es divisible. Por ello sólo podemos definir el átomo diciendo que ES AQUELLA MÍNIMA PORCIÓN DE MATERIA CAPAZ DE COMBINARSE CON OTROS ÁTOMOS IGUALES O DISTINTOS PARA FORMAR NUEVAS SUSTANCIAS.



Por divisiones sucesivas de una gota de agua llegaríamos al límite molecular. Una molécula de agua vista a través de una potentísima lente de aumento aparecería formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.



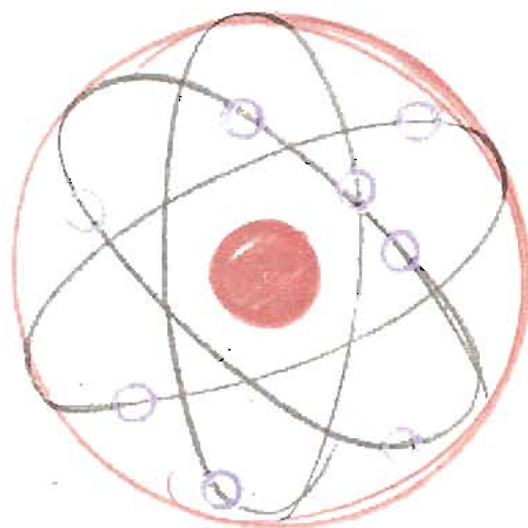
Un átomo es un minúsculo sistema solar. Su sol es el núcleo y sus planetas son los electrones.

Fíjese en una cosa: hemos dicho que los átomos pueden combinarse con otros átomos *iguales* o *distintos*. Esto quiere decir que existirán cuerpos formados en su totalidad por átomos iguales, y otros cuerpos que estarán formados por moléculas cuyos átomos no son iguales. Cuando podamos afirmar que un cuerpo está formado por un solo tipo de átomo, entonces nos referimos a un *cuerpo simple* o *elemento*.

## CUERPO SIMPLE O ELEMENTO

ES TODO CUERPO CUYAS MOLÉCULAS ESTÁN FORMADAS POR UN SOLO TIPO DE ÁTOMOS. Así, por ejemplo, la plata está formada por átomos de plata; el oro por átomos de oro; el cobre por átomos de cobre, etcétera, etc. En cambio existen otros materiales cuyas moléculas están formadas por la combinación de átomos distintos: son los cuerpos compuestos. El agua, por ejemplo, que, como hemos dicho, está formada por moléculas que constan de un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno; la sal común, formada por átomos de cloro<sup>1</sup> y átomos de sodio, etc., etc.

Se conoce cuestión de un centenar de elementos; es decir: en la Naturaleza sólo encontramos unos cien tipos de átomos, de cuyas combinaciones surgen todas las manifestaciones de la materia que encontramos en el Universo.



Al cambiar constantemente de plano, los electrones de la última órbita forman una verdadera envoltura del átomo.

## EL ATOMO

¿Cómo es un átomo?... El descubrimiento de la estructura del átomo es una de las cosas más extraordinarias de cuantas han conseguido los científicos de nuestros tiempos. Estamos comprobando su trascendencia, aunque resulta muy difícil prever las consecuencias que en un futuro muy próximo pueda traer el conocimiento de las estructuras atómicas.

Un átomo está formado por un conjunto de corpúsculos que se comportan exactamente igual que un sistema planetario. Un sistema planetario, es cosa sabida, está formado por un sol y varios planetas que giran a su alrededor describiendo órbitas elípticas.

En el átomo encontramos también un sol, al que llamamos NÚCLEO, a cuyo alrededor gira una serie más o menos numerosa de planetas, a los que llamamos ELECTRONES.

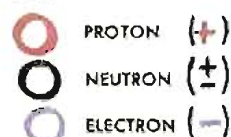
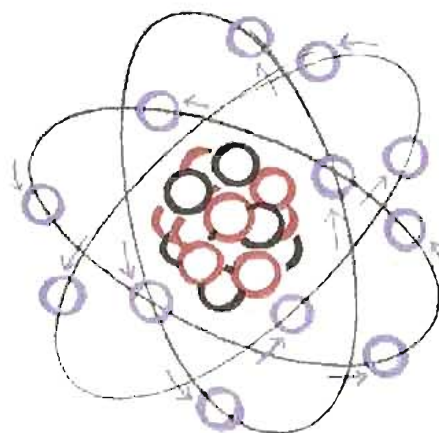
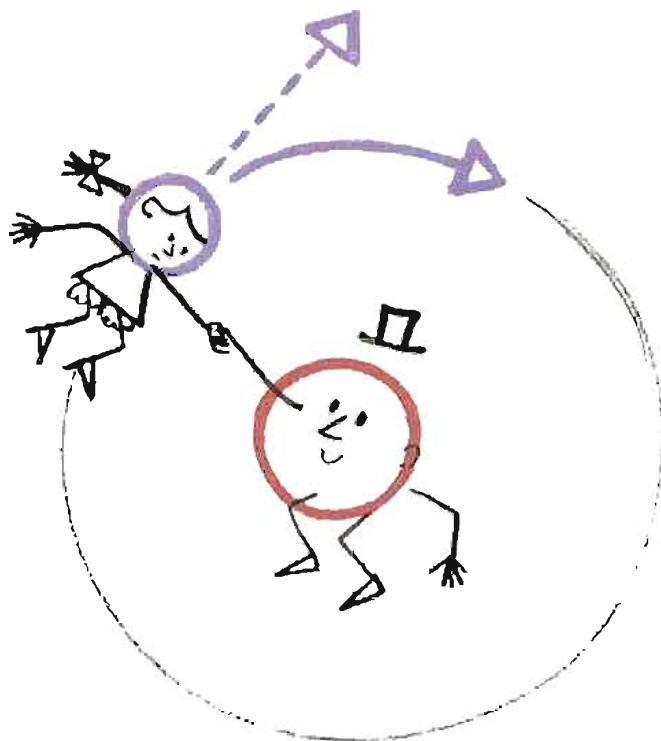
No todos estos electrones giran en una misma órbita, sino que unos describen órbitas cercanas al núcleo y otros las describen más lejanas. Estos electrones giran a velocidades vertiginosas; las órbitas que describen no están siempre en un mismo plano, sino que cambiando constantemente de plano forman una verdadera envoltura del núcleo.

Estos electrones, naturalmente, por el mismo impulso que llevan, tienden a proyectarse fuera de sus órbitas. Es decir: la tendencia del electrón es la de salir por la tangente, como se acostumbra decir.

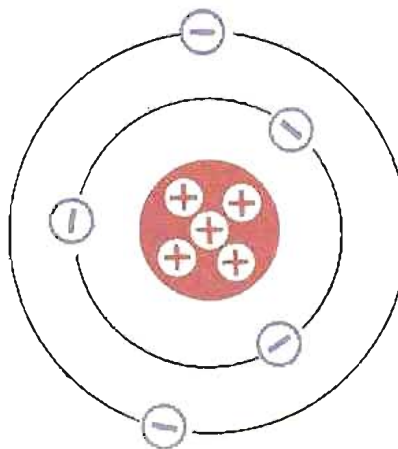
Entonces, cabe preguntarse: ¿por qué no huyen de su órbita los electrones?

Sabemos que existen dos tipos de cargas eléctricas: la positiva y la negativa, que por ser contrarias se atraen mutuamente. Si suponemos un corpúsculo con carga positiva y otro con carga negativa que gira a su alrededor, es evidente que, por el impulso de su giro, la carga negativa tenderá a separarse de la positiva. Pero si el giro se produce a una distancia en la que se deje sentir la fuerza de atracción entre ambas cargas, la fuerza centrífuga (la que tiende a separar los dos corpúsculos cargados) puede quedar compensada por la fuerza de atracción.

Este fenómeno de compensación de fuerzas es lo que ocurre en el átomo, por la sencilla razón de que su núcleo tiene carga eléctrica positiva, mientras que sus electrones la tienen negativa.

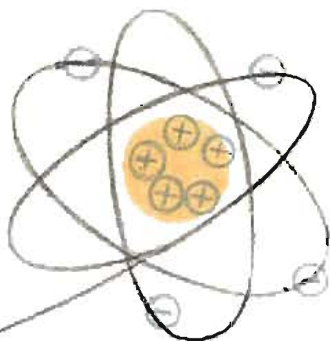


La atracción entre la carga positiva del núcleo y la negativa de los electrones impide que éstos escapen de su trayectoria orbital. En el núcleo encontramos dos tipos de partículas atómicas: los protones con carga positiva y los neutrones con carga neutra o, lo que es lo mismo, sin carga de ningún género.



En todo átomo neutro el número de protones contenidos en el núcleo queda neutralizado por igual cantidad de electrones contenidos en sus distintas órbitas. El número de neutrones puede ser igual o no al de protones del núcleo.

Cuando sobre una estructura atómica actúa una determinada energía puede ocurrir que uno o más electrones escapen de su órbita.



Cuando en un átomo hay más protones en el núcleo que electrones en sus órbitas, decimos que se trata de un átomo excitado.

En el núcleo atómico, en efecto, encontramos dos tipos de partículas atómicas: los protones, que son cargas positivas, y los neutrones, que son partículas neutras, sin carga eléctrica ninguna. Girando alrededor de este núcleo formado por protones (+) y neutrones se encuentran los electrones, que son partículas con carga negativa (—). Se da la circunstancia de que EN UN ÁTOMO CUALQUIERA HAY TANTOS ELECTRONES GIRANDO COMO PROTONES CONTIENE EL NÚCLEO.

No olvide esto: cuando hablemos de protones nos referiremos siempre a cargas positivas. Cuando hablemos de electrones, siempre se tratará de cargas negativas.

Resulta, pues, que los átomos que forman la materia están formados a su vez por partículas con carga eléctrica. Las cargas positivas están en el núcleo; y la atracción que ejercen sobre los electrones (cargas negativas) que describen órbitas a su alrededor evita que todos o parte de ellos escapen de su órbita. La atracción entre protones y electrones mantiene íntegra la estructura atómica.

Ahora bien: puede ocurrir que por una causa externa al átomo, que siempre es una manifestación energética, uno o más electrones adquieran un impulso mayor al normal, con lo cual queda descompensado el equilibrio entre la fuerza de atracción y la fuerza centrífuga que tiende a separar los electrones de sus órbitas. Cuando se da

esta circunstancia, el electrón o electrones menos sujetos a la fuerza de atracción del núcleo atómico escapan de su órbita. En este preciso instante, el átomo queda descompensado; tiene menos electrones de los que necesita su núcleo. Decimos que el átomo en cuestión está excitado. UN ÁTOMO EXCITADO ES AQUEL QUE POR UNA CAUSA EXTERNA A SU ESTRUCTURA HA PERDIDO ELECTRONES.

¿Cuáles serán los electrones que más fácilmente pueden escapar de la estructura atómica? Serán, como es lógico, aquellos cuya órbita queda más separada del núcleo, puesto que a mayor distancia corresponde una menor fuerza de atracción. Recuerde la ley de atracción y repulsión de las cargas eléctricas.

Cuando se consigue en un cuerpo que un átomo pierda electrones (cuando hay átomos excitados) inmediatamente se crea un estado de verdadera excitación entre los demás átomos. La razón es simple: los átomos excitados tienen necesidad de compensar su falta de electrones, por lo que los captan de los otros átomos más próximos. Estos, a su vez, los captarán de otros, estableciéndose una migración de electrones en el interior del cuerpo. Se ha creado lo que se llama *estado eléctrico de un cuerpo*. Aparece la electricidad.

LA ELECTRICIDAD APARECE CUANDO LOS ELECTRONES DE LAS ÚLTIMAS ÓRBITAS DE LOS ÁTOMOS DE UN CUERPO ESCAPAN DEL PODER DE ATRACCIÓN DE SUS NÚCLEOS. Dicho de otra manera: CUANDO LOS ELECTRONES SE DESPLAZAN, APARECE LA ELECTRICIDAD.

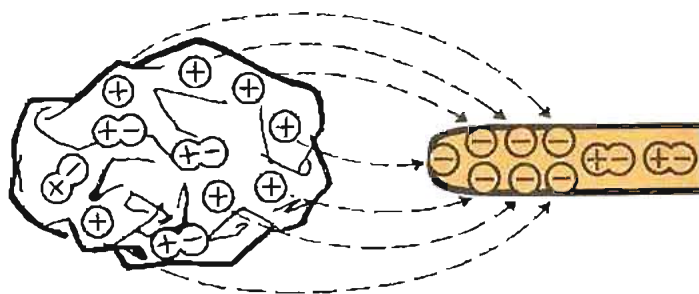
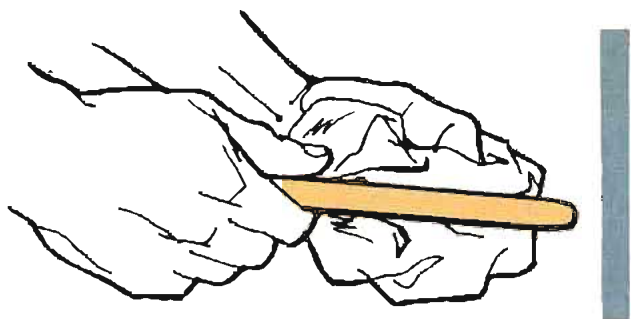
No pierda de vista la última afirmación. Decimos que la electricidad aparece cuando se desplazan los electrones. Nada decimos del desplazamiento de los protones, porque éstos permanecen inmóviles. Para comprender los fenómenos electrónicos es importantísimo partir de esta base: que en la materia el estado eléctrico se presenta por una fuga de electrones; y que, en la misma materia, los protones permanecen inmóviles, dispuestos siempre a captar los electrones que se les pueda proporcionar.

## ALGUNOS FENOMENOS ELECTROSTATICOS

### Su explicación por la teoría electrónica de la materia

Ahora que ya tenemos una idea de cómo es un átomo y de cómo se presenta el estado eléctrico de un cuerpo, podemos explicarnos los fenómenos que se manifiestan en los cuerpos electrizados por

frotamiento. Se llama electricidad estática a la electricidad producida por frotamiento. Una cosa estática es aquella que no se mueve. A este tipo de electricidad se la llama así por la razón de que los



electrones, una vez han pasado de un cuerpo a otro, permanecen estáticos: ya no se mueven.

Hemos comprobado que una barra de lacre electrizada por frotamiento es capaz de atraer pequeños objetos de muy poco peso. ¿Cómo explicarnos esta atracción?... ¿Cómo explicarnos primero el hecho de la electrización del lacre?...

La lana es una materia que puede ceder electrones con mucha facilidad; el lacre es una materia que puede absorberlos en gran cantidad. Al frotar un paño de lana con una barra de lacre los átomos de la lana se desprenden de algunos de sus electrones, que pasan a la barra de lacre. La barra, pues, queda con más electrones de los que sus átomos necesitan; y CUANDO EN UN CUERPO HAY UN EXCESO DE ELECTRONES, DECIMOS QUE ESTE CUERPO TIENE UNA CARGA NEGATIVA.

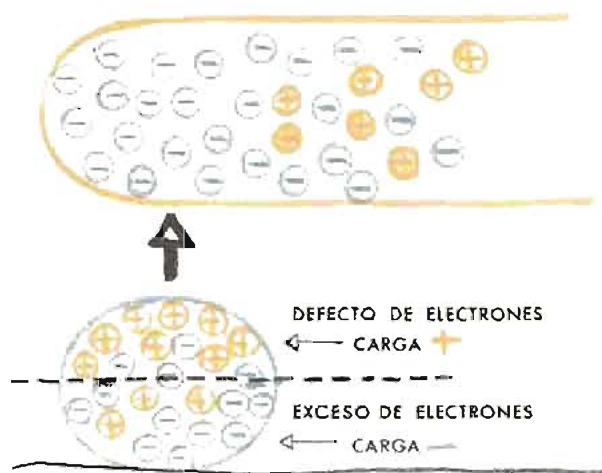
Tenemos, pues, un cuerpo (lacre) cargado negativamente por contener más electrones de los que sus átomos precisan. Si acercamos este cuerpo a una masa neutra (un pedacito de corcho, por ejemplo), inmediatamente entra en acción la natural atracción y repulsión de cargas. Los electrones del corcho más cercanos a la barra de lacre se sienten repelidos por la carga del mismo signo (—) del lacre. Ello hace que se desplacen hacia la parte opuesta al lacre. Cuando ello sucede, las capas superiores del corcho quedan con defecto

de electrones, con lo cual prevalece la carga positiva de los protones de sus átomos. La parte superior del corcho, pues, se ha quedado con carga positiva.

UN CUERPO TIENE CARGA POSITIVA CUANDO EN ÉL HAY DEFECTO DE ELECTRONES.

Cuando los electrones de las partes del corcho más cercanas a la barra de lacre se han desplazado a la parte inferior, tenemos dos cargas distintas que se atraen: la carga negativa del lacre y la positiva de la parte superior del corcho. Por ello el corcho asciende hasta el lacre y se adhiere a él.

#### LACRE CON CARGA —



## EL ELECTROSCOPIO

Un electroscope es un aparato expresamente ideado para que puedan manifestarse con toda claridad los fenómenos electrostáticos debidos a la carga eléctrica contenida en los cuerpos.

El electroscope consta de una botella de vidrio cerrada por un tapón de parafina, atravesado por una varilla metálica rematada por una esfera del mismo metal, llamada colector del electroscope. La parte inferior de la varilla metálica lleva sujetas dos laminillas de oro, que son las que de una for-

ma ostensible ponen de manifiesto la presencia de cargas eléctricas en un cuerpo cualquiera.

Vamos a trabajar con una barra de lacre y una de vidrio. Son dos cuerpos de los que sabemos el signo de su carga y que no pueden inducirnos a error. RECUERDE QUE SÓLO LOS ELECTRONES SE DESPLAZAN. LOS PROTONES PERMANECEN INMÓVILES.

Electricemos una barra de lacre. Si una vez electrizada la acercamos al colector de un electroscope, sin que llegue a tocarlo, observaremos cómo



He aquí un sencillo electroscopio de fácil construcción: una botella, un tapón de parafina, un trozo de alambre, una pequeña bola metálica y dos láminas que, si no son de oro, pueden ser de papel de estaño muy finas.

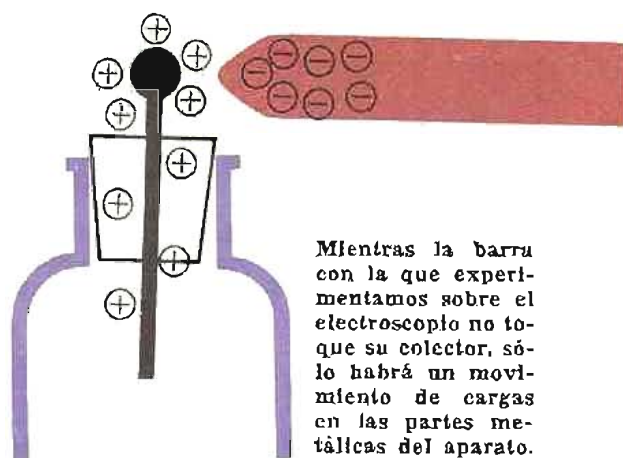
las dos láminas de oro se separan. Esta separación sólo puede explicarse por la aparición en ellas de cargas de igual signo. Es decir: las dos últimas, por la presencia de un cuerpo con carga negativa en las inmediaciones del colector, se han cargado positiva o negativamente. Intentemos explicarnos la causa de la separación de las láminas de oro y el signo de su carga eléctrica.

La varilla metálica y las láminas estaban inicialmente en estado neutro; es decir: con sus protones y electrones perfectamente equilibrados (igual número de ambos), con lo cual, al no predominar un tipo de carga sobre la otra, las láminas adoptaron la posición vertical. Caían *por su propio peso*, como se dice.

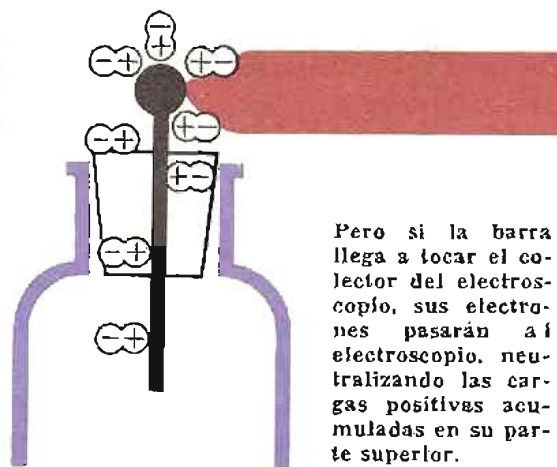
Al acercar al colector del electroscopio la barra de lacre con fuerte carga negativa, inmediatamente ha entrado en acción la ley de atracción y repulsión de cargas. Con ello las electrones (—) del colector y parte superior de la varilla emigran, por repulsión a los electrones del lacre, a las partes más lejanas de dónde ésta se encuentra. El colector, pues, y la zona superior de la varilla metálica han perdido electrones que, en su fuga, se han situado en la parte inferior de la varilla y láminas de oro. Las láminas, pues, adquieren un número excesivo de electrones, cargándose negativamente y repeliéndose entre sí. Por ello se separan.

Electricemos de nuevo nuestra barra de lacre. Si esta vez no sólo la acercamos al colector del electroscopio, sino que la ponemos en contacto con él, observaremos la misma separación entre las láminas de oro, pero con la diferencia de que al retirar el lacre del colector las láminas permanecerán separadas. ¿Por qué antes, al electrizarse el electroscopio por influencia, las láminas se descar-





Mientras la barra con la que experimentamos sobre el electroscopio no toque su colector, sólo habrá un movimiento de cargas en las partes metálicas del aparato.



Pero si la barra llega a tocar el colector del electroscopio, sus electrones pasarán a él electroscopio, neutralizando las cargas positivas acumuladas en su parte superior.

gaban al retirar el lacre, y ahora que lo electrizamos por contacto las cargas permanecen?...

La explicación es muy sencilla. Inicialmente, el fenómeno ha sido el mismo que hemos estudiado, puesto que antes de ponerse en contacto la barra y el colector se ha pasado por una fase de acercamiento que ha provocado la consabida fuga de electrones hacia las láminas del electroscopio quedando el colector y parte superior de la varilla con carga positiva. Pero como no nos paramos en un acercamiento, sino que llegamos hasta hacer contacto entre colector y lacre, en el momento de entrar en contacto nos encontramos con un cuerpo con carga negativa (exceso de electrones), que es el lacre; y con otro cuerpo con carga positiva, que es el colector y parte de la varilla.

El resultado no puede ser otro que el paso de los electrones, sobrantes en la barra de lacre, hacia el colector y varilla del electroscopio, que los están necesitando. El lacre, pues, se descarga totalmente o en parte (dependerá de la cantidad de carga del lacre y de la mayor o menor necesidad de electrones por parte de los átomos del colector y varilla), cediendo su exceso de electrones a las partes metálicas del electroscopio. Al retirar el lacre, los elec-

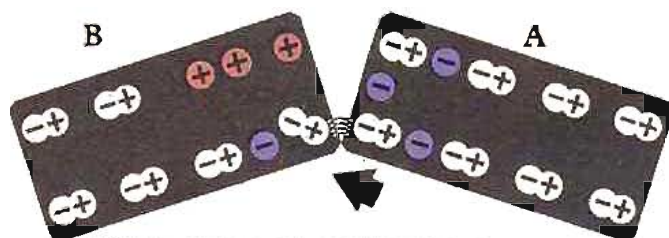
trones que tienen de más las láminas de oro intentarán juntarse a sus primitivos átomos; pero al encontrarse con que estos átomos ya se han neutralizado con los electrones que les ha cedido el lacre, quedarán sueltos. Las láminas de oro, pues, quedarán con carga negativa. Permanecerán separadas.

El mismo experimento, repetido ahora con una barra de vidrio, da idéntico resultado: las láminas de oro del electroscopio permanecerán separadas aun después de retirar el vidrio que hemos puesto en contacto con el colector del aparato. Claro que, esta vez, debemos explicar la separación permanente de las láminas por la aparición en ellas de una carga de signo positivo, puesto que la barra de vidrio habrá captado los electrones del electroscopio. Esta vez no son las cargas del cuerpo exterior las que pasan a las láminas del aparato; son las cargas del aparato las que pasan al cuerpo exterior. Recuerde de nuevo que son los electrones los que pueden desplazarse; no así los protones, que permanecen fijos. El vidrio, pues, no está en condiciones de ceder cargas; pero sí que está en condiciones de captarlas, puesto que necesita neutralizar sus átomos carentes de electrones.

## FORMAS EN QUE PUEDE PRODUCIRSE LA DESCARGA DE UN CUERPO

Siguiendo con estas consideraciones sobre la ley de atracción y repulsión de cargas, y pensando siempre en la importancia que tiene la migración de electrones para poder explicar los fenómenos electrónicos, veamos cómo puede producirse la descarga de un cuerpo.

Para que un cuerpo eléctricamente cargado se neutralice (a eso llamamos descargar un cuerpo) es necesaria la presencia de otro cuerpo con carga



**DESCARGA POR CONTACTO:** Los electrones del cuerpo A pasan al cuerpo B a través del punto de contacto entre ambos.

contraria a la del primero. Supongamos un cuerpo A, con carga negativa, y un cuerpo B, con carga positiva.

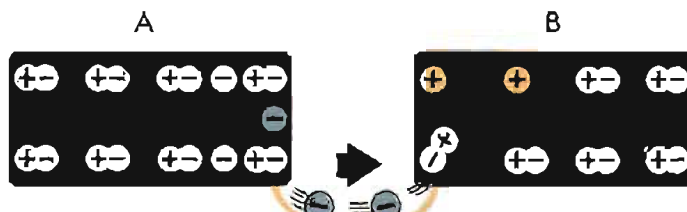
Si ambos cuerpos entran en contacto, en el preciso instante en que un punto del cuerpo A toque al cuerpo B, los electrones sobrantes de A pasarán a compensar los átomos de B que los necesiten. El cuerpo B se habrá neutralizado, descargándose total o parcialmente el cuerpo A.

PODEMOS HABLAR DE UNA DESCARGA POR CONTACTO.

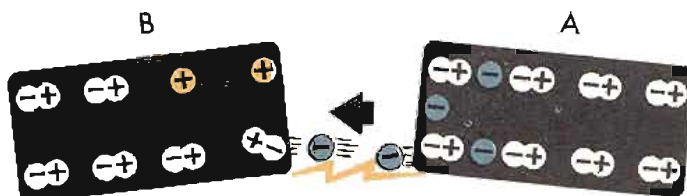
Podemos obtener el mismo resultado uniendo el cuerpo A con el cuerpo B por medio de un hilo metálico. Los electrones que A tiene en exceso pasarán al cuerpo B a través del hilo metálico.

EN ESTE CASO, DIREMOS QUE SE HA PRODUCIDO UNA DESCARGA POR UN CONDUCTOR.

Finalmente: si el cuerpo A tiene una carga negativa extremadamente valiosa, si la cantidad de electrones libres que contiene es muy elevada, ante la presencia cercana del cuerpo B, muy pobre en electrones, la descarga de A se manifestará a través del espacio comprendido entre A y B, en forma de chispa. Un cuerpo con fuerte carga negativa,



**DESCARGA POR UN CONDUCTOR:** Los electrones del cuerpo A pasan al cuerpo B a través del conductor tendido entre ambos.



**DESCARGA POR ARCO:** Los electrones del cuerpo A pasan al cuerpo B a través del espacio comprendido entre ambos. Salta una chispa a la que llamamos arco eléctrico.

ante la proximidad de otro con fuerte carga positiva, deja escapar electrones aun sin estar en contacto con él.

EN ESTE CASO HABLAREMOS DE UNA DESCARGA POR ARCO.

En estas páginas, y a medida que hemos desarrollado la teoría electrónica de la materia, se ha insistido de forma reiterada sobre la importancia capital que dentro de los estudios de la electrónica tiene el no echar en olvido que sólo los electrones están capacitados para desplazarse de un cuerpo a otro.

Para hacerle comprender la realidad de esta importancia, vamos a insinuar una cuestión cuyo estudio real y efectivo pertenece a lecciones mucho más adelantadas. Vamos a hablar de una lámpara de radio.

Que los aparatos de radio llevan unas lámparas especiales, llamadas también válvulas, es cosa que nadie ignora.

Pues bien: una lámpara de radio, en síntesis, no es otra cosa que un dispositivo que, fundándose en que los electrones pueden pasar de un cuerpo a otro aun a través del vacío, permite este paso en una sola dirección y con una intensidad controlada.

Ya ve cómo lo que acaba de estudiar no es simple teoría, más o menos interesante. Acabamos de dar los conceptos básicos para que pueda comprender todo lo relacionado con la radio y con la electricidad aplicada a ella.



Una válvula de radio es un dispositivo gracias al cual se regula la migración de electrones en dirección e intensidad.

# LECCION

## 2



La corriente eléctrica  
Diferencia de potencial  
Intensidad  
Resistencia  
Unidades eléctricas  
Electricidad por luz,  
calor y acción química



## CONOCIMIENTOS PREVIOS II

Diferencia de potencial - Corriente eléctrica  
Circuito eléctrico - El generador - Carga  
Intensidad - Cómo se mide la intensidad  
Resistencias específicas - Unidad de f. e. m.  
y de d. d. p. - Corriente continua y corriente  
alterna - Electricidad por calor, por luz y  
por acción química - Pilas - Polarización  
Pilas constantes - Acumuladores.

### DIFERENCIA DE POTENCIAL - CORRIENTE ELECTRICA

Si usted recuerda los temas que acabamos de resumir, también recordará que entre dos cuerpos con distinta carga eléctrica podíamos provocar una descarga por uno de estos tres sistemas: por contacto, por un conductor o por arco.

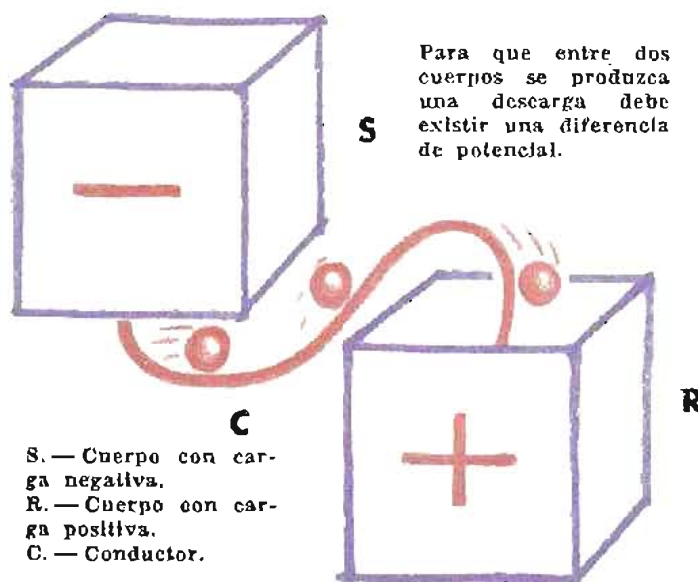
Intentemos ampliar un poco el conocimiento que tenemos de lo que es una descarga eléctrica. La misma palabra descarga implica la existencia de una carga contenida en un lugar determinado que se transfiere a otro lugar precisamente por efectos de la descarga. Pero no debe pensarse que la presencia de un cuerpo sin carga eléctrica provocará la descarga total de otro cuerpo fuertemente cargado. Lo que ocurre es que se igualan las cargas. Puede decirse que **DESCARGA ELÉCTRICA ES EL FENÓMENO POR EL CUAL SE NIVELAN LOS POTENCIALES ELÉCTRICOS DE DOS CUERPOS CON DISTINTA CARGA.**

Observe que acabamos de mencionar *el potencial eléctrico* de un cuerpo. Aparece de nuevo un concepto que deberemos desarrollar y comprender. Para ello tenemos un conocimiento previo: sabemos lo que debemos entender por energía potencial de un cuerpo. Recuerde que es la capacidad de producir un trabajo, que depende del nivel a que se encuentra el cuerpo en cuestión con respecto al punto en que el trabajo deberá efectuarse.

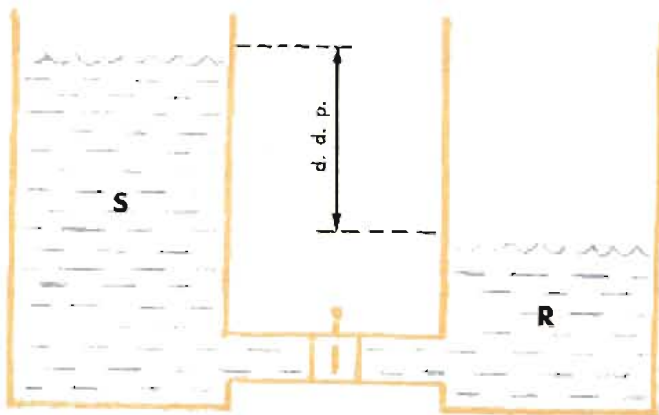
Afirmamos que entre un cuerpo S, con carga

negativa, y otro cuerpo R, con carga positiva, tiene lugar una descarga porque entre ellos existe una diferencia de potencial eléctrico.

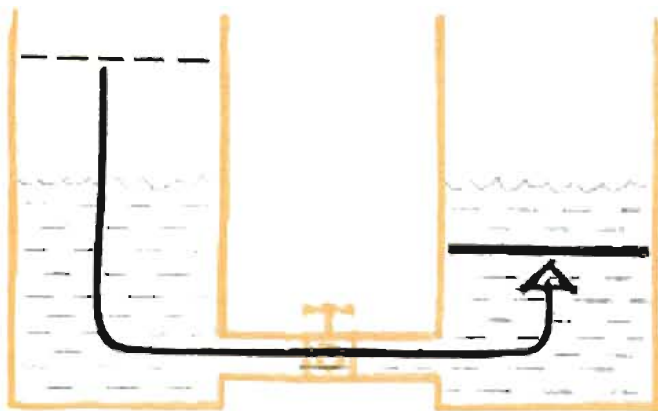
Vamos a suponer que esta descarga tiene efecto por el segundo de los casos: descarga por medio de un conductor. Nos interesa considerar este caso, porque proporciona la oportunidad de estudiar el fenómeno de la descarga a través de un símil hidráulico que se ha hecho clásico en el estudio de los fenómenos eléctricos.



Compararemos el cuerpo S (carga —) cuerpo R (carga +) con dos depósitos unidos.



En S hay más potencial que en R.



Por la descarga se igualan los potenciales.

entre sí por un tubo de conexión equipado con un grifo. En el depósito que simboliza el cuerpo S hay más agua que en R; por lo cual afirmamos que en S hay más potencial eléctrico que en R, puesto que la energía potencial del agua depende del nivel que alcanza. El tubo T simboliza el conductor situado entre los dos cuerpos con distinta carga. Es evidente que en cuanto abramos el grifo el agua empezará a circular por el tubo: saldrá de S para dirigirse a R, estableciéndose una corriente a través del tubo, hasta que el nivel de agua se haya igualado en ambos depósitos. Cuando se dé esta circunstancia, po-

dremos afirmar que los potenciales de S y de R se han igualado, puesto que en ambos depósitos el agua alcanza el mismo nivel.

La diferencia de nivel entre el agua del depósito S y el agua del depósito R es lo que llamamos diferencia de potencial, causa por la que se ha originado el tránsito de líquido de S a R.

Esta es una imagen casi perfecta del fenómeno de una descarga eléctrica entre dos cuerpos. La descarga se produce porque entre ellos hay una diferencia de potencial eléctrico que provoca el transvase de electrones desde el cuerpo de mayor potencial (carga negativa) al cuerpo de potencial menor (carga positiva).

Hemos subrayado la palabra *casi*, porque la comparación es perfecta sólo en parte. La imperfección estriba en el hecho de que en la carga eléctrica, no podemos relacionar el potencial con el nivel físico, como hacíamos con el agua. El potencial eléctrico no depende del nivel a que se encuentra el cuerpo cargado, sino que depende sólo de la cantidad de carga. Cuando hablamos de un potencial eléctrico, o de una diferencia de potencial entre dos cuerpos cargados, indicamos la mayor o menor posibilidad que para efectuar un trabajo proporciona la energía eléctrica concentrada en el punto cuyo potencial se considera.

PARA QUE LA CORRIENTE CIRCULE DE UN PUNTO A OTRO, ES IMPRESCINDIBLE QUE ENTRE ELLOS EXISTA UNA CIERTA DIFERENCIA DE POTENCIAL. Es exactamente lo mismo que ocurre con los dos depósitos con distinto nivel de agua: para que el agua circule de uno al otro es imprescindible que exista un desnivel entre las rasantes del agua. Es decir: debe existir entre ellos una diferencia de potencial.

En resumen: cuando se establece una unión por un hilo conductor, entre dos cuerpos entre los que existe una diferencia de potencial, la electricidad circula desde el cuerpo de mayor potencial al de potencial menor. Este traslado de electrones a través de un conductor es lo que llamamos CORRIENTE ELÉCTRICA.

LLAMAREMOS CORRIENTE ELÉCTRICA AL PASO DE LA ELECTRICIDAD, A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR, ENTRE DOS CUERPOS EN LOS QUE EXISTE UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL

## CIRCUITO ELECTRICO - EL GENERADOR

Si consideramos de nuevo el ejemplo de los dos depósitos con distinto potencial de agua, llegaremos a la conclusión que la corriente de fluido circulará del depósito S al depósito R, mientras entre ambos exista una diferencia de nivel

(potencial). Cuando ambos niveles se hayan igualado, cesará la corriente de fluido. Habrá sido una corriente momentánea, comparable a lo que hemos llamado una descarga eléctrica.

Pero supongamos que por la parte superior

comunicamos los dos depósitos por medio de otro tubo en el que se intercala una bomba capaz de aspirar del depósito R la misma cantidad de agua que recibe de S y en el mismo tiempo en que la recibe. ¿Cuál sería el resultado?... No hace falta pensar mucho para adivinar que el resultado sería una corriente continua de fluido de S a R por el interior y de R a S por el exterior, manteniéndose constante la diferencia de potencial entre los dos depósitos. En este caso el fluido circula por un camino cerrado... al que llamamos circuito.

CIRCUITO ELÉCTRICO, PUES, ES EL CAMINO CERRADO POR EL QUE CIRCULA UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Y al igual que sucede entre los dos depósitos del simil, para que la corriente eléctrica se mantenga constante entre dos puntos de potencial distinto hará falta un elemento que restituya al cuerpo de potencial mayor los electrones que haya cedido al cuerpo de menor potencial, manteniendo entre ambos la diferencia de potencial indispensable para que fluya la corriente eléctrica por el circuito.

Aquí quizás convenga decir que la similitud entre la corriente de un fluido y la corriente de electrones — que, como sabemos, es la causa inmediata de la electricidad — hace que la corriente eléctrica sea llamada también con el nombre de fluido eléctrico.

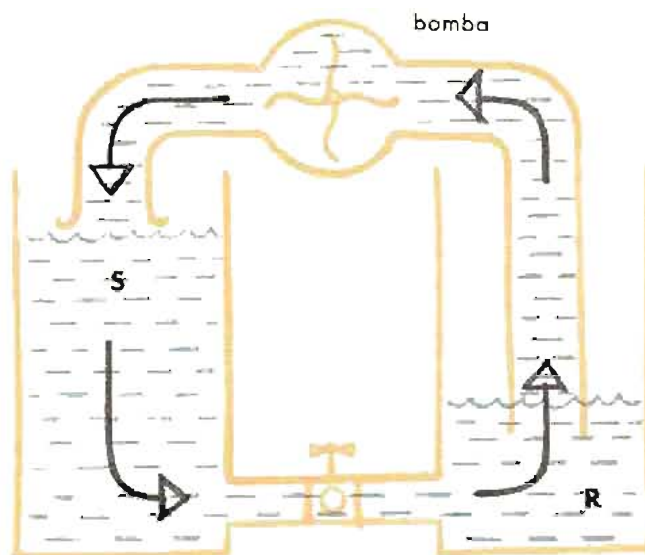
El elemento que se intercala en el circuito para que la corriente fluya constantemente por él es el generador.

Un generador de corriente es un dispositivo que, aprovechando la energía luminosa, térmica, química, magnética o mecánica, crea una diferencia de potencial eléctrico entre dos masas que lleva acopladas y a las que llamamos polos, bornes o electrodos.

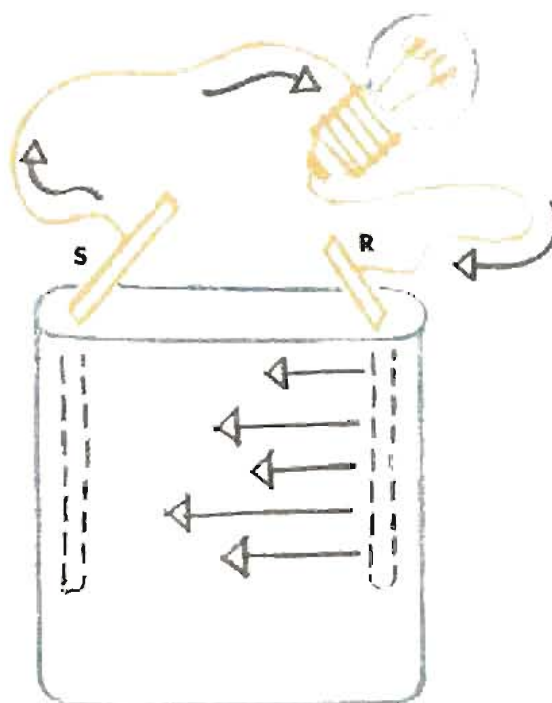
Usted ha visto una pila, sin duda. Esta pila es un generador de corriente, cuyos bornes son las dos láminas metálicas de distinta longitud. La lámina o borne de longitud mayor es el negativo, o sea el de mayor potencial. La lámina más corta es el borne positivo o de menor potencial.

El generador crea en los bornes lo que se llama una *tensión*, entendiendo por tal a LA CANTIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONTENIDA EN UN CUERPO O CONDUCTOR.

En cuanto unimos los dos polos de la pila por medio de un hilo conductor, empiezan a circular electrones desde el polo — al polo +; el generador actúa en el sentido de mantener la



La bomba actúa a modo de generador en el sentido de mantener la d.d.p. entre S y R.



El generador (pila en este caso) crea una tensión en los dos bornes S y R. Al unirlos con un hilo conductor, circula la corriente de S a R por el exterior y de R a S por el interior. La f.e.m. mantiene constante la d.d.p. entre S y R.

tensión constante entre sus bornes. Para conseguirlo, es necesario que en el interior del generador se produzca una transformación de energía. Un tipo de energía cualquiera (mecánica, térmica, química, etc.) se convierte en energía eléctrica. La medida en que un generador es capaz de conseguir esta transformación es la llamada fuerza electromotriz, que se abrevia f.e.m.

## LA ELECTRICIDAD PUEDE MEDIRSE

Si intercalamos un elemento capaz de acusar el paso de la corriente en el circuito formado por una pila y un conductor que une sus dos bornes, los efectos de la misma se manifestarán en dicho elemento con mayor o menor intensidad; eso es evidente. Es decir: que si empalmamos una bombilla a los bornes de un generador, esta bombilla, por obra de la corriente eléctrica, proporcionará una cierta intensidad de luz. Si se trata de una resistencia eléctrica, se calentará hasta alcanzar determinada temperatura. Si es un electroimán lo que intercalamos en el circuito, su poder de atracción será uno o será otro.

Observe cómo podemos hablar de *más o menos* luz, de calor *más o menos* notorio, de un *mayor o menor* poder de atracción... Cuando los efectos producidos por una causa son suscepti-

bles de valorarse, de medirse, también la causa podrá medirse; también podrá medirse. Así, podemos afirmar sin posibilidad de error que cuanto más corriente, más luz dará la bombilla, más calentará la resistencia, más fuertemente atraerá el electroimán, etc., etc.

Este comentario nos lleva de la mano a considerar que si aumentan o disminuyen los efectos producidos por una corriente eléctrica, se deberá forzosamente a que también aumenta o disminuye la corriente. Y cuando una cosa puede aumentar o disminuir, es que de esa cosa pueden determinarse cantidades. Es decir: esa cosa puede medirse.

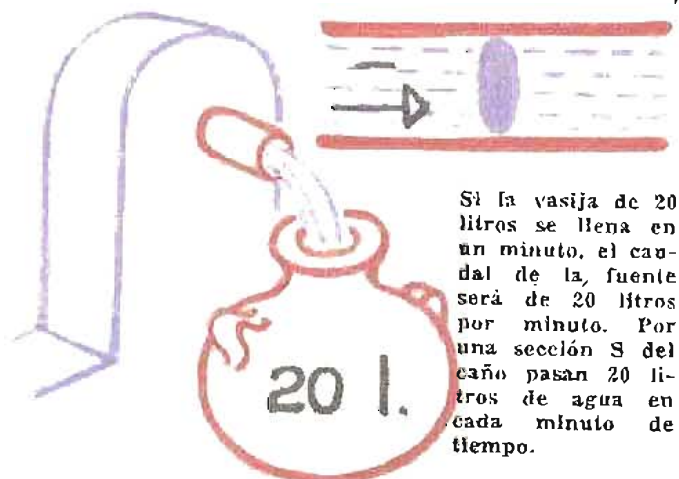
Afirmamos, pues, que la electricidad es una forma de la energía que puede medirse por los efectos que produce.

## CANTIDAD DE ELECTRICIDAD - INTENSIDAD

La corriente eléctrica, lo venimos diciendo, es algo que se mueve, que se desplaza. La corriente eléctrica no es sino, en el fondo, electrones en movimiento. Como en toda medición en que interviene el movimiento, deberemos contar con un factor imprescindible: el tiempo.

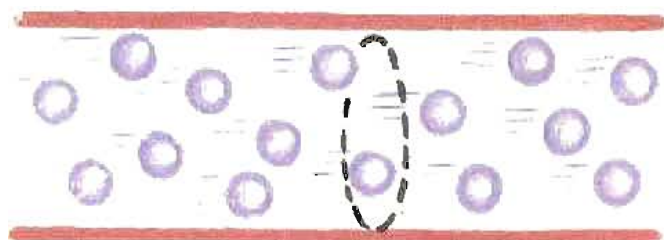
Por otra parte, hemos comparado la corriente eléctrica a la corriente de un fluido. Puesto que se trata de dos cosas semejantes, ¿por qué no medir el valor de una corriente eléctrica como si se tratase de medir el caudal de una fuente?... Eso es precisamente lo que se hace.

En el caso de la fuente, medimos el caudal,



contando la cantidad de líquido que mana en cada unidad de tiempo. Así, hablamos de un caudal de 20 litros por segundo, de 50 litros por minuto, etc., etc. Observe que en esta medición intervienen dos factores: una *cantidad* (los litros de agua) y un *tiempo*; factores que también necesitaremos para medir y valorar una corriente eléctrica.

En el caso de una corriente no hablaremos de caudal, sino de intensidad... aunque ambas palabras expresen un mismo concepto. LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA ES LA CANTIDAD DE CARGA QUE CIRCULA POR UNA SECCIÓN DEL CONDUCTOR EN LA UNIDAD DE TIEMPO.



La cantidad de cargas eléctricas que atraviesa la sección del conductor en cada unidad de tiempo es lo que se llama intensidad de la corriente.

Aparece la expresión cantidad de carga, que, en realidad, puede definirse como cantidad de electricidad. Es decir: para hablar de intensidad, necesitaremos conocer cantidades de electricidad. LA CANTIDAD DE ELECTRICIDAD QUE PUEDE CONTENER UN CUERPO SE CONOCE CON EL NOMBRE DE CARGA ELÉCTRICA.

Para medir, es cosa sabida, necesitaremos una unidad. Lo primero que puede ocurrírsele a quien desea medir la cantidad de electricidad contenida en un cuerpo es pensar que, por ser el electrón la menor carga eléctrica que podemos considerar, deberemos medir las cantidades de electricidad contando el número de electrones libres contenidos en el cuerpo cargado. La verdad es que se hace así... pero dando un rodeo. Lo comprenderá:

¿Qué diría usted de uno que quisiera medir el agua de un depósito contando por moléculas de agua?... Usted diría que está loco, y tendría toda la razón. La molécula es una cantidad de agua tan sumamente pequeña que tomarla por unidad representaría manejar números elevadísimos, del orden de los billones, por lo menos. Por la misma razón sería una locura contar por electrones al medir cantidades de electricidad. El electrón es una partícula cuya carga es tan sumamente pequeña que la chispa más insignificante representa una descarga de millones y millones de ellos.

La unidad de carga más conocida, y que emplearemos a lo largo de este método, es el CULOMBIO o CULOMBIO, nombre puesto en honor del descubridor de la ley de atracción y repulsión de cargas eléctricas, Charles de Coulomb.

¿A cuántos electrones corresponde esta unidad?... Pues el hecho de que no contemos directamente por electrones no quiere decir que podamos medir de otra manera la electricidad. Contaremos por culombios; pero por tratarse de una cantidad de electricidad, los culombios que contemos representarán una cierta cantidad de electrones, de la misma manera que un litro de agua por fuerza debe contener una cantidad de moléculas.

Un culombio equivale a seis trillones de electrones libres, tanto si están fijos como si están en movimiento. Esta cantidad es tan enorme que ni aún escribiéndola en cifras nos hacemos cargo de su verdadera magnitud. Son cantidades que escapan a nuestra imaginación. De todas formas, escribámosla en cifras:

1 culombio = 6.000.000.000.000.000 electrones

Para que se forme una idea de lo enorme de

esta cantidad, puedo citarle una curiosidad: a ocho trillones de granos de trigo cubrirían todo el globo terrestre con un espesor de cinco metros. ¡Y usted ya sabe lo pequeño que es un grano de trigo!

.....

Una vez determinada la cantidad de electricidad contenida en un cuerpo, en cuanto se establezca un flujo de cargas eléctricas, o sea, en cuanto esta cantidad se ponga en movimiento, podremos medir la cantidad de cargas que circulan en cada unidad de tiempo. Habremos llegado al concepto de INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Así, por ejemplo, podemos llegar a la conclusión de que por un conductor circulan 60 culombios cada 30 minutos, expresando así el caudal de la corriente, su intensidad.

No es ningún imposible que por el mismo conductor que hemos considerado circule un culombio en cada segundo, en cuyo caso estarán relacionadas dos unidades: la de carga y la de tiempo. Cuando se da esta circunstancia, decimos que por el conductor circula una intensidad de UN AMPERIO.

La unidad de intensidad es el amperio, que definiremos diciendo que:

EL AMPERIO ES LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE TRANSPORTA LA CARGA DE UN CULOMBIO EN EL TIEMPO DE UN SEGUNDO.

La intensidad, pues, es la relación entre la carga transportada y el tiempo empleado en el transporte; por lo que, representado la intensidad por  $I$ , la carga por  $Q$  y el tiempo por  $t$ , podemos escribir:

$$I = \frac{Q}{t}$$

El amperio resulta muchas veces una unidad demasiado grande por lo que se han establecido submúltiplos llamados miliamperio y microamperio. Sus valores son éstos:

EL MILIAMPERIO ES LA MILÉSIMA PARTE DE UN AMPERIO, Y SE REPRESENTA POR mA.

EL MICROAMPERIO ES LA MILLONÉSIMA PARTE DE UN AMPERIO, Y SE REPRESENTA POR  $\mu$ A. (El signo  $\mu$  es la letra griega *mu* minúscula.)

El amperio, como habrá adivinado, se representa por la letra A.

Según esto, veamos cómo expresariamos la intensidad de la corriente que hemos puesto de ejemplo al empezar este estudio sobre la intensidad. Más arriba hemos hablado de una corrien-

te que en 30 minutos transportaba una carga de 60 culombios.

Teniendo en cuenta que necesitamos expresar en segundos el tiempo, modificaremos la expresión diciendo que se trata de una corriente que en  $30 \times 60 = 1.800$  segundos transporta 60 culombios. Podemos aplicar la fórmula:

$$I = \frac{Q}{t}$$

En la que, sustituyendo las letras por los valores dados, será:

$$I = \frac{60}{1.800} = 0,0333 \text{ A}$$

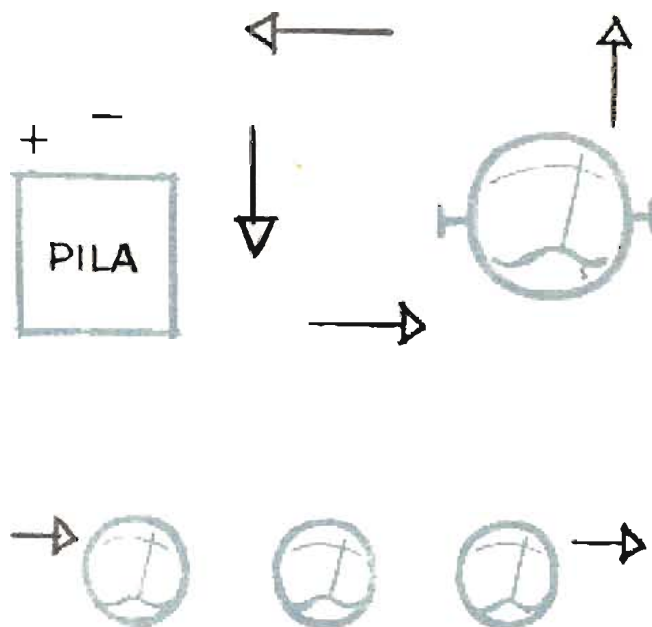
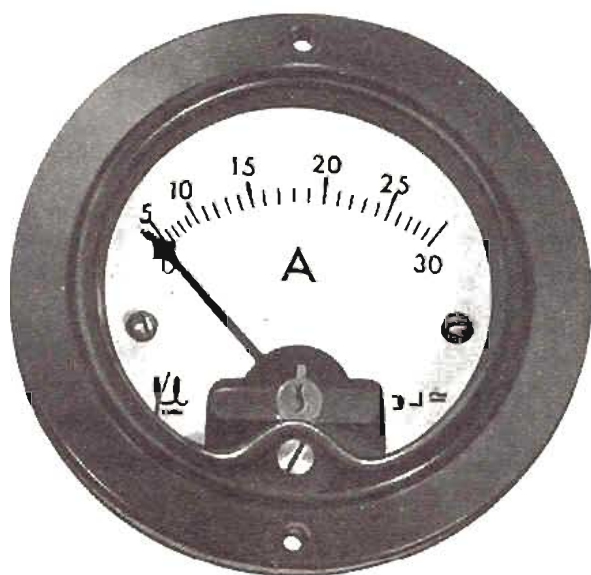
Estamos ante una cantidad de amperios inferior a la unidad, por lo cual será más práctico expresarla en miliamperios. Será:

$$0,0333 \text{ A} = 33,3 \text{ mA}$$

La misma intensidad, expresada en microamperios sería:

$$0,0333 \text{ A} = 33.300 \mu\text{A}$$

Hasta aquí hemos hablado de intensidades dando las unidades que se usan para medirlas. Lo que nos hace falta es conocer el sistema de efectuar tales mediciones. Es decir: necesitamos un aparato intercalado en un circuito que proporcione la lectura del número de amperios que por él circulan. Este aparato es el amperímetro, del cual le proporcionamos una fotografía. Se trata, claro, de un modelo de amperímetro determinado, puesto que en el mercado encontramos distintas formas de presentación, aunque en



Los amperímetros se intercalan al circuito de forma que por ellos pase la totalidad de la corriente. Todos los amperímetros que podamos situar en un mismo circuito indicarán el paso de una misma intensidad.

esencia el instrumento sea siempre lo mismo: una escala graduada en amperios y una aguja que se desplaza describiendo un arco de circunferencia, señalando así distintos valores de intensidad.

Los amperímetros se intercalan formando parte del circuito, de forma que por ellos circule la totalidad de la corriente. Por lectura directa dan el número de amperios de la misma.

Si interceptamos un circuito en distintos puntos e intercalamos un amperímetro en cada uno, observaremos que todos ellos marcan la misma lectura. Es decir: LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ES CONSTANTE EN TODOS LOS PUNTOS DEL CIRCUITO. Esta circunstancia se conoce como Ley de Pouillet.

Cuando el instrumento está graduado en miliamperios, en vez de amperios, recibe el nombre de MILLAMPERÍMETRO.

Conocer el valor de la intensidad de una corriente es el punto de partida para la solución de cualquier problema que con ella pueda relacionarse.

CONDUCTORES

SEMICONDUCTORES

AISLANTES

## LA RESISTENCIA ELECTRICA

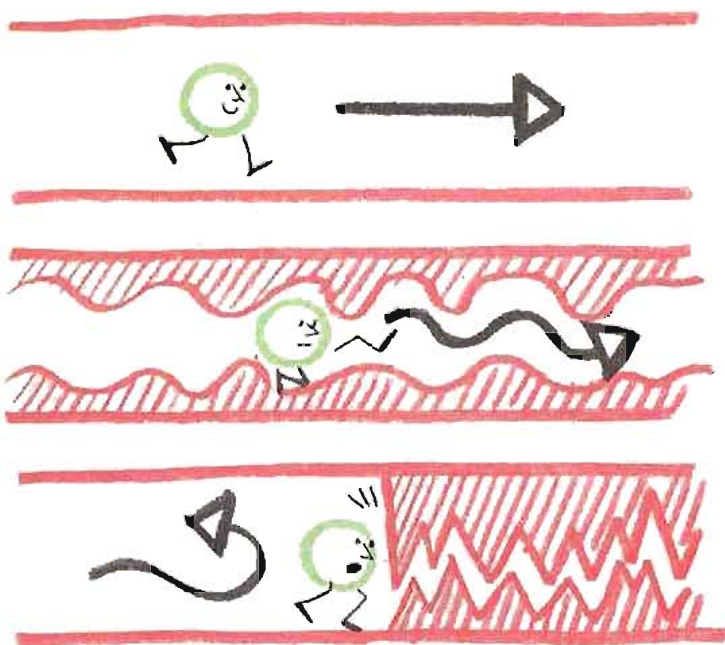
Habrás observado que siempre que hemos citado el medio conductor de una corriente nos hemos referido a un conductor o a un hilo conductor. Al más lego en electricidad no se le ocurriría, por ejemplo, hacer circular la corriente por un hilo de seda, puesto que este material no deja que le atraviese la electricidad. Cuando hablamos de hilos conductores pensamos en hilos o cables metálicos, porque son los metales los que con mayor facilidad permiten el paso de la corriente.

Hay, en efecto, materiales que permiten el paso de la corriente sin apenas oponer ninguna dificultad. ESTOS MATERIALES SON LOS CONDUCTORES. La plata es el mejor de todos.

Entre los materiales conductores, debemos citar el cobre como conductor más empleado. Si bien el cobre no tiene la gran conductividad de la plata, su menor precio y su gran ductilidad, que permite la obtención de hilos delgadísimos, hacen de este material el conductor industrial por excelencia.

Desde un punto de vista electrónico, los cuerpos conductores son los que están formados por un material cuyos átomos pueden desprenderse con facilidad de los electrones de su última órbita.

No todos los átomos sueltan electrones con la misma facilidad con que lo hacen los materiales conductores; y en un orden decreciente de facilidad nos encontramos con otros materiales cuyos átomos son reacios a adquirir la condición de átomos excitados. Son capaces, cierto, de desprenderse de algunos electrones; pero no sin oponerse tenazmente a este desprendimiento, oposi-



ción que aumenta o disminuye según la temperatura, característica muy importante que deberemos estudiar con amplitud cuando hablemos del efecto termoiónico.

A estos materiales, como el germanio, el selenio, el silicio, el mármol, etc., que son más o menos conductores, según las condiciones físicas que puedan afectarlos, se les conoce por SEMICONDUCTORES.

Finalmente encontramos otro tipo de materiales que son absolutamente ineficaces para facilitar el paso de una corriente. SON LOS AISLANTES O NO CONDUCTORES.

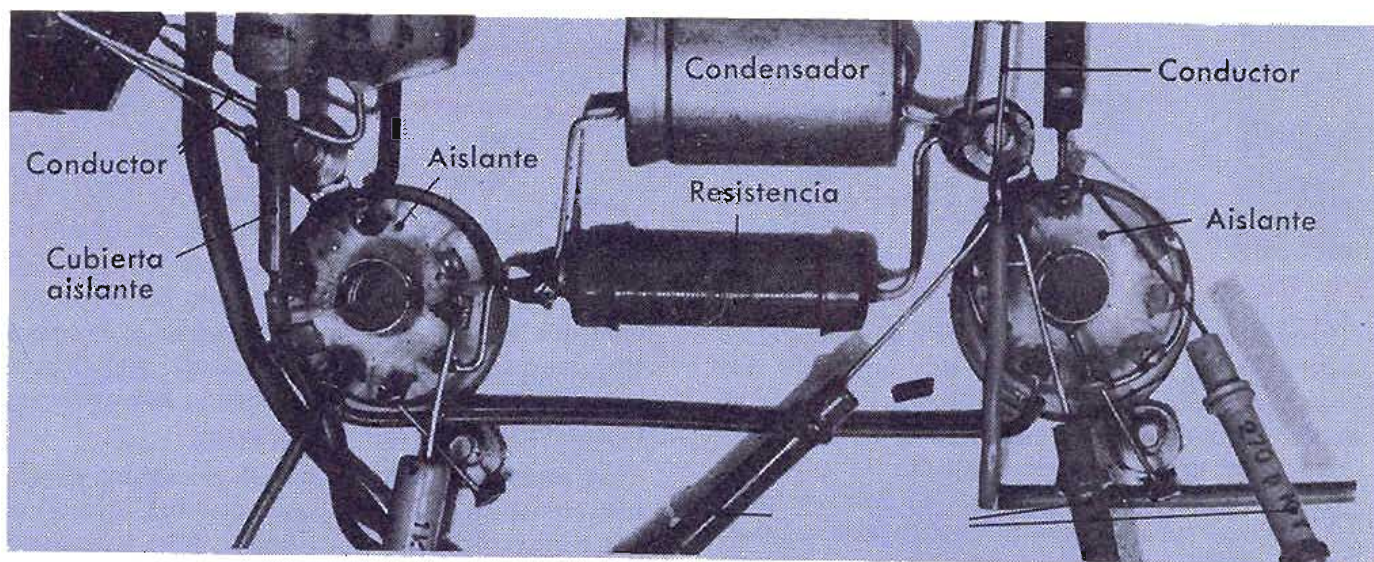
Ante estos tres comportamientos distintos frente a la electricidad, puede pensarse que al técnico sólo le interesa el estudio de los cuerpos conductores, puesto que de ellos puede esperarse un comportamiento óptimo. Gracias a ellos, cierto es, podemos llevar la corriente eléctrica al punto que nos interese; pero no es menos cierto que el control y manejo de esta misma corriente (sin lo cual de nada nos serviría) es posible gracias a los semiconductores y aislantes. Es en la técnica de la radio donde se pone mayormente de manifiesto la utilidad de los semiconductores.

La clasificación de los materiales en conductores, semiconductores y aislantes surge al considerar la mayor o menor facilidad con que permiten que a su través circule una corriente eléctrica. Dicho al revés: un material será más o menos conductor, según la dificultad que oponga al paso de una corriente eléctrica. Esta dificultad, en electricidad, se conoce con el nombre de RESISTENCIA ELÉCTRICA de un conductor, de un semiconductor o de un aislante.

El factor resistencia debe tenerse en cuenta en todo material, por buen conductor que sea. La resistencia puede ser casi imperceptible, pero siempre dejará sentir su influencia sobre la intensidad de la corriente. Para una misma tensión entre dos puntos unidos por un conductor, la intensidad de la corriente dependerá de la mayor

o menor resistencia que el conductor oponga a su paso.

Según estas consideraciones, podemos definir la resistencia eléctrica diciendo que RESISTENCIA ELÉCTRICA ES LA DIFICULTAD QUE TODO CONDUCTOR OPONE AL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA, DETERMINANDO LA INTENSIDAD QUE POR ÉL CIRCULA.



¿De qué depende la resistencia de un conductor?... Pues la resistencia eléctrica depende de tres factores: de la naturaleza del conductor, de su longitud y de su grosor.

Analicemos estos tres factores:

Decimos que la resistencia depende de la naturaleza del conductor. Esto lo hemos visto al hacer la clasificación de los materiales conductores, semiconductores y aislantes, puesto que se ha dicho que cada sustancia tiene una naturaleza que le confiere mayor o menor conductividad.

Cada conductor, pues, tiene lo que se llama una RESISTENCIA ESPECÍFICA O RESISTIVIDAD que le es propia. Esta resistividad, que se representa por la letra griega  $\rho$  (ro), puede definirse diciendo que es la resistencia de la sustancia cuando tiene la unidad de longitud y la unidad de sección. El valor de la resistividad varía mucho con la temperatura; por ello la resistencia específica acostumbra darse para temperatura de cero grados centígrados. Si el factor temperatura no se especifica, se sobreentiende que la resistividad del material que se considere se refiere a una temperatura de 0°C.

Depende de la longitud. Por simple intuición debe comprenderse que a mayor longitud mayor

resistencia, puesto que las posibilidades de roce de los electrones libres que constituyen la corriente serán mayores cuanto más largo sea el camino que deban recorrer. Para el cálculo de resistencia (es muy importante tenerlo en cuenta) la longitud del conductor se da siempre en metros.

Depende también de la sección o grueso del conductor. Así como al aumentar la longitud aumentaba la resistencia, se comprende que por la misma razón disminuya al aumentar el grueso. En este caso es de lógica pensar que para una misma carga (cantidad de electrones que deben circular) las posibilidades de roce disminuyan al aumentar la sección por la que deben pasar. La sección de los conductores se da siempre en milímetros cuadrados.

Relacionando estos tres factores obtenemos la fórmula que da la resistencia eléctrica de un conductor en función de su resistividad, de su longitud y de su sección. La fórmula es ésta:

$$R = \rho \frac{L}{s}$$

El resultado de las operaciones que pueden hacerse aplicando la fórmula nos da el valor de la resistencia en ohmios.

El ohmio es la unidad de resistencia eléctrica que, de momento, vamos a definir diciendo que OHMIO ES LA RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR FORMADO POR UNA COLUMNA DE MERCURIO DE 1'063 M DE LONGITUD Y UNA SECCIÓN DE 1 MM<sup>2</sup> A LA TEMPERATURA DE 0°.

Esta materialización del ohmio es el llamado

ohmio internacional, que se representa por la letra griega  $\Omega$  (omega mayúscula).

El ohmio tiene un múltiplo que equivale a un millón de ohmios y que recibe el nombre de MEG-OHMIO. Se simboliza así: M $\Omega$ .

También tiene un submúltiplo llamado MICROHMIO y que vale una millonésima de ohmio. Su símbolo literario es éste:  $\mu\Omega$ .

## RESISTENCIA ESPECIFICA DE ALGUNOS METALES EN $\Omega$ m/mm<sup>2</sup>

Metal	a 20° C	Metal	a 20° C
Plata	0,016	Plomo	0,204
Cobre	0,017	Wolframio	0,054
Aluminio	0,028	Carbón	50,—
Cinc	0,056	1 Melchort	0,30
Hierro puro	0,105	2 Manganina	0,42
Hierro en hilos	0,132	3 Niquelina	0,47
Platino	0,106	4 Constantán	0,50
Oro	0,024	5 Nicrom	1,—
Níquel	0,1	6 Kruppina	0,85
Estaño	0,139	7 Bronce fosforoso	0,091
Mercurio	0,942	8 Latón	0,080

- 1 Aleación de cobre, cinc y níquel.
- 2 Aleación de cobre, níquel y manganeso.
- 3 Aleación de cobre, cinc y níquel.
- 4 Aleación de cobre y níquel.
- 5 Aleación de cromo y níquel.
- 6 Aleación de hierro y níquel.
- 7 Aleación de cobre y estaño.
- 8 Aleación de cobre y cinc.

## RESISTIVIDADES DE ALGUNAS DISOLUCIONES EN $\Omega$ cm cm<sup>2</sup>

%	ácido nítrico	ácido sulfúrico	ácido clorhídrico	sulfato de cinc	sulfato magnésico	sulfato de cobre	cloruro sódico	hidróxido sódico
5	3,9	4,8	2,6	52,1	38	53,3	15	5,12
10	2,2	2,6	1,6	31,1	—	31,4	7,66	3,22
15	1,6	1,9	1,4	24,1	21	23,9	6,15	2,90
20	1,4	1,5	1,7	21,5	—	—	5,16	3,08
25	1,3	1,4	1,4	20,9	24	—	4,72	3,71
30	1,3	—	1,5	—	—	—	—	4,99
35	1,3	—	1,7	—	—	—	—	6,70
40	1,4	1,5	2,0	—	—	—	—	8,70
50	1,6	1,9	—	22,6	—	—	—	—
60	2,0	2,7	—	—	—	—	—	—
70	2,6	4,7	—	—	—	—	—	—
80	3,8	9,9	—	—	—	—	—	—

Aunque lo normal es dar el valor de la resistividad de los cuerpos en ohmios, m y mm<sup>2</sup>, en ciertas ocasiones también se da en ohmios por

Un caso concreto es el de las disoluciones. Para calcular la resistencia de una masa líquida la resistividad se toma en ohmios por cm/cm<sup>2</sup>.

## UNIDAD DE F. E. M. Y DE D. D. P.

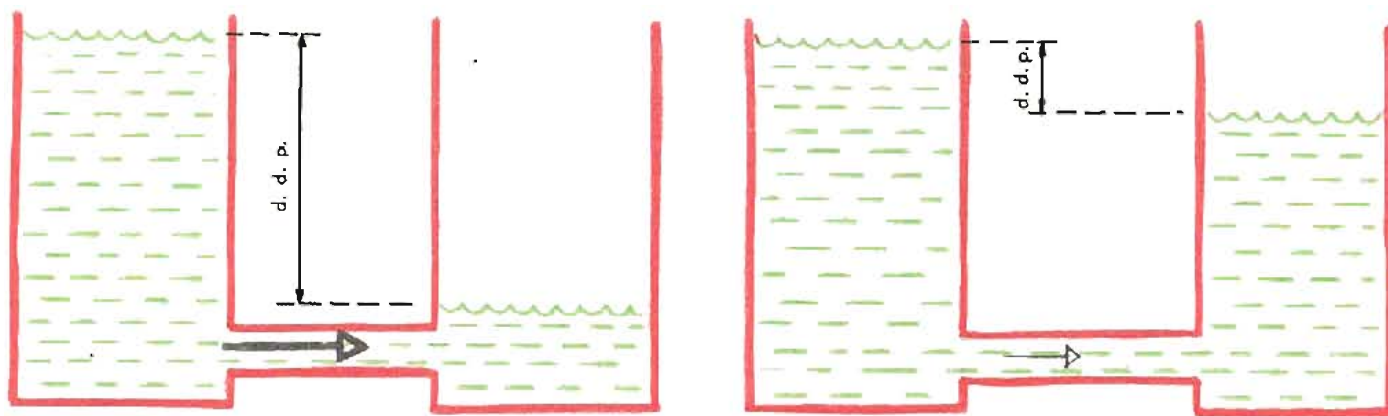
Hemos hablado de fuerza electromotriz y de diferencia de potencial, viendo que la primera es causa de la segunda. Gracias a la fuerza electromotriz engendrada en el generador, aparece la tensión en sus bornes, uno de los cuales adquiere carga negativa y el otro carga positiva. La diferencia de cargas constituye la diferencia de potencial, gracias a la cual existe el desnivel de cargas que motiva la puesta en marcha de los electrones: la corriente eléctrica.

Quede claro que la f.e.m. es la causa de la d.d.p.

Ahora, por favor, ponga toda su atención en lo que vamos a decir, porque de ello dependerá

que comprenda o no la ley fundamental de la electricidad. Vamos a establecer la unidad de diferencia de potencial (que es la misma que para la f.e.m.), con lo cual estaremos en condiciones de enunciar la ley de Ohm, que es la base para todos los estudios que hacen referencia a la energía eléctrica, y muy concretamente al estudio de circuitos.

Volvamos a nuestro símil hidráulico. Si consideramos que el conductor es siempre el mismo, o sea que la resistencia que el tubo pueda presentar al avance del agua permanece inalterable, ¿de qué dependerá que el caudal sea ma-



Cuando entre un cuerpo de mayor potencial y otro cuerpo de potencial menor se establece una corriente eléctrica, la intensidad de esta corriente, considerando una misma resistencia (el tubo en este símil), depende de la d.d.p. existente entre los dos cuerpos considerados.

yor o menor?... Indiscutiblemente, del nivel a que se encuentre el depósito S con respecto al depósito R. Cuanto más elevado se encuentre el depósito S en relación al depósito R, mayor será el caudal; es decir: más rápidamente fluirá el agua de S a R. Y ¿no hemos comparado el distinto nivel del agua a la diferencia de potencial eléctrico entre dos cuerpos o dos puntos de un circuito?... También hemos comparado el caudal de agua a la intensidad de una corriente, ¿verdad?... Luego, la intensidad de una corriente

eléctrica estará en razón directa del valor de la diferencia de potencial existente entre los dos puntos que limitan su recorrido. Es decir: cuanto mayor sea la diferencia de potencial, mayor será la intensidad de la corriente. Viceversa: a menos d.d.p., menos intensidad. Ello, claro, considerando una misma resistencia del conductor.

En resumen: para una misma resistencia, el valor de la intensidad de una corriente depende del valor de la diferencia de potencial existente entre los puntos que la limitan.

Con ello hemos relacionado los tres factores primordiales a considerar en toda corriente eléctrica: la diferencia de potencial que (por decirlo así) la impulsa, la intensidad que alcanza y la resistencia que se opone a su paso.

Esta relación se expresa por la siguiente fórmula:

$$I \quad R = \frac{V}{I}$$

en la que R es la resistencia, V la diferencia de potencial e I la intensidad.

De esta igualdad deducimos dos más:

$$II \quad V = I \times R$$

$$III \quad I = \frac{V}{R}$$

Fijémonos atentamente en estas igualdades. Consideremos la fórmula II ( $V = I \times R$ ) y hagamos que la intensidad sea de 1 amperio y la resistencia de 1 ohmio. En este caso la d.d.p. será también la unidad.

La unidad de d.d.p. es el voltio, que definimos diciendo que:

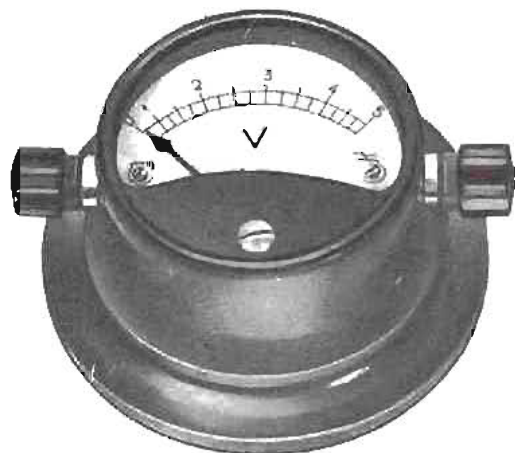
UN VOLTIO ES LA DIFERENCIA DE POTENCIAL CAPAZ DE HACER CIRCULAR UNA CORRIENTE DE 1 AMPERIO A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR CUYA RESISTENCIA ES DE 1 OHMIO.

De la fórmula I deducimos la definición técnica del ohmio, al decir que UN OHMIO ES LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UN CONDUCTOR QUE PROPORCIONA UNA INTENSIDAD DE 1 AMPERIO CUANDO ENTRE SUS EXTREMOS EXISTE UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL DE 1 VOLTIO.

Y, finalmente, de la fórmula III deducimos que 1 AMPERIO ES LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE CIRCULA A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR CUYA RESISTENCIA ES DE 1 OHMIO Y ENTRE CUYOS EXTREMOS HAY UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL DE 1 VOLTIO.

Esta ley, que relaciona el voltaje, la intensidad y la resistencia, es la ley de Ohm, debida a este gran físico, y que ha permitido de manera primordial el gran desarrollo de la ciencia electrónica. Esta ley, lo repetimos una vez más, es básica para cuantos estudios deban realizarse con la electricidad.

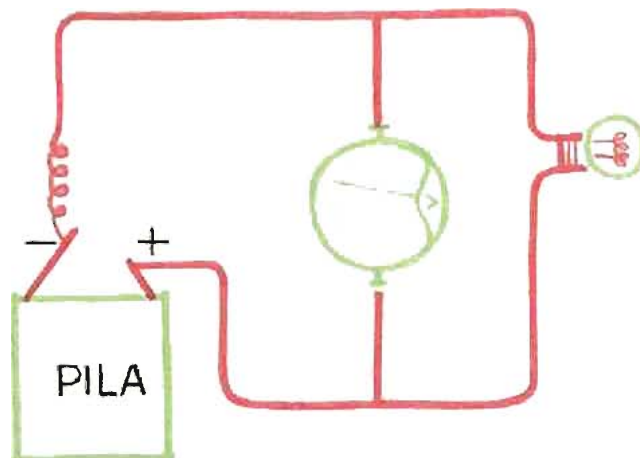
Así como medimos la intensidad con un aparato llamado amperímetro, medimos la d.d.p. con otro aparato llamado voltímetro, puesto que mi-



de voltios. Un voltímetro tiene la misma apariencia externa que un amperímetro, con la única diferencia de que así como el amperímetro lleva en su carátula la letra A de amperios, el voltímetro lleva la letra V de voltios.

Hemos dicho que los amperímetros deben colocarse a lo largo del circuito, de forma que capten toda la corriente, puesto que de medir intensidades se trata. En cambio un voltímetro, como mide diferencia de potencial entre dos puntos distintos de un circuito, debe colocarse en derivación, conectando cada uno de sus bornes, en cada uno de los puntos cuya d.d.p. nos interesa determinar.

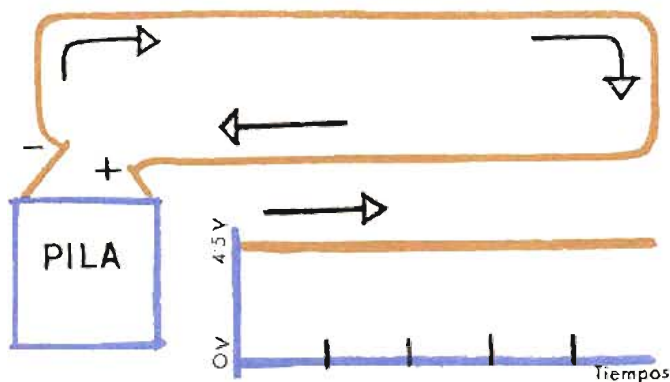
Para terminar con estos conceptos, digamos que la diferencia de potencial también se denomina voltaje. Voltaje es una denominación quizás más usada que la que hemos empleado hasta aquí. Es un nombre que responde más a la práctica, puesto que siempre que se habla de voltios se sobrentiende que se trata de una diferencia de potencial. Cuando se trata del valor de una fuerza electromotriz (caso que se da con menor frecuencia), se especifica la circunstancia.



## CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA

Al estudiar lo que debíamos entender por circuito eléctrico, hemos visto cómo para mantener en él una corriente constante era imprescindible la presencia de un generador; de un elemento capaz de crear una tensión o diferencia de potencial entre dos bornes. Gracias al generador tenemos energía eléctrica en el circuito; dada su importancia es necesario que tengamos una idea clara y precisa de cómo es posible la creación de una corriente en el seno de un generador.

En términos generales, sabemos que se trata de un aparato que aprovecha una determinada manifestación energética y la transforma en elec-



Una pila es un generador de corriente continua. La representación gráfica de una corriente continua es una línea recta.

tricidad. Ahora vamos a estudiar los principales tipos de generadores de *corriente continua*, según sea la energía que aprovechan para convertirla en energía eléctrica.

Antes de seguir, deberemos aclarar la expresión *corriente continua* que hemos mencionado. LLAMAMOS CORRIENTE CONTINUA A LA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE FLUYE DE UN GENERADOR SIEMPRE CON LA MISMA INTENSIDAD Y SENTIDO. Es decir: los generadores de corriente continua proporcionan un flujo de electrones que corre siempre en una misma dirección; los polos del generador mantienen siempre la misma tensión, pudiendo decir que la polaridad es invariable. El polo + siempre es el mismo, y el polo — también.

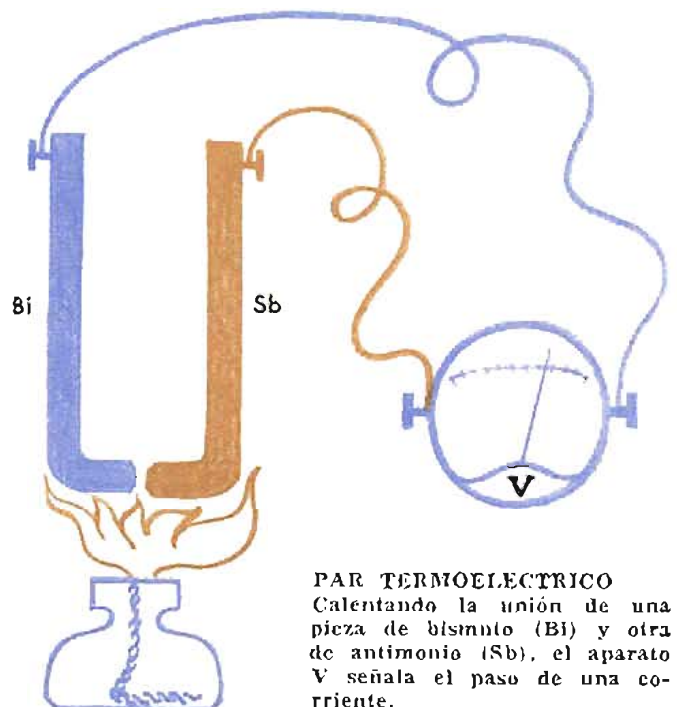
La corriente continua, puestos a representarla gráficamente, estará simbolizada por una línea recta.

En contraposición a este tipo de corriente existe la llamada corriente alterna — cuyo estudio iniciaremos dentro de poco —, que es una corriente producida por un generador cuyos polos varían de polaridad un número determinado de veces en cada unidad de tiempo. En consecuencia, la dirección de la corriente no es uniforme, sino alterna: a cada cambio de polaridad corresponde un cambio de dirección, puesto que lo que en un período era el polo +, hacia el que se dirigían los electrones, pasa a ser el polo — del que salen.

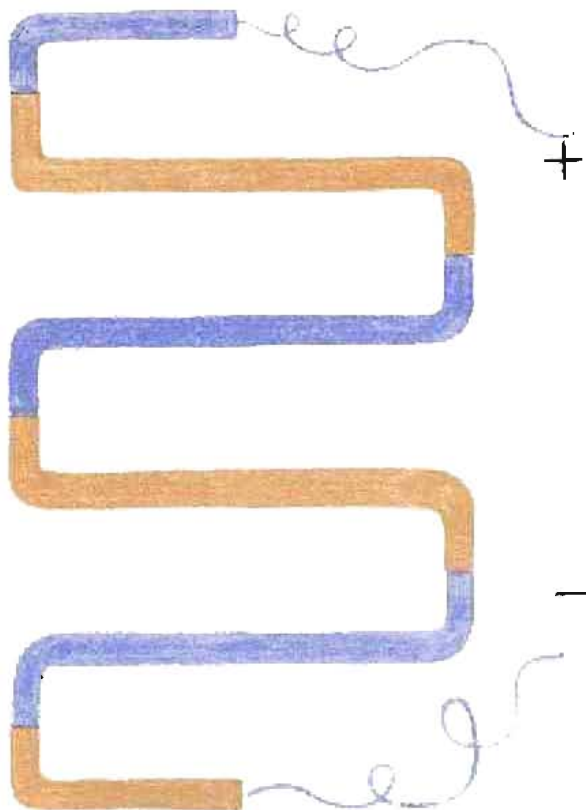
## ELECTRICIDAD POR CALOR

El calor es una forma de la energía que, actuando bajo ciertas condiciones, puede convertirse en energía eléctrica. No debe perder de vista el concepto básico de que siempre que se produce electricidad se han excitado los átomos de un cuerpo dejando electrones libres, cosa que el calor puede conseguir cuando actúa sobre ciertos metales. En efecto: cuando un metal queda expuesto a los efectos del calor, siempre tiene tendencia a adquirir una carga eléctrica; tendencia que será mayor o menor según cuál sea el metal.

Puede ser tan pequeña que resulte inapreciable. Se da la circunstancia, empero, de que cuando se establece una íntima unión entre dos metales distintos y esta unión se calienta, en los extremos libres de las dos piezas de metal (no importa la forma que tengan), aparece una diferencia de potencial que depende siempre del desnivel entre la temperatura dada a la unión de am-



**PAR TERMoeLECTRICO**  
Calentando la unión de una pieza de bismuto (Bi) y otra de antimonio (Sb), el aparato V señala el paso de una corriente.



Termopila formada por tres pares termoelectrónicos.

bos y la temperatura que mantengan sus extremos libres. Es decir: cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura de la unión y la de los extremos libres, mayor será la carga eléctrica.

Este es un experimento que podrá realizar usted mismo en cuanto disponga de un aparato de

## ELECTRICIDAD POR LUZ

También la luz es una fuente de energía con la que podemos producir electricidad. Esta posibilidad se debe al llamado *efecto fotoeléctrico*.

Se llama así a la propiedad que presentan ciertos cuerpos (muy especialmente los metálicos) de perder electrones, quedando por lo tanto cargados positivamente, cuando quedan expuestos a la acción de la luz.

Si dos láminas —una de metal fotosensible enfrentada a otra de metal no sensible a la luz— se conectan en un circuito cerrado y exponemos el circuito a las radiaciones luminosas, se establece una corriente debilísima, con intensidades del orden de microamperios. Será una corriente fotoeléctrica cuya intensidad depende de muchos factores. Los dos más decisivos son la naturaleza del metal sensible y la intensidad de la luz.

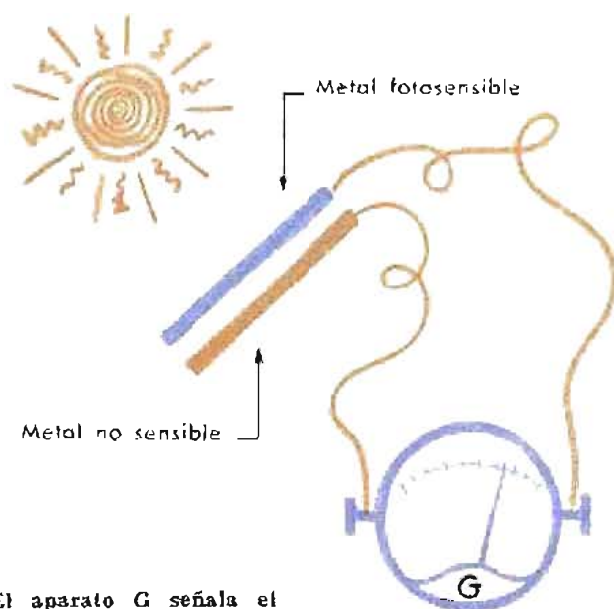
medida un poco sensible. Trenzando un alambre de cobre con otro de hierro por uno de sus extremos y calentando esta unión, en cuanto aplique a los extremos las puntas de prueba del instrumento su aguja señalará el paso de una corriente... ciertamente muy débil, pero corriente al fin.

Todos los metales tienen esta propiedad, pero se aprecia más en unos que en otros. La unión del bismuto con el antimonio forma el par que da mejores resultados; el que proporciona una corriente más elevada.

Estos pares metálicos son conocidos con los nombres de **TERMOCUPLAS** o **PAIRES TERMOELECTRICOS**.

Aunque las termocuplas no proporcionan gran cantidad de corriente y no se emplean como fuentes de energía prácticamente aprovechables para alimentar circuitos normales, se usan para la fabricación de aparatos que precisen relacionar el calor con la electricidad. Su principal aprovechamiento se encuentra en la fabricación de termómetros de gran sensibilidad, destinados a medir temperaturas muy elevadas. Son los **pirómetros**. En ellos un par termoelectrico se conecta a un voltímetro que en vez de estar graduado en voltios lo está en grados. La temperatura provoca una diferencia de potencial en los extremos del par, que es acusada por el aparato de medida, donde se expresan directamente grados de temperatura.

Si asociamos varios pares termoelectricos de forma tal que sea posible mantener diferencia de temperaturas entre las soldaduras pares y las impares, habremos conseguido una pila termoelectrica.



El aparato G señala el paso de una corriente muy breve.

Resulta muy interesante el efecto fotoeléctrico, gracias al cual algunos semiconductores (el selenio entre ellos) varían el valor de su resistencia eléctrica a tenor de la intensidad de la luz que sobre ellos incide.

Este fenómeno ha dado origen a la llamada célula fotoeléctrica.

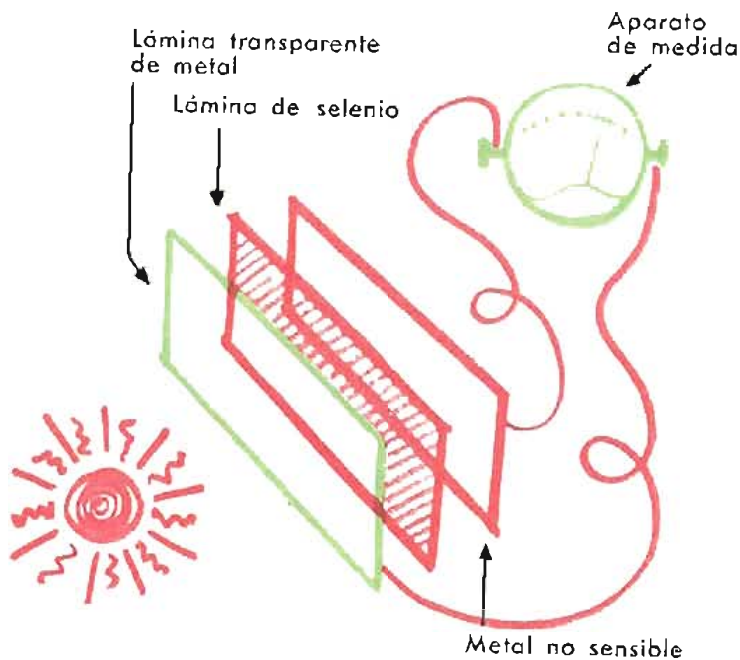
Si entre las dos placas metálicas del circuito fotoeléctrico que hemos considerado intercalamos una tercera placa de selenio, ésta actuará a modo de control y regulador de la corriente fotoeléctrica, puesto que opondrá menor resistencia al paso de la corriente a medida que aumente la iluminación.

Las células fotoeléctricas que se fundan en la propiedad del selenio (la variación de su resistencia eléctrica según la luz que recibe) se construyen fundamentalmente con una lámina semi-

transparente del metal sensible, detrás de la cual aparece la lámina de selenio que se antepone al otro metal (generalmente hierro). El metal sensible se sitúa en el aparato de forma que reciba la luz que, atravesándolo, llega al selenio y modifica su resistencia. A más luz, menos resistencia y (por lo mismo) más intensidad en la corriente.

Los fotómetros, aparatos destinados a medir intensidades de luz, no son otra cosa que una célula fotoeléctrica en cuyo circuito se intercala un aparato de medida. La aguja del aparato se desplaza más o menos según la intensidad de la corriente, que, como hemos visto, depende de la mayor o menor resistencia del selenio. La aguja recorre una escala convenientemente valorada.

Es muy conocida la aplicación de las células en fotografía (caso de los fotómetros), en mandos automáticos, en el cine sonoro, etc.



Representación esquemática y fotografía de un fotómetro de los comúnmente empleados en fotografía.

*El frotamiento, el calor y la luz son fuentes de energía que si bien son capaces de producir electricidad sólo nos proporcionan corrientes muy débiles cuyo aprovechamiento práctico queda restringido casi en exclusiva a cuestiones de laboratorio y aparatos de medida. A continuación vamos a estudiar otra fuente de electricidad cuyo descubrimiento representa el primer paso en firme hacia la obtención de corrientes eléctricas de mayor voltaje y por lo mismo aprovechable para obtener efectos de utilización, no ya simplemente teórica y experimental, sino de un auténtico valor práctico. La obtención de electricidad por la acción química de las disoluciones sobre electrodos de metal y carbón es el primer descubrimiento que nos ha guiado hacia el aprovechamiento total de los fenómenos eléctricos.*

## ELECTRICIDAD POR ACCION QUIMICA

Uno de los hombres que mas contribuyeron al progreso en el estudio de la electricidad, sobre todo en su aspecto de corriente eléctrica (electricidad dinámica, en movimiento), fue Alejandro Volta.

Italiano, nacido en Como (1745) y muerto en su propia ciudad natal en 1827, tiene en su haber una serie de triunfos en el estudio de los fenómenos eléctricos, que culminan en la construcción del primer generador de corriente sin intervención de energía mecánica: la pila de Volta.

Volta descubrió que siempre que se ponen en comunicación eléctrica dos metales distintos aparece una fuerza electromotriz; fuerza que si por simple contacto entre los dos metales es prácticamente inapreciable, aumenta de modo considerable cuando a su vez ambos metales están en contacto con agua acidulada.

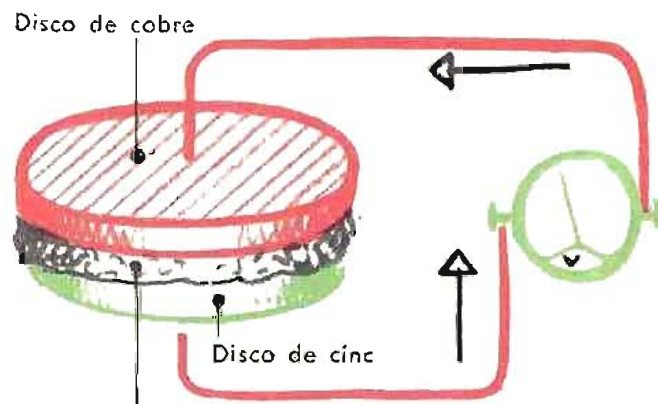
Tras diversas comprobaciones, Volta estableció un orden para los metales según la d.d.p. que proporcionaban puestos en contacto dos a dos, y llegó a la conclusión de que el par que mayor potencial de contacto demostraba era el formado por cinc y cobre.

¿Ha pensado alguna vez en el porqué del nombre *pilas* que damos a tan conocidos generadores de corriente? Se llaman pilas porque el primer generador por acción química que construyó Volta era exactamente eso: una *pila* o *columna* de discos de cobre y cinc alternados y separados por rodajas de paño impregnadas de ácido sulfúrico diluido.

A cada elemento formado por cinc, paño húmedo y cobre se le llama *par voltaico*. En él, por la acción del ácido sobre los dos metales, el cinc adquiere carga negativa, en tanto que el cobre la adquiere positiva, con lo que, estableciendo una unión conductora entre el cinc y el cobre, circula una corriente que por el interior corre del cobre (+) al cinc (—), en tanto que por el exterior del par corre del cinc (—) al cobre (+).

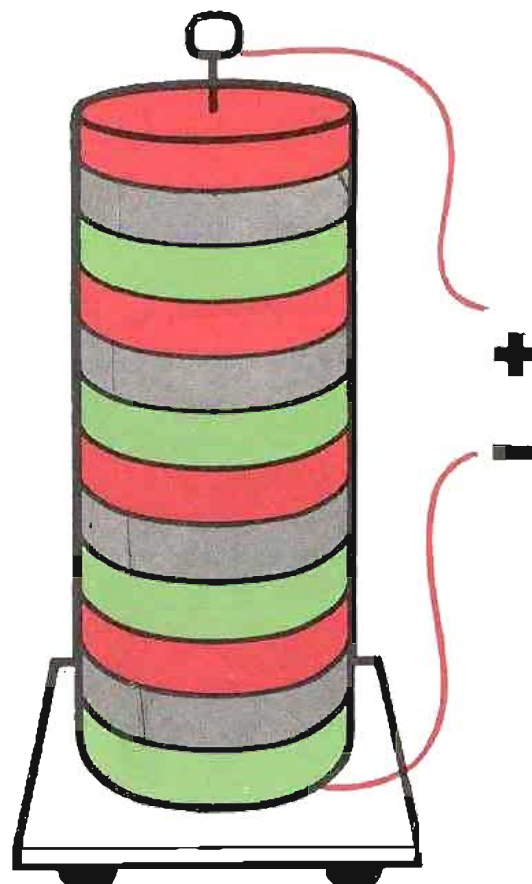
El mismo Volta encontró una solución más ventajosa para este tipo de generador. Dejó de darle la forma de una pila; pero por analogía con su función, también se sigue llamando pila a esta nueva modalidad de generador.

Consiste en un recipiente con agua acidulada en que se introducen una barra de cinc y otra de cobre. Formado el circuito, un aparato de medida intercalado en él señalará el paso de una corriente, cuyo valor depende del grado de acidez



Pano con agua acidulada

Par voltaico de cobre y cinc.



Primera pila de Volta formada por una columna de discos de cobre y cinc separados por paños empapados de agua acidulada.

del agua, de la temperatura y de la pureza de los dos bornes metálicos. Estos bornes reciben nombres especiales que, por repetirse en múltiples ocasiones dentro de la nomenclatura propia de muchos ingenios electrónicos, es conveniente que conozca y que sepa relacionar con el tipo de carga que les corresponde.

Tanto el positivo como el negativo reciben el nombre de **ELECTRONOS**.

El borne de una pila que adquiere carga positiva es el **ÁNODO**. Anodo es el electrodo positivo.

El borne que adquiere carga negativa es el **CÁTODO**. Cátodo es el electrodo negativo.

Para quienes tienen conocimientos de química resulta muy fácil comprender el porqué de la aparición de una d.d.p. entre ánodo y cátodo de una pila. Aunque para el radiotécnico carece de importancia conocer o no las mutaciones químicas que provocan esta d.d.p., creemos que vale la pena dejarlas anotadas, intentando dar una explicación que, sin pretensiones de exactitud científica, pueda ilustrar al no iniciado en química:

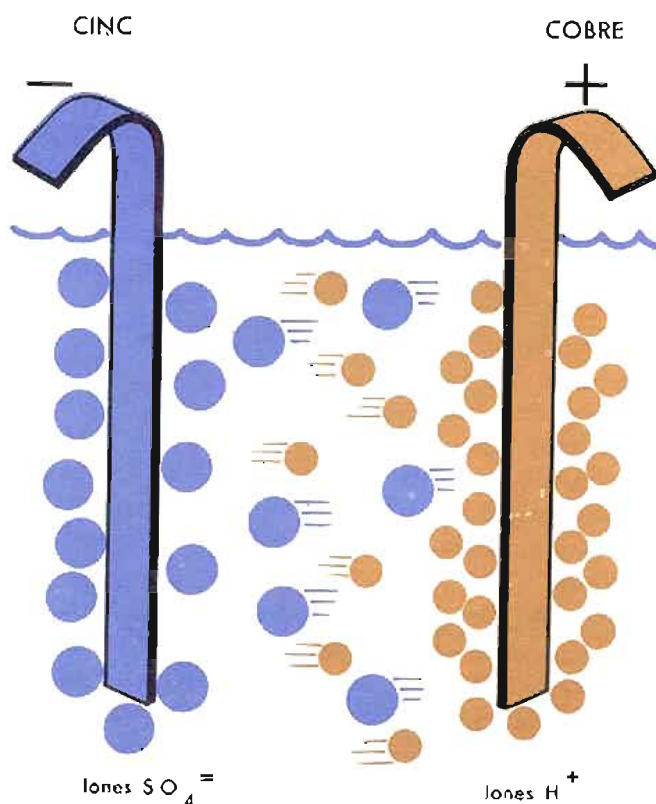
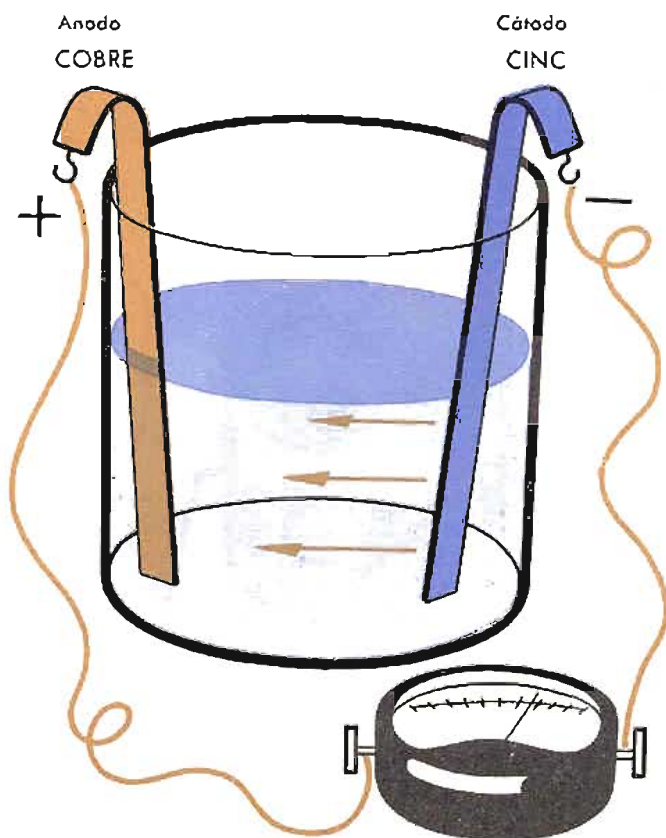
La molécula de ácido sulfúrico está formada por un átomo de azufre, cuyo símbolo es S; cuatro átomos de oxígeno, cuyo símbolo es su inicial O; y dos átomos de hidrógeno, al que en química se representa por H.

En total, la fórmula representativa de una molécula de ácido sulfúrico es ésta:

S	O <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
1 átomo de azufre	4 átomos de oxígeno	2 átomos de hidrógeno

Cuando el ácido sulfúrico se disuelve en agua (lo mismo ocurre con todos los demás ácidos) se escinde en dos partes (vamos a llamarlo así) que reciben el nombre de IONES. Para el ácido sulfúrico los iones son  $\text{SO}_4^{=}$  y  $2\text{H}^+$ . El ion  $\text{SO}_4^{=}$  tiene dos cargas negativas, mientras que cada ion H lleva una carga positiva.

Así se explica que mientras el circuito permanece cerrado se mantenga entre los bornes una d.d.p. que haga circular la corriente, ya que el cinc adquiere carga negativa (la de los iones  $\text{SO}_4^{=}$ ) mientras que el cobre la adquiere positiva (iones H).



Entre dos electrodos (cinc y cobre) sumergidos en una disolución de ácido sulfúrico y eléctricamente conectados, circula una corriente debida a una migración de cargas (iones) entre

ambos metales. El cinc adquiere carga negativa y el cobre carga positiva. Aparece una d.d.p. entre ambos, causa de la corriente apreciada por el voltímetro.

*Esta ha sido la explicación un tanto empírica de los fenómenos químicos que se dan en la pila voltaica. En realidad se trata de algo más complicado cuyo estudio no pertenece al técnico en radio. Pero tampoco puede tenerse una total ignorancia de estos fenómenos.*

## POLARIZACION

Cuando una pila voltaica lleva algún tiempo funcionando, el aparato de medida (voltímetro o amperímetro) que se haya acoplado al circuito exterior indicará una notable disminución de la corriente.

Cuando se da este fenómeno, decimos que la pila se ha polarizado.

La polarización se explica también al tener en cuenta los fenómenos químicos que se originan en el seno del generador, de sentido contrario a los que producen la primera f.e.m.

Todos los cuerpos químicos se mantienen gracias a la afinidad existente entre sus átomos, afinidad que en la pila de Volta se vence gracias al potencial de contacto. Pero los iones  $\text{SO}_4$  y  $2\text{H}^+$

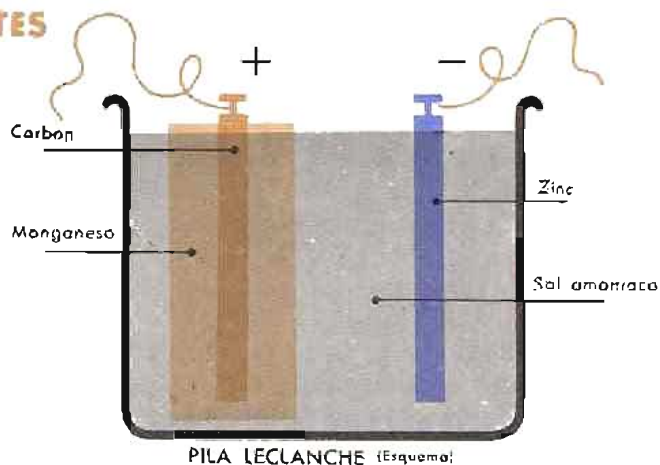
en que se escinde el ácido sulfúrico tienden por naturaleza a unirse de nuevo, de modo que, aun sintiéndose atraídos por el cátodo (cinc) y ánodo (cobre), respectivamente, habrá una fuerza contraria a la f.e.m. que los animará (valga la expresión) a unirse de nuevo, tanto más cuanto en mayor cantidad se hayan acumulado en los dos polos de la pila. Esta fuerza es la llamada contra-electromotriz o de polarización.

Otro fenómeno que ayuda a polarizar una pila es la formación de una capa de gas (hidrógeno) alrededor del cobre. La prueba está en que basta con frotar con una brocha el cobre de una pila en vías de polarización para que el potencial se eleve de nuevo.

## PILAS NO POLARIZADAS O CONSTANTES

Se comprende que el fenómeno de la polarización reduzca al mínimo la utilidad de un generador voltaico. Para evitar este inconveniente varios físicos idearon unos modelos de pilas que, aunque están fundados en el mismo principio que la pila de Volta, añaden un elemento nuevo que por su acción química actúa de despolarizante.

El despolarizante es una sustancia altamente oxidante; o sea, capaz de liberar oxígeno con mu-

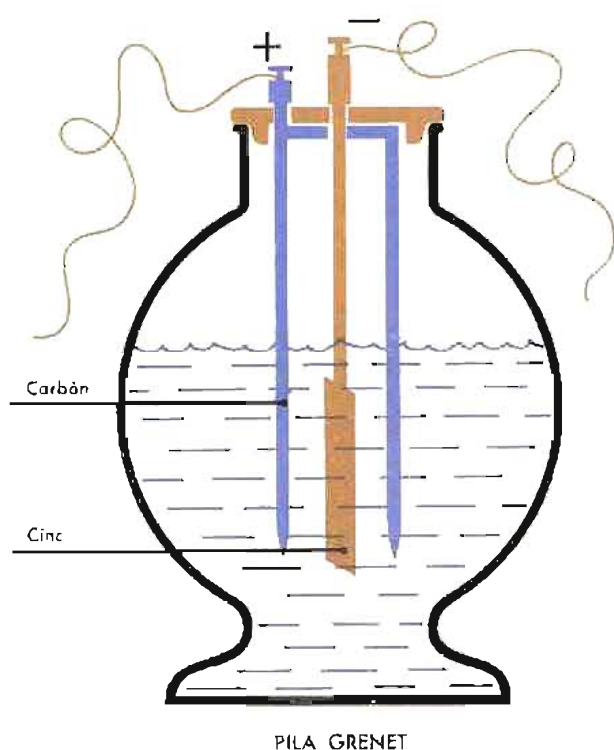


cha facilidad. Este oxígeno al combinarse con los iones  $\text{H}^+$  acumulados sobre el cobre forman agua con lo cual se evita la formación de la capa de gas hidrógeno que, como hemos visto, era una de las causas principales de la polarización.

Evitando este fenómeno, la actividad electromotriz de la pila perdura mientras los dos electrodos conservan su poder electrónico. La vida de la pila se prolonga considerablemente.

De entre las pilas no polarizadas, citamos por su importancia la de Grenet y la de Leclanché.

La primera (Grenet) está formada por una vasija en que se han introducido dos láminas de carbón de retorta (altamente conductor) centradas por una lámina de cinc. El líquido electrolítico es ácido sulfúrico al que se le ha añadido dicromato potásico. Esta sustancia, muy rica en oxígeno, es la que actúa de despolarizante.



La pila Leclanché está formada por una vasija que contiene una disolución de sal amoníaco en vez de la disolución de ácido sulfúrico empleada por Volta y Grenet. Uno de los electrodos es una barra de cinc; el otro es una barra de carbón de retorta rodeada de manganesa. La manganesa, que es altamente oxidante, actúa como despolarizante.

Entre las pilas constantes, requieren mención aparte las llamadas pilas secas. Se llaman así porque en ellas se ha sustituido el líquido electrolítico por otras sustancias no líquidas, sino gelatinosas. Esta sustitución proporciona la comodidad del transporte. Gracias a la creación de las pilas secas, de gran aplicación práctica (teléfonos de campaña, radios, telégrafos y en general cuando se requiere una corriente continua de muy baja tensión) tenemos electricidad portátil, que nos atreveríamos a llamar electricidad de bolsillo.

La pila seca es del tipo Leclanché por cuanto no contiene ácido. Una pila seca suele estar formada por una caja de cinc, generalmente cilíndrica, que a la vez hace de polo negativo. Centrada a esta caja de cinc se introduce una barra de carbón de retorta (polo +) rodeada de manganesa. Entre la manganesa y el cinc se interca-

la el electrolito que, como hemos dicho, deja de ser líquido para convertirse en una pasta (que puede estar formada por serrín, arena porosa o carbón) impregnada de una disolución de sal amoníaco que se conserva durante largo tiempo, sobre todo evitando su evaporación. Se tapa con alquitrán la parte superior de la pila.



Disposición de los elementos de una pila seca de 4.5 V. Se trata de la asociación en serie de tres pilas de 1.5 V.

## ACUMULADORES

El verbo acumular significa, en términos generales, juntar o amontonar, almacenar, etc.; es un acumulador aquel que se dedica a almacenar alguna cosa. Aplicando el vocablo a la física, se dice que un acumulador es el aparato destinado a almacenar energía para poder restituirla realizando un trabajo. Por tanto, un acumulador eléctrico es un aparato capaz de almacenar energía eléctrica y capaz también de devolverla en forma de corriente.

Advierta que un acumulador es sustancialmente distinto a un generador. Mientras el generador transforma una energía determinada en energía eléctrica, el acumulador recibe energía eléctrica y se limita a almacenarla.

Sin embargo, cerramos esta lección dando una idea sobre lo que es un acumulador, porque su comportamiento también se debe a fenómenos electroquímicos.

Un acumulador, en síntesis, está formado por dos placas de plomo (que siempre están recubiertas por una capa de óxido de plomo) sumergidas en un baño de ácido sulfúrico diluido.

Cuando ambas placas se conectan a los bornes de un generador de corriente continua, o sea,

cuan-*do se carga* el acumulador, en virtud de la descomposición del baño por la corriente, el ánodo (+) del acumulador pierde el oxígeno que lo cubre (recuerde que acabamos de decir que el plomo siempre lleva adherida una capa de óxido), oxígeno que se precipita sobre el cátodo (—), que, siendo también plomo oxidado, se oxida aún más convirtiéndose en peróxido de plomo. En química, la expresión peróxido significa un superóxido, por decirlo así; sustancia más oxidada de lo normal.

Merced a esta reacción electroquímica, cuando el acumulador está cargado, su ánodo se ha convertido en plomo puro, y el cátodo resulta ser peróxido de plomo. Entre ambos se manifiesta una diferencia de potencial.

Si desconectamos el acumulador del generador que lo ha cargado y cerramos de nuevo el circuito enlazando directamente ánodo y cátodo, el acumulador *se descargará*, apareciendo una corriente de sentido inverso del que tenía la corriente que lo ha cargado. Durante esta restitución de energía (descarga) las placas del acumulador se transforman en sulfato de plomo.

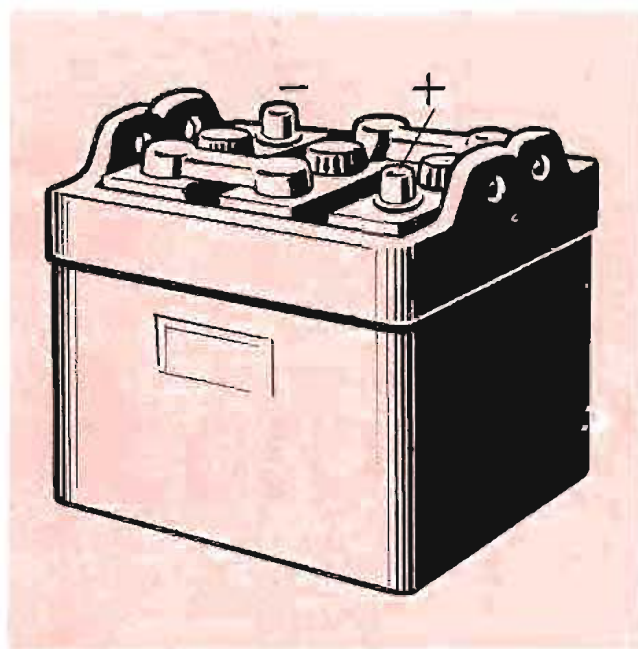
LA CAPACIDAD DE UN ACUMULADOR, QUE ES LA CANTIDAD DE ELECTRICIDAD QUE PROPORCIONA CUANDO ESTÁ CARGADO, depende del tamaño de sus placas, que, siendo de plomo, tienen el inconveniente de su considerable peso.

Para paliar en lo posible este inconveniente, se han ideado diversas modificaciones al acumulador primitivo o de Planté, su inventor.

Fauré introdujo la novedad de las placas de rejilla cuyos orificios se rellenan con compuestos de plomo; pero aun así y a pesar de otras perfecciones, para evitar grandes placas, se adopta el sistema de sustituirlas por varias placas pequeñas acopladas en paralelo.

Cuando dos o más acumuladores se asocian para conseguir una corriente de mayor intensidad o voltaje, se dice que se ha formado una batería.

De los conceptos de acoplamiento en paralelo y batería, hablaremos extensamente dentro de dos lecciones. Aquí dejamos apuntada la existencia de estos conceptos, ciertamente muy importantes.



Acumulador

## ACLARACION IMPORTANTE

Habrás observado que desde la primera lección venimos sosteniendo que la corriente eléctrica es un flujo de electrones que se desplaza a través de un conductor desde el borne negativo del generador al borne positivo del mismo. Decimos que la corriente eléctrica sigue el sentido de *menos a más*.

Este es, en efecto, el sentido real de la corriente eléctrica, pero no el sentido que tradicionalmente se da a la misma. El sentido tradicional o figurado de la corriente eléctrica, que sigue empleándose en la gran mayoría de tratados sobre electricidad, es el que dejó establecido Benjamín

Franklin cuando supuso que la corriente eléctrica era un flujo de cargas que se desplazaba desde el borne positivo al negativo.

La tendencia actual es la de hablar de corriente electrónica cuando se considera el sentido real que siguen los electrones, y de corriente eléctrica cuando se considera el sentido figurado.

Aclaremos que considerar uno u otro sentido en nada modifica los resultados teóricos o prácticos que pueden esperarse de la electricidad. Sobre todo esto deberemos insistir más adelante cuando tratemos de las válvulas de radio.



# LECCION

## 3

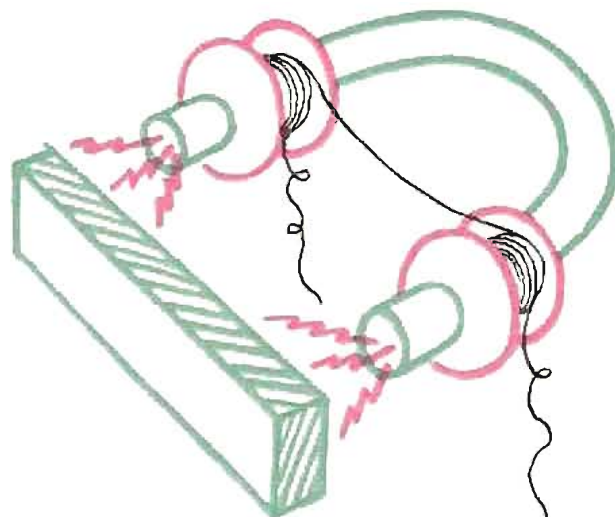


**Imanes y magnetismo**  
**Electromagnetismo**  
**Inducción y autoinducción**  
**Corriente alterna**  
**Experiencias**  
**Construcción de una bobina**



## CONOCIMIENTOS PREVIOS III

**Imanes y magnetismo - Electromagnetismo - Inducción magnética - Inducción electromagnética - Generadores electro magnéticos - Autoinducción.**



## IMANES Y MAGNETISMO

Por poco versado que se esté en ciencias físicas, resulta imposible pronunciar las palabras imán o magnetismo sin que la una nos sugiera la otra. Ambas palabras forman una fuerte asociación de ideas, por cuanto es un hecho que los fenómenos magnéticos se ponen de manifiesto en los imanes. Es decir: la existencia del magnetismo se conoce por la existencia de los imanes.

Y el magnetismo ¿qué es?... LLAMAMOS MAGNETISMO A LA PROPIEDAD DE CIERTAS SUSTANCIAS CONSISTENTE EN ATRAER LOS MINERALES DE HIERRO.

Un imán no es más que un trozo de este mineral, en el que se manifiestan propiedades magnéticas. Por lo tanto, un imán será aquel material capaz de atraer al hierro y a todos los minerales de los que el hierro forma parte.

La existencia de estos cuerpos con propiedades magnéticas se conoce desde hace muchísimos años. Se dice que los antiguos griegos, cuando por las campañas de Alejandro el Magno conquistaron la península del Asia Menor, encontraron en la ciudad de Magnesia una extraña piedra cuya propiedad más acusada era la de atraer los pequeños trozos de hierro que podían encontrarse a su alrededor. Esta piedra, que en realidad es un mineral de hierro, se conoce con el nombre de *magnetita*; y se llama *magnetismo* a la propiedad en ella manifestada. Observe la similitud de las palabras *magnetita* y *magnetismo* con el nombre de la ciudad en que fue descubierta la piedra y su propiedad; de él proceden.

La magnetita — conocida también por el nombre de *imán natural* — es el único mineral conocido que tiene poder de atracción sobre el hierro. Ningún otro mineral de todos los que se encuentran en la naturaleza presenta espontáneamente propiedades magnéticas.

Pero el hecho de que los demás minerales no presenten manifestaciones magnéticas, de forma espontánea, no quiere decir que no sean capaces de adquirirlas artificialmente. En efecto: cualquier trozo de hierro que haya estado un tiempo relativamente largo en contacto con una roca de magnetita, presenta también propiedades magnéticas una vez separado de ella. La influencia de la magnetita sobre el hierro le ha conferido sus mismas propiedades: el hierro se ha magnetizado, convirtiéndose en un imán artificial. Imanes artificiales, pues, son los que se obtienen al conferir a ciertos materiales, que por naturaleza son magnéticamente neutros, el poder que la magnetita tiene por propia naturaleza.

Todos, quien más, quien menos, hemos tenido un imán artificial en nuestras manos. De pequeños nos hemos divertido jugando con ellos, admirando su mágico poder de atracción, pero sin sospechar que aquel preciado juguete encerraba uno de los grandes misterios de la naturaleza, cuyos efectos, conocidos y estudiados, han permitido la previsión y control de muchos fenómenos trascendentales en la radio.

## IMANES TEMPORALES E IMANES PERMANENTES

La duración del magnetismo de los imanes artificiales depende en gran manera del material empleado; el hierro es el que con mayor facilidad adquiere propiedades de imán. Ciertamente que no hay nada como el hierro para conseguir rápidamente un imán artificial... pero tampoco hay nada como el hierro para que las propiedades magnéticas desaparezcan con la misma rapidez como las ha adquirido. Es decir: los imanes de hierro pierden su fuerza magnética en un período de tiempo que debemos considerar muy corto en comparación con el tiempo en que el magnetismo perdura en otros materiales. Por ello se llama IMANES TEMPORALES a los imanes de hierro.

Los mejores imanes artificiales son los que se obtienen al magnetizar piezas de acero que contengan pequeñas cantidades de níquel y cobalto. Con este material se consiguen imantaciones que

perduran durante muchísimo tiempo. Son los IMANES PERMANENTES.

Hasta aquí hemos distinguido entre imanes naturales e imanes artificiales. En adelante, cuando hablemos de un imán, se hará referencia a un imán artificial. Se sobreentiende, pues, que la palabra imán se referirá siempre a un imán artificial.

Nos interesa estudiar el magnetismo; el fenómeno es exactamente igual, tanto si lo estudiamos en un trozo de magnetita, como si lo hacemos en un imán artificial. Y como los imanes naturales no se emplean porque resulta mucho más práctica la obtención de imanes artificiales, de ahí que descartemos desde ahora la clasificación natural-artificial, para considerar únicamente los imanes artificiales.

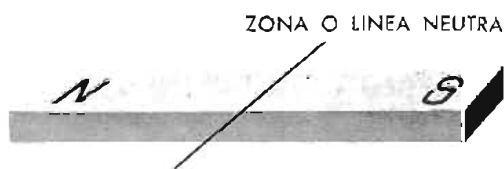
## CAMPO MAGNETICO - LINEAS DE FLUJO - INTENSIDAD DE FLUJO



El imán más sencillo que podemos considerar es una barra imantada de acero.



La fuerza magnética del imán es máxima en sus extremos y nula en su parte media.



Los extremos del imán se llaman polos. Polo Norte (N) y Polo Sur (S). La zona media es la línea o zona neutra del imán.

El imán más simple que podemos considerar es el formado por una barra de acero imantado. Con este imán vamos a experimentar una circunstancia curiosa y de gran trascendencia en la aplicación del magnetismo.

Si colocamos una barra de acero imantado sobre la superficie de una mesa y desde cierta altura la espolvoreamos con limaduras de hierro, observaremos que no toda la extensión de la barra las atrae con la misma fuerza. Podemos deducir fácilmente la distinta fuerza de atracción por la cantidad de limaduras que se hayan adherido a lo largo de la barra imantada.

Efectivamente: la mayor cantidad de limaduras adheridas corresponde a los extremos del imán. Es allí donde se ha acumulado mayor cantidad de polvo de hierro, cantidad que disminuye a medida que nos separamos de un extremo y que llega a ser nula en el centro del imán.

Mediante este sencillo experimento queda probado que *la fuerza magnética de un imán se concentra en sus extremos y disminuye paulatinamente hasta desaparecer del todo en la línea media de la barra.*

Los extremos de un imán reciben el nombre de POLOS. Al igual que los polos terrestres, se les denomina NORTE y SUR.

La zona del imán que no manifiesta ninguna fuerza de atracción se conoce con el nombre de ZONA NEUTRA o LÍNEA NEUTRA.

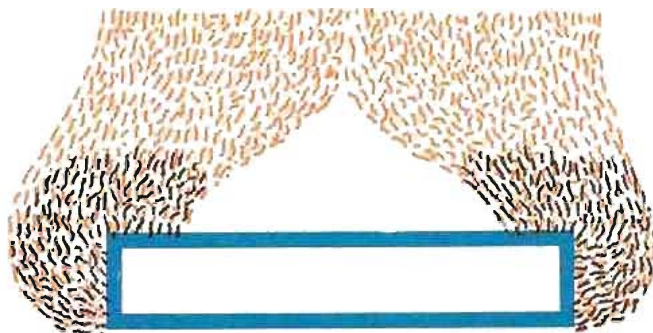
Volvamos otra vez al experimento de las limaduras de hierro, porque si aguzamos nuestro sentido de la observación nos proporcionará nuevos conocimientos. Al espolvorear limaduras de hierro sobre una barra imantada, hemos visto que la fuerza magnética del imán no es la misma en todas sus zonas, lo cual nos ha permitido hablar de unos polos y de una zona neutra.

Repetamos el experimento. Observemos atentamente la caída de las limaduras de hierro y veremos con facilidad que al alcanzar una determinada altura respecto al imán aumenta la velocidad, al tiempo que se modifica su trayectoria para dirigirse a los polos o a sus cercanías. Es evidente que las limaduras, que en un principio caían normalmente impulsadas por la fuerza de la gravedad, al alcanzar un determinado nivel han sido afectadas por la fuerza magnética del imán, que ha modificado sus efectos. El magnetismo, pues, se ha manifestado en cuanto las limaduras han entrado en una zona en la que el imán deja sentir su influencia. A esta zona de influencia, dentro de la cual los minerales de hierro se sienten atraídos, se la llama CAMPO MAGNÉTICO. Su extensión dependerá de la fuerza del imán; a mayor fuerza, corresponde siempre una extensión mayor a su campo, que, lo repetimos, es la zona que rodea al imán y dentro de la cual se dejan sentir sus efectos magnéticos.

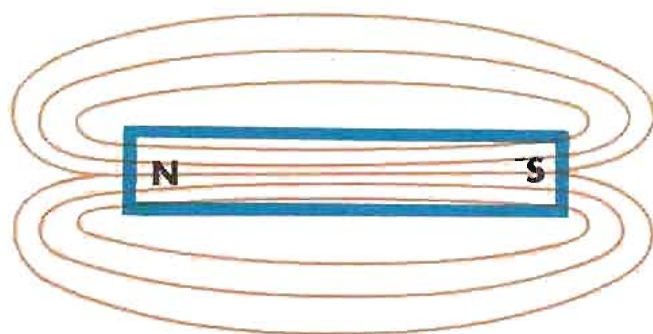
Una vez las limaduras se hayan adherido al imán podremos observar otra circunstancia: que su situación no es caprichosa, sino que responde a un orden, de tal manera que si al espolvorear el imán con limaduras de hierro tenemos la precaución de que la lluvia producida sea lo más regular posible en cuanto a cantidad de hierro caído a lo largo del imán, las limaduras adheridas a él formarán una figura perfectamente simétrica. Y este orden, que apreciamos por simple observación visual, forzosamente debe atribuirse a la actuación del campo magnético del imán.

Para revelar la existencia del campo magnético puede efectuarse un experimento que completa el anterior. Se trata de repetir la operación de la lluvia de limaduras de hierro sobre el imán, pero interponiendo un cristal entre imán y limaduras. Se observará cómo el polvo de hierro se dispone por encima del cristal dibujando a modo de unas líneas que partiendo de un polo penetran en el otro. Son las llamadas *líneas de fuerza* o *líneas de flujo*.

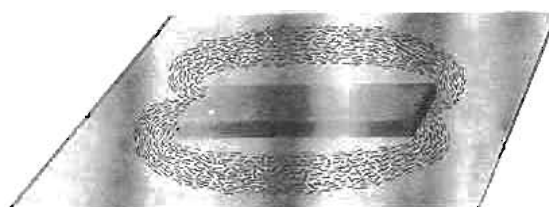
Estas líneas que las limaduras de hierro han dibujado, en realidad son inexistentes. No se trata de unas líneas que puedan verse, sino que son las que teóricamente indican la dirección del flujo magné-



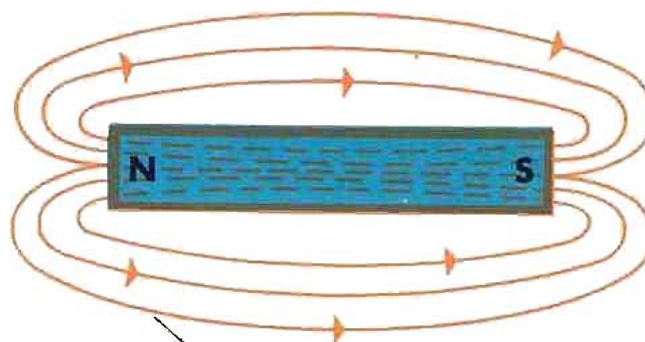
La lluvia de limaduras de hierro nos dibujaría unas trayectorias de forma aproximada a las que representamos en rojo.



La desviación de las limaduras de hierro en su caída se debe al campo magnético que rodea el imán.



Aparición del espectro de un campo magnético por el sistema de las limaduras de hierro. Abajo: Representación teórica de las líneas de flujo de un campo magnético.



LÍNEAS DE FUERZA

tico, o sea, el sentido de la fuerza. De la misma forma que el polvo del camino puede hacernos ver la dirección del viento, así las limaduras de hierro nos dan una idea de la dirección que siguen las líneas de flujo del campo magnético del imán.

Las líneas de flujo corren, dentro del imán, del polo Sur al polo Norte, salen al exterior por el

polo Norte y penetran de nuevo por el polo Sur. Es decir: *Las líneas de flujo del campo magnético son continuas e ininterrumpidas*. La cantidad de líneas de flujo existentes por unidad de superficie del campo es la DENSIDAD DE CAMPO.

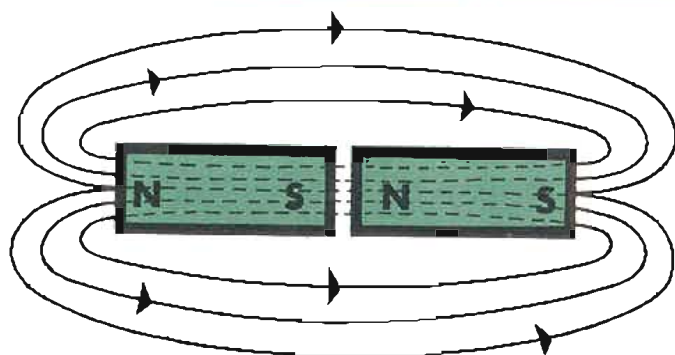
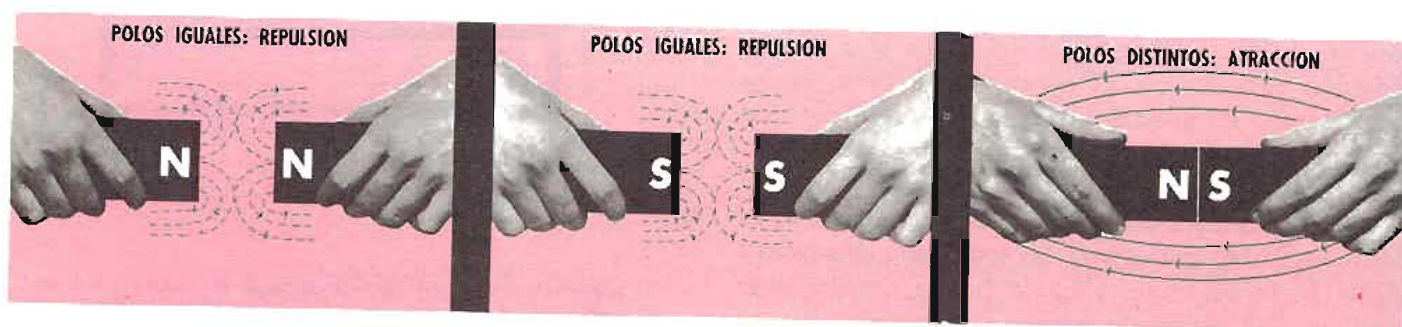
Otra propiedad importante de las líneas de flujo es que no pueden cruzarse entre sí.

## ATRACCION Y REPULSION DE POLOS

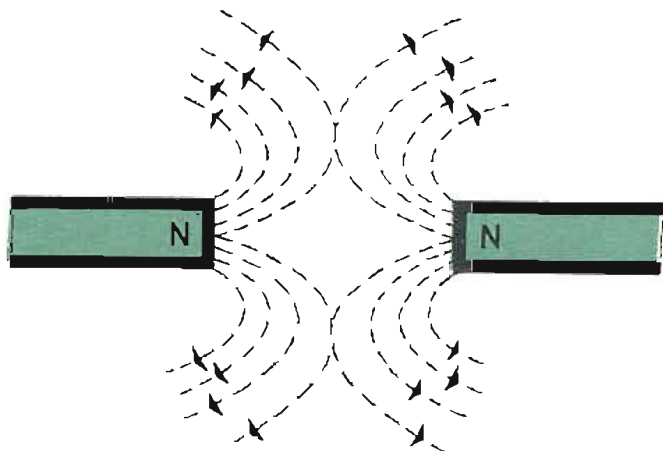
Sólo aceptando esta propiedad podremos explicarnos el fenómeno de la atracción y repulsión de los polos, que, de forma muy similar a la ley de atracción y repulsión de cargas eléctricas, dice: **POLOS DE IGUAL NOMBRE SE REPELEN Y POLOS DE DISTINTO NOMBRE SE ATRAEN.**

Resulta muy fácil la comprobación del fenómeno. Basta disponer de dos barras de acero imantado que produzcan sendos campos con notable intensidad para apreciar físicamente la atracción y repulsión de sus polos.

Tomando un imán en cada mano y acercándo-



Los imanes se atraen porque los campos magnéticos se funden en uno solo



Los imanes se repelen porque las líneas de flujo nunca pueden cruzarse. Al comprimirse actúan a modo de balistas.

los de forma que sus extremos queden encarados, notaremos una fuerza de repulsión cuando hayamos enfrentado polos de igual nombre.

Lo que ocurre es lo siguiente: cuando se enfrentan polos de nombre distinto, las líneas de flujo que salen del polo Norte de uno de los imanes tienden a penetrar por el polo Sur del otro. En realidad las líneas de flujo de ambos imanes tienden a fundirse en un solo campo magnético, de modo que al quedar en contacto el polo Sur de un imán con el Norte de otro, se forma un campo magnético común a los dos. Podemos decir que ambos imanes se comportan como uno solo.

Las líneas de flujo, lo hemos dicho, no pueden cruzarse; pero sí que pueden solidarizarse con las de otro imán cuando se encaran polos distintos.

Ahora supongamos dos imanes a los que se encara según polos del mismo nombre. Digamos que el polo Norte de ambos queda frente a frente. En este caso resulta difícil forzar su unión. Se halla una fuerza de repulsión que se deja notar de forma acusada. Comprenderemos esta repulsión si pensamos en que las líneas de flujo de ambos imanes salen precisamente de su correspondiente polo Norte y que, por lo mismo, llevan direcciones opuestas. Al acercar los dos imanes con polos del mismo nombre puestos de frente, las líneas de

flujo, que no pueden cruzarse, deberán comprimirse obligadas por la fuerza que ejercemos sobre los imanes para obligarlos a que se acerquen. Ocurre lo mismo que ocurriría si entre los dos imanes se encontrase un sistema de flejes que siguiese la

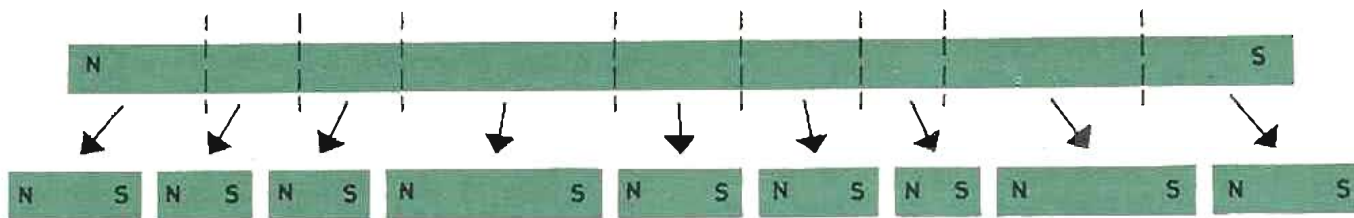
dirección de las líneas de flujo. Estos flejes actuarían a modo de muelles, que es lo que podemos considerar que hacen las líneas de flujo en los imanes que se enfrentan según los polos del mismo nombre.

## DIVISION DE UN IMAN - TEORIA MOLECULAR DEL MAGNETISMO

Supongamos un imán permanente en forma de barra. En este imán, claro, tendremos perfectamente situados sus polos y su zona neutra. ¿Qué ocurrirá si dividimos este imán en dos mitades iguales?... Pues ocurrirá que los polos de los nuevos imanes se situarán exactamente igual que como estaban en el imán de origen. Lo que era zona neutra del primer imán se convertirá en polo Sur

y polo Norte de los dos imanes que hemos obtenido por la división del primero.

Es decir: podemos dividir un imán tantas veces como queramos, con la seguridad de que cada uno de los imanes más pequeños que obtengamos seguirá comportándose como un imán cuyos polos están orientados según su situación en el imán de origen.



Por mucho que se divida un imán, los imanes parciales obtenidos mantienen la misma polaridad que el imán de origen.

Esta división, en teoría, puede prolongarse hasta que alcancemos el límite molecular. Es decir, que el imán más pequeño que en teoría podemos obtener será aquel que esté formado por una sola molécula del material que constituye el imán del que hemos hecho las divisiones. Este supuesto imán molecular seguirá orientando sus polos según la posición que ocupaban en el imán de partida.

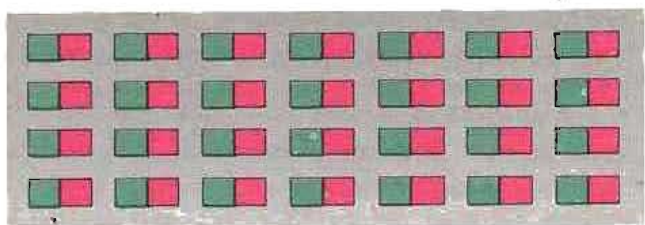
Según esto, una barra de acero imantado tendrá todas sus moléculas orientadas en el mismo

sentido, puesto que cada una de ellas se comporta como un diminuto imán cuyos polos están situados según la situación de los del imán total.

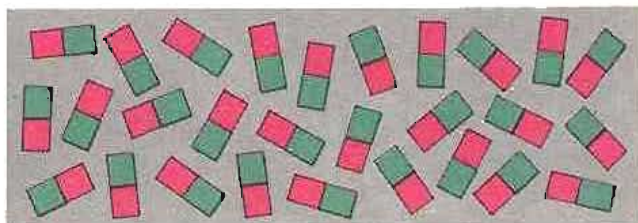
La diferencia íntima entre un metal con propiedades magnéticas y otro sin ellas está en esta orientación de sus moléculas.

Se considera que una barra de hierro o acero, por ejemplo, tiene originariamente una estructura molecular completamente anárquica, y que por la influencia de un campo magnético sus moléculas

Dirección del flujo magnético



Representación simbólica de una barra de acero imantado. Todas las moléculas están orientadas según la dirección del flujo magnético.



Barra de acero antes de someterse a la acción de un campo magnético.

Este sería el imán molecular.



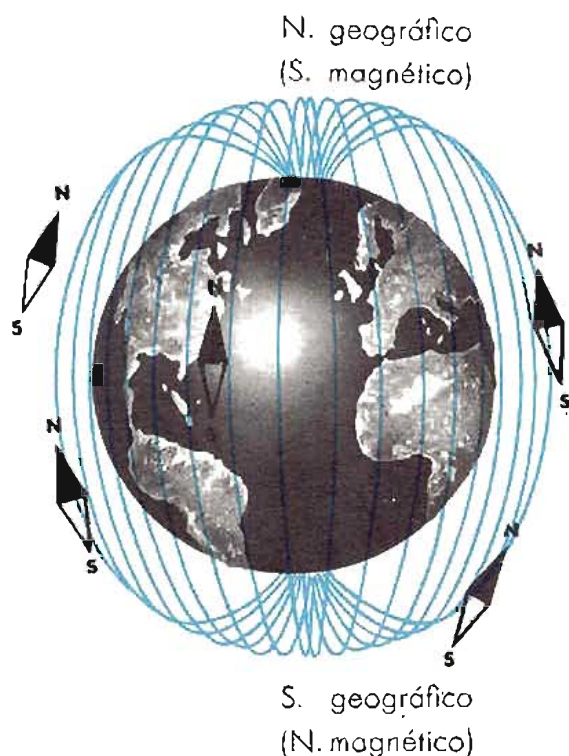
las se orientan según la dirección que marcan las líneas de flujo que penetran en la barra. Una vez las moléculas de acero se han orientado, aparecen en él las propiedades magnéticas... que desaparecen en cuanto el desorden vuelve a imperar en la estructura molecular. La diferencia entre

## MAGNETISMO TERRESTRE

Hemos venido hablando del polo Norte y del polo Sur de un imán; y es muy posible que se haya preguntado el porqué de esta denominación. La respuesta debe encontrarla al considerar que la Tierra se comporta como un gigantesco imán que influye en todos los imanes que en ella puedan encontrarse.

Es un hecho comprobado que la Tierra está rodeada por un enorme campo magnético cuyos polos están situados muy aproximadamente en los polos geográficos del Globo. Polo Norte y polo Sur de la Tierra corresponden casi exactamente con los polos Sur y Norte del campo magnético terrestre respectivamente.

Según la teoría molecular del magnetismo, todas las moléculas de un imán se orientan de acuerdo con el campo magnético que las afecta.



La tierra está rodeada por un enorme campo magnético que orienta todos los imanes.

los imanes permanentes y los temporales no estriba en otra cosa que en la mayor permanencia del orden molecular en los primeros y en la facilidad con que los segundos pierden la ordenación molecular provocada por un campo magnético.

Por ello podemos explicarnos la magnetización de una barra de hierro dulce cuando se somete a la influencia de un campo magnético.

De la misma forma podremos explicarnos que todo imán al que se permita libertad de movimiento (suspendiéndolo de un hilo, por ejemplo) se orientará de acuerdo con su situación dentro del campo magnético terrestre. Es decir: todo imán con libertad de movimiento se orientará de forma que señale la dirección Norte-Sur. Se llama POLO NORTE DE UN IMÁN AL EXTREMO QUE SEÑALE EL NORTE TERRESTRE, SIENDO EL POLO SUR EL QUE SEÑALA LA DIRECCIÓN DEL SUR GEOGRÁFICO. Esto es así, puesto que en realidad lo que señala el imán es a los polos magnéticos; y como éstos están invertidos respecto a los geográficos —es decir, el polo Sur magnético corresponde al Norte geográfico y viceversa—, nada más natural que el polo Norte del imán se oriente, por atracción, al Sur magnético, ya que son de distinto signo, o lo que es lo mismo al Norte geográfico.

Del mismo modo, el polo Sur del imán se orientará hacia el polo Norte magnético, lo que equivale a decir al polo Sur geográfico.

Por tanto, para determinar los polos de un imán, basta suspenderlo de un hilo y comprobar cuál de sus extremos señala el Norte geográfico. Este extremo será también el Norte del imán.

La brújula es la aplicación práctica más conocida de este fenómeno, debido al campo magnético terrestre.

La aguja de una brújula, mientras no se encuentre sometida a un campo magnético próximo a ella, señalará la dirección Norte-Sur. Con ello tenemos un infalible sistema de orientación.

# ELECTROMAGNETISMO

## MAGNETISMO POR CORRIENTE Y CORRIENTE POR MAGNETISMO

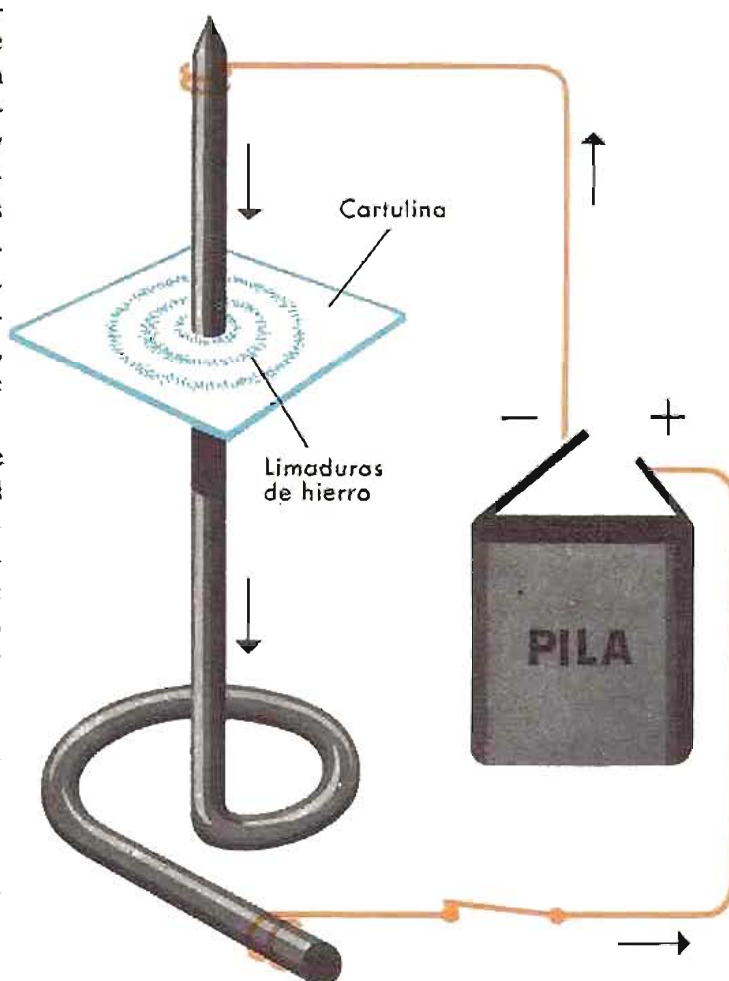
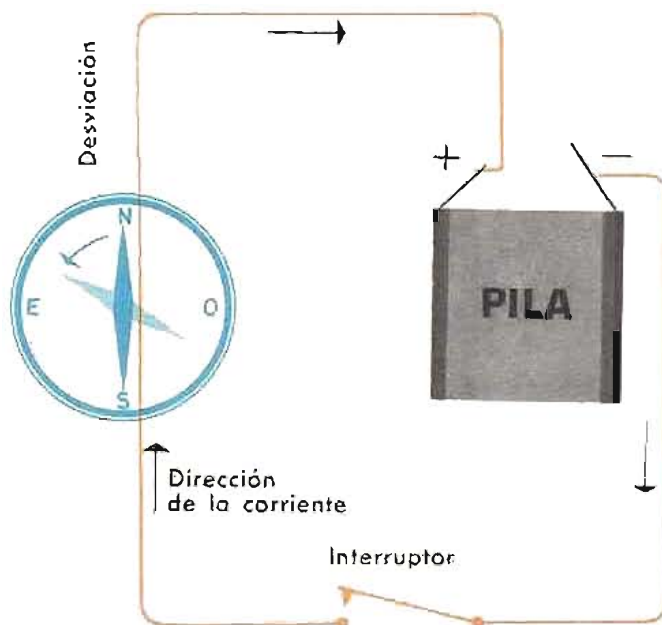
Acabamos de decir que la aguja de una brújula no se desviará de la dirección Norte-Sur mientras no actúe cerca de ella ningún campo magnético que pueda afectarla. Según esto, si la aguja de una brújula que apuntaba normalmente en la dirección Norte-Sur se desvía en otra dirección, tendremos una señal evidente de la existencia de un campo magnético que antes no la afectaba.

Hagamos un experimento para demostrar que una corriente eléctrica crea un campo magnético alrededor del conductor por el que circula. Para ello basta disponer de una fuente de corriente continua (una pila seca, por ejemplo), de una brújula y de un conductor, que muy bien puede ser un hilo de cobre un poco grueso, que podremos doblar con facilidad según nos convenga.

Con este material, dispongamos el circuito de la figura de la derecha (arriba). Mientras lo mantenemos abierto (mientras no circule la corriente), la brújula seguirá señalando el Norte; pero en cuanto accionemos el interruptor, observaremos una desviación de la brújula. Con ello queda demostrado que alrededor del conductor de cobre se ha creado un campo magnético capaz de afectar la aguja imantada de una brújula. Este sencillo experimento nos pone en contacto con una ciencia muy interesante para el radiotécnico: el electromagnetismo, o estudio de los fenómenos magnéticos producidos por medio de una corriente eléctrica.

Si aún queremos hacer más patente la existencia de un campo magnético que rodea un conductor por el que circula una corriente eléctrica, podemos valernos de las consabidas limaduras de hierro.

Disponga un conductor vertical que atraviese una cartulina, de modo que forme un plano en el cual podamos situar una buena cantidad de limaduras de hierro. Mientras por el conductor no circule ninguna corriente eléctrica, las limaduras permanecerán quietas; seguirán situadas tal como las hayamos dejado. Accionemos el interruptor que cierra el circuito y observaremos que las limaduras (sobre todo si se tiene la precaución de golpear ligeramente la cartulina sobre la que se encuentran) se sitúan formando círculos concéntricos, cuyo centro es el alambre de cobre que atraviesa la cartulina. Es evidente que la corriente eléctrica forma un campo magnético circular alrededor del conductor empleado.



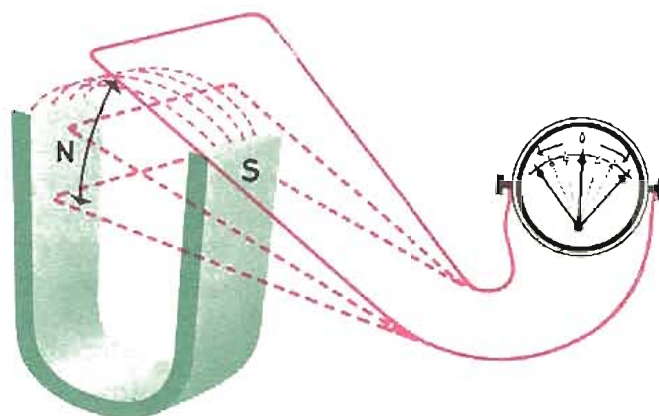
En vista de este fenómeno, cabe preguntarse si no puede darse el fenómeno contrario. Es decir: podemos pensar que si una corriente eléctrica es capaz de crear un campo magnético, también un campo magnético será capaz de crear una corriente eléctrica. Se trata de un fenómeno inverso al que acabamos de comprobar, y por lo mismo la suposición no es nada desatinado.

Pero es que no sólo no es un desatino, sino que muy fácilmente podemos comprobar que la suposición es cierta: un campo magnético es capaz de producir una corriente eléctrica.

Si se dispone de un imán de relativa potencia y de un aparato de medida de bastante sensibilidad, es muy fácil comprobar lo que acabamos de decir. Si conseguimos de algún modo que la aguja del aparato de medida indique el paso de una corriente, tendremos la evidencia que buscamos.

Tomemos el cable que hemos conectado a los dos bornes del aparato de medida y demosle un movimiento de vaivén cerca de los polos de un imán, de modo que corte las líneas de flujo que salen de los mismos. Si se da esta circunstancia (si el conductor corta las líneas de flujo), observaremos cómo la aguja del aparato de medida señala el paso de una corriente tantas veces como el hilo atraviese el campo magnético. La corriente tendrá un sentido u otro según que el hilo corte el campo del imán en sentido descendente o ascendente.

Por tanto podemos afirmar que, del mismo modo que una corriente eléctrica proporciona un



Dando al conductor un movimiento de vaivén a través del campo magnético, el galvanómetro nos señala el paso de corrientes de sentido inverso.

campo magnético, también un campo magnético, al ser cortado por un conductor en movimiento, origina una corriente.

Que un flujo eléctrico pueda convertirse en un flujo magnético y que un flujo magnético pueda convertirse en un flujo eléctrico, es una de las cosas más trascendentales de cuantas se han descubierto en el campo de la electricidad. Los que se dedican a ella, sea en el campo de la radio-difusión, sea en otra especialidad, no tardan mucho en percatarse.

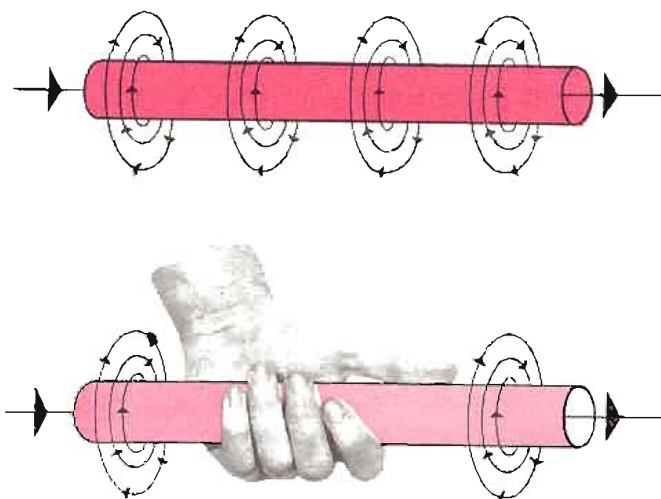
## SOLENOIDE - DIRECCION DEL CAMPO MAGNETICO

La dirección de un campo electromagnético creado alrededor de un conductor depende del sentido de la corriente eléctrica que lo origina, de modo que los campos electromagnéticos creados en dos conductores paralelos por una corriente que circula en ambos en el mismo sentido pueden anularse cuando por uno de los conductores hagamos pasar una corriente en sentido contrario.

Para determinar la dirección del campo electromagnético en un conductor, existe la llamada regla de la mano izquierda. Esta regla dice que:

SI UN CONDUCTOR SE TOMA CON LA MANO IZQUIERDA, DE MODO QUE EL DEDO PULGAR APUNTE EN LA DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE, LOS DEDOS QUE RODEAN EL CONDUCTOR SIGUEN LA DIRECCIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO.

Esto, claro, para un conductor recto. Pero resulta muy interesante ver lo que ocurre cuando se da la forma de espira al conductor. En este



Representación gráfica de la regla de la mano izquierda para saber la dirección del campo magnético de un conductor.

caso, las líneas de flujo del campo magnético creado en el conductor entran y salen todas en la misma dirección y sentido. El campo magnético existente alrededor del conductor en forma de espira se comporta exactamente igual que un imán débil, cuyo polo Norte se encontrará en la dirección en que las líneas de fuerza salen de la espira.

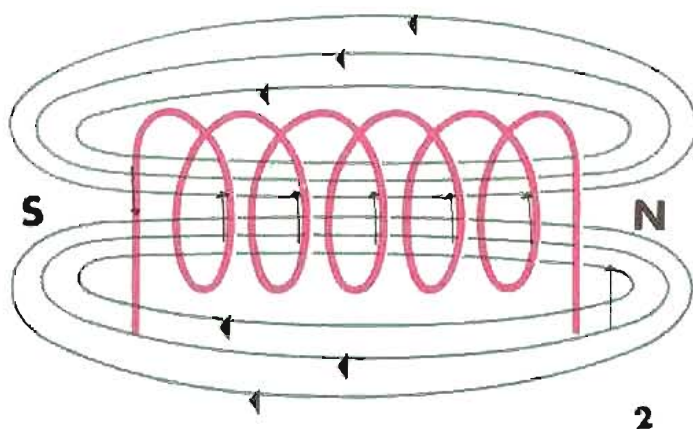
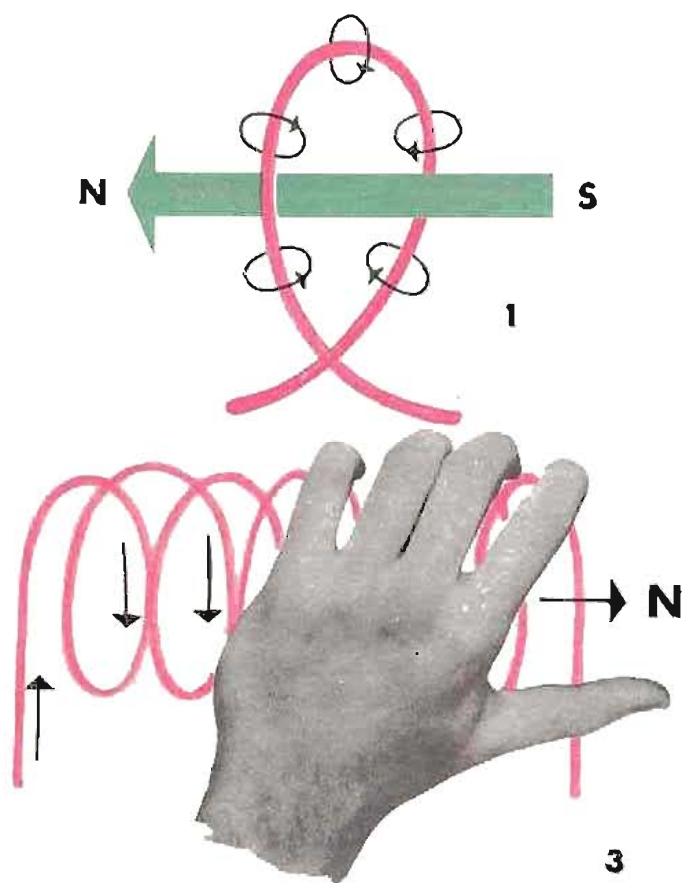
El imán formado por una sola espira, acabamos de decirlo, será muy débil; pero si en vez de una espira formamos con el conductor lo que llamamos un solenoide o bobina, evidentemente sumaremos la fuerza de todos los pequeños imanes formados por cada una de sus espiras.

Sin embargo, para que el flujo magnético producido por un solenoide sea realmente la suma de los flujos producidos por cada una de sus espiras,

es necesario que éstas estén muy próximas entre sí.

Un solenoide, ciertamente, se comporta exactamente igual que un imán. El campo magnético que genera es igual en todo al campo magnético de un imán permanente. Un solenoide, pues, tiene polo Norte y polo Sur, lo mismo que cualquier imán.

Para determinar cuál es la situación del polo Norte de un solenoide, existe también una regla de la mano izquierda. Esta regla dice: Si se colocan los dedos de la mano izquierda sobre la bobina de modo que sigan la misma dirección de la corriente que por ella circula, el pulgar extendido señalará el Norte.



1. Campo magnético creado por una sola espira.
2. Campo magnético creado por un solenoide. Observe cómo es exactamente igual al campo magnético creado por un imán en forma de barra.
3. Regla de la mano izquierda para conocer la dirección del campo magnético creado por un solenoide.

## INDUCCION MAGNETICA - PERMEABILIDAD MAGNETICA

Si en las inmediaciones del campo magnético creado por un solenoide situamos un trozo de hierro dulce, este hierro se convierte en un imán. Ya hemos hablado de la influencia que todo campo magnético ejerce sobre las sustancias fácilmente magnetizables (el hierro sobre todo). Ha llegado el momento de decir que este fenómeno, por el cual el hierro u otro metal apto adquieren propiedades magnéticas al encontrarse bajo la in-

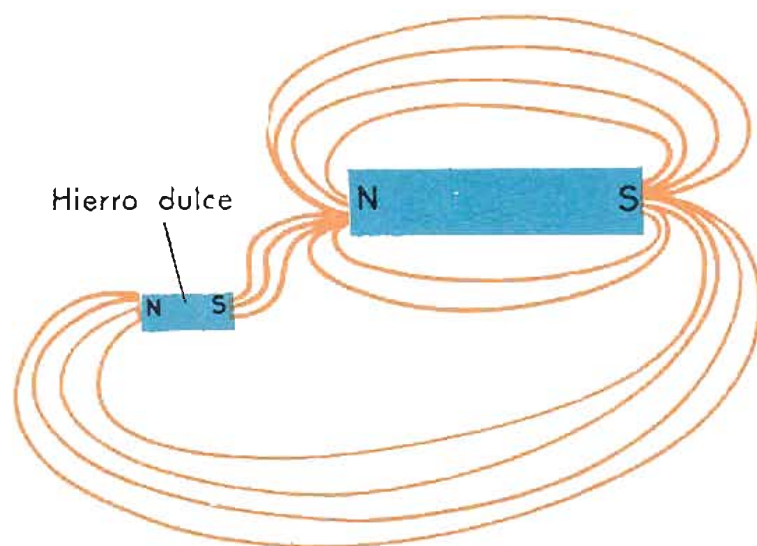
fluencia de un campo creado por otro imán o solenoide, recibe el nombre de INDUCCIÓN MAGNÉTICA.

Esta inducción lleva consigo una perturbación del campo magnético primario, perturbación que se pone de manifiesto en cuanto podemos apreciar la desviación que sufren las líneas de flujo del campo magnético que afecta la sustancia que se magnetiza por inducción. Si —por el consabido sistema de las limaduras de hierro— obtenemos

el espectro del campo magnético creado cuando cerca de un imán situamos una barra de sustancia ferromagnética, observaremos que las líneas de flujo del imán primario varían su dirección normal para introducirse en gran número por lo que será el polo Sur del nuevo imán. Es decir: *el flujo que atraviesa cualquier sección de la sustancia ferromagnética afectada por la inducción, es muy superior al flujo que atraviesa una sección igual de aire.*

Esta mayor concentración de flujo magnético en el hierro se explica diciendo que el hierro es una sustancia más permeable que el aire con respecto al flujo magnético. Las sustancias, pues, serán más o menos permeables a un flujo magnético, según la mayor o menor concentración de líneas de fuerza que puedan admitir.

Todo campo magnético en cuyas inmediaciones existan cuerpos extraños al imán que lo produce, modificará sus líneas de flujo, según la mayor o menor permeabilidad magnética de dichos cuerpos.



Debido a la inducción magnética se perturba el campo del imán.

## INDUCCION ELECTROMAGNETICA

Analicemos ahora, en forma un poco más detallada, la experiencia que hemos supuesto realizar con un imán de herradura y un conductor cuyos extremos estaban unidos a los bornes de un galvanómetro.

Dicha experiencia demostró que, cuando se movía el conductor de forma que cortase las líneas de flujo, aparecía una corriente — llamada corriente inducida — en el circuito que formaban el conductor y el galvanómetro.

Pues bien: dichos elementos forman un bucle o espira cerrada. Cuando el conductor se hace entrar entre los polos del imán se consigue que las líneas de fuerza del campo magnético pasen por el interior de la espira. Por lo contrario, cuando se ha extraído la espira ninguna línea de fuerza la atraviesa.

En el primer caso, el flujo magnético *a través de la espira* tiene un valor determinado, que no es otra cosa que el número de líneas de fuerza que atraviesan la espira; valor que, como es lógico, es tanto mayor cuanto mayor sea la potencia del imán.

En el segundo caso — es decir, cuando la espira no está intercalada en el camino de las líneas de fuerza — el flujo que atraviesa la bobina es nulo.

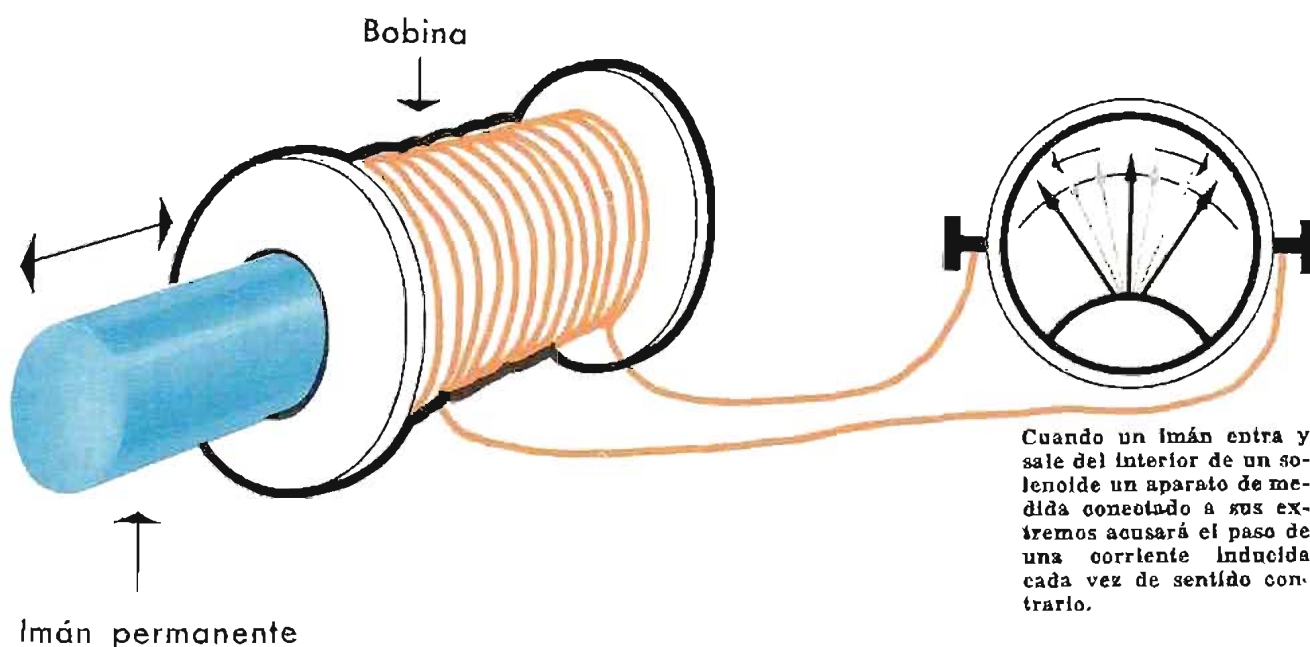
En definitiva, lo que de ello resulta es que la aparición de corrientes inducidas en la espira,

cuando se hace pasar el conductor entre los polos del imán, se debe en esencia a que se ha conseguido variar el flujo que atraviesa la espira. En otras palabras, a que se ha hecho variar el número de líneas de fuerza que pasan por el interior de la espira en cuestión.

Tiene suma importancia advertir que sólo se produce corriente inducida cuando varía el flujo a través de la espira. A su vez, no depende en nada del flujo que existe en la espira, sino de las variaciones que experimenta dicho flujo. Así, pues, si detenemos el movimiento de la espira en el momento en que se halle entre los polos del imán, a pesar de que el flujo tiene un valor importante, no se produce ninguna variación y por consecuencia tampoco se produce ninguna corriente inducida.

Más aún: la aparición de corriente inducida no sólo está ligada a las variaciones del flujo a través de la espira, SINO QUE EL VALOR DE LA TENSIÓN DE DICHA CORRIENTE ES PROPORCIONAL A LA RAPIDEZ CON QUE VARÍE EL FLUJO. Es fácil advertir que las oscilaciones de la aguja del galvanómetro son tanto más amplias según con cuánta rapidez se introduzca o se extraiga el hilo (es decir, la espira) entre los polos del imán.

Lo mismo sucede en lo relativo a la potencia del imán. Cuanto más potente sea éste, mayor será el flujo total, y por tanto mayor será la variación



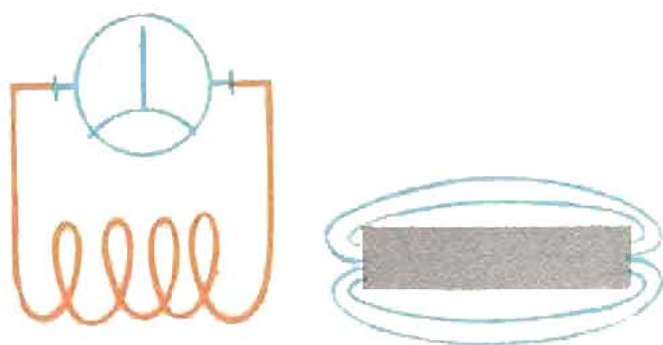
que se produzca al pasar el hilo de una posición a otra.

Existe un modo de aumentar la importancia de las corrientes inducidas, sin que para ello se precise que el imán sea más potente ni que la espira se mueva con mayor rapidez. Basta con devanar el hilo de modo que forme varias espiras antes de unir sus extremos al galvanómetro. De esta forma se suma el efecto de cada una de las espiras, lo que en total equivale a multiplicar el efecto por dos, por tres, o por la cifra que exprese la cantidad de espiras que se han devanado.

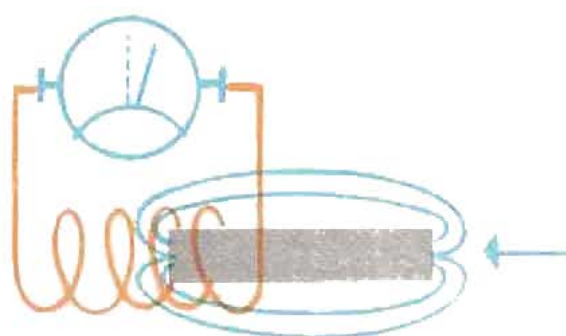
Así, pues, tres son las razones que hacen aumentar el valor de la corriente inducida:

- a) El número de espiras de la bobina;
- b) La rapidez con que se mueva la bobina o espira;
- c) La potencia del imán.

Sin duda usted ha llegado a la deducción de que, puesto que las corrientes inducidas se producen cuando varía la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan una espira o un solenoide, se conseguiría el mismo efecto si la espira se mantuviese quieta y en su lugar se moviese el imán.



El imán y el solenoide están inmóviles.  
Ninguna línea de fuerza corta el solenoide.

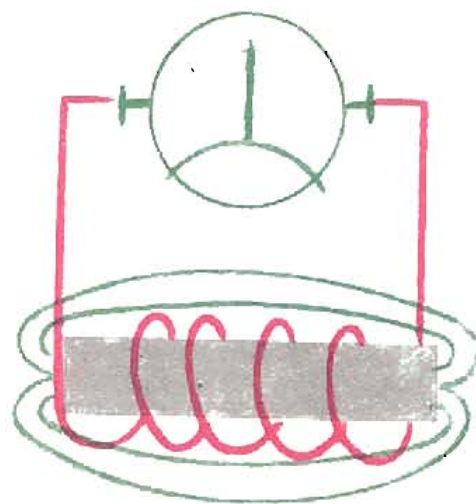


Sólo se manifiestan corrientes inducidas cuando el imán se introduce en la bobina (o se extrae), porque entonces existe una variación.

Así es, en efecto; y la explicación resulta más clara, por lo que en los ejemplos sucesivos supondremos la existencia de un imán recto, móvil, y un solenoide inmóvil.

Lo mismo que en el caso anterior, si el imán se inmoviliza entre las espiras del solenoide no se aprecia corriente inducida en el circuito, puesto que ha cesado la variación que la producía.

Cuando el imán se halla en el interior del solenoide, está atravesado por todas las líneas de fuerza. Sin embargo, no se produce corriente inducida porque ambos elementos están inmóviles: no hay variación.



## INDUCCION MUTUA

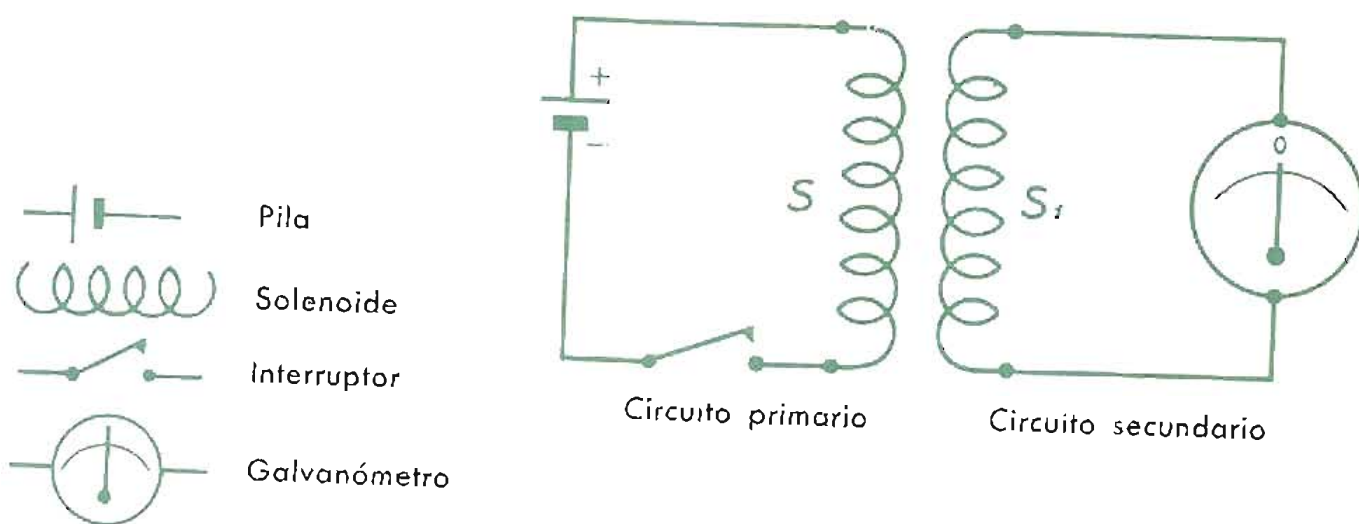
En todo lo explicado hasta ahora se ha supuesto la existencia de un elemento móvil — fuese el solenoide o el imán —. Para que se produjesen corrientes inducidas era necesario que existiesen variaciones en el flujo; variaciones provocadas por el corte de las líneas de fuerza.

Lo esencial, pues, es que varíe el campo magnético en la zona que ocupa el solenoide. Y ¿no existirá alguna otra manera de lograrlo? Sí; existe. No precisamos valernos de un imán, sino de otro solenoide por el que circule una corriente variable, que podemos obtener con facilidad si conectamos una pila a sus extremos y por medio de un interruptor abrimos y cerramos el circuito.

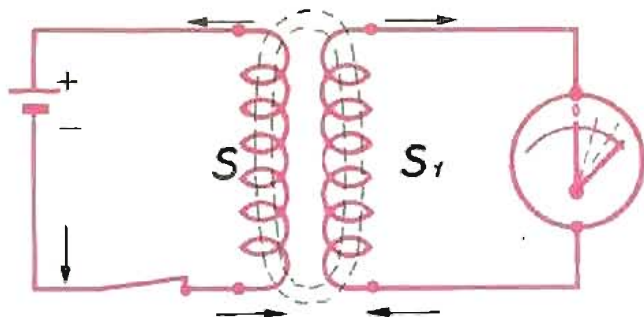
Puesto que la corriente que alimenta a este

solenoide es variable, como consecuencia también varía el flujo magnético que crea. Si en el interior de dicho solenoide, o a su lado, colocamos otro, este segundo solenoide será atravesado por un flujo variable. El resultado es que en él se produce una corriente inducida.

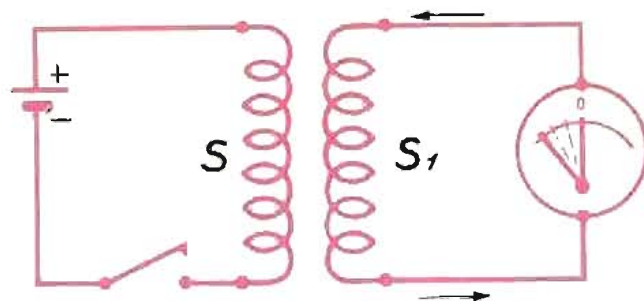
Acostumbra llamarse inductor (o PRIMARIO) al primer solenoide. El segundo recibe el nombre de inducido (o SECUNDARIO). Se dice que entre ambos existe INDUCCIÓN MUTUA, y ello por la sencilla razón de que sus funciones son intercambiables. Es decir, en el supuesto de que se utilizase el solenoide del interior para crear el flujo magnético variable, las corrientes inducidas aparecerían en el solenoide del exterior.



Cuando el interruptor permanece abierto el campo magnético es igual a cero. Como el flujo a través de  $S_2$  es nulo, no aparecen corrientes inducidas.



En el instante en que se cierra el interruptor se establece un campo magnético. El flujo que atraviesa  $S$ , ha variado desde cero hasta un determinado valor. El galvanómetro acusa esa variación por un movimiento brusco de su aguja. Si se mantiene cerrado el interruptor, cesan las variaciones porque el flujo es constante; la aguja retorna al cero.



Al abrir el interruptor el flujo disminuye y por fin se anula. Mientras dura esta variación, la aguja del galvanómetro registra el paso de una corriente, que ahora tiene sentido contrario al de la anterior.

## AUTOINDUCCION - INDUCTANCIAS

Todo conductor situado dentro de un campo magnético sufre las consecuencias de su inducción: ya lo sabemos, ¿verdad?

Pero cabe preguntarse si en una bobina no se encuentra un fenómeno de inducción dentro de sus mismas espiras, producido por el campo magnético que ha creado en cada una de ellas, y que por fuerza debe influir en las espiras anterior y posterior y en ella misma.

Ciertamente, este fenómeno se da y ha sido perfectamente comprobado. Cada una de las espiras de un solenoide experimenta la inducción producida por el campo magnético creado en la espira que le precede y en la que le antecede. Dicho de otra forma: todas las espiras de una bobina están sometidas a la inducción provocada por su propio campo magnético.

Variando la corriente del circuito en que figura una bobina, se producirá un efecto de inducción en la misma debida a la variación del campo magnético de cada una de sus espiras.

Este fenómeno se conoce con el nombre de AUTOINDUCCIÓN y se traduce en la aparición de una nueva fuerza electromotriz, que se hace más ostensible cuando más juntas están las espiras del solenoide y cuanto más numerosas son. Por eso la autoinducción es máxima en las bobinas y mínima en los conductores normales.

Para comprobar los distintos efectos de la autoinducción en distintos conductores, se toma un COEFICIENTE DE INDUCCIÓN, llamado también INDUCTANCIA.

La inductancia—nombre con que también se denominan las bobinas destinadas a producirla—no es más que la facultad de producir una autoinducción en una bobina. Una bobina construida

para que en un circuito se manifieste un fenómeno de autoinducción se llama *una inductancia*.

Para comprender los efectos de las inductancias (bobinas de autoinducción) puede proponerse un símil mecánico, porque la autoinducción viene a ser algo así como la inercia de la electricidad. Usted sabe que, por inercia, el volante de una máquina no se para instantáneamente aunque se anule la fuerza que lo ha puesto en movimiento; así como tampoco ese mismo volante girará instantáneamente a la velocidad requerida en el momento en que sobre él se aplique.

De la misma forma, la intensidad de la corriente se adquiere en un tiempo más o menos largo según sean las características del circuito, tiempo que viene fijado por la autoinducción. Según eso, cuando abrimos un circuito la corriente no cesa instantáneamente, sino que por un espacio de tiempo (que generalmente es cortísimo) el fenómeno de la autoinducción hace que siga la corriente. De la misma forma, al cerrar un circuito, la autoinducción impide que la intensidad que la corriente debe adquirir alcance el valor máximo de forma instantánea.

En muchos aparatos de radio puede apreciarse este fenómeno con mucha claridad. Se da el caso de que al accionar el interruptor para que el aparato deje de funcionar, aún deja escuchar dos o tres palabras o un compás de música. Evidentemente, estas palabras de más no se deben al paso de la corriente exterior del aparato, sino que se deben a la electricidad autoinducida en sus inductancias, entre otras causas.

La inductancia de una bobina depende de muchos factores; uno de ellos es el número de espiras de que consta.

## EL GENERADOR ELECTROMAGNETICO ELEMENTAL - REPRESENTACION GRAFICA DE LA C.A.

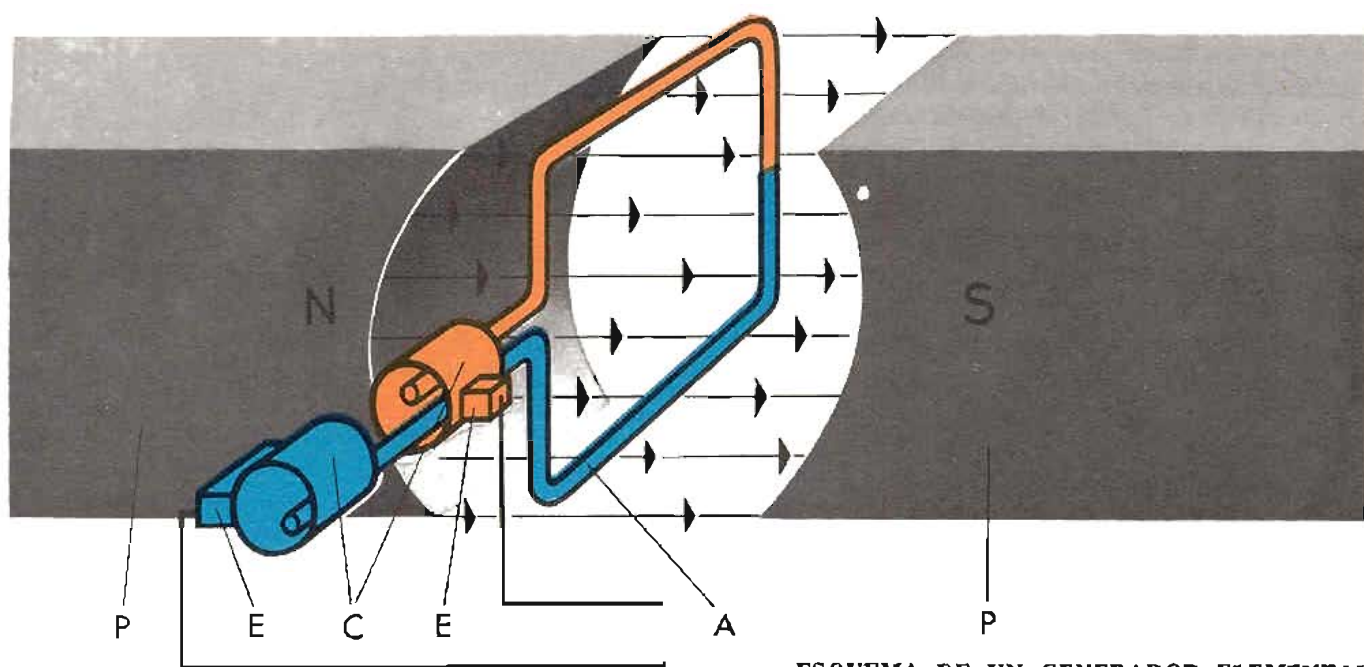
Los generadores de corriente que actúan por calor o por acción química (pares termoeléctricos y pilas) proporcionan un flujo de corriente constante en el tiempo. Estos generadores proporcionan una fuerza electromotriz (f.e.m.) constante. Son generadores de corriente continua que se fundan en la diferencia de potencial que puede crearse entre dos bornes, sea por medio de una acción química, sea por la intervención del calor.

Acabamos de ver que la inducción electromagnética es capaz de proporcionar una corriente. En cuanto un conductor o solenoide corta las líneas de flujo de un campo magnético, aparece una corriente inducida. Sabemos también que esta corriente es alterna, puesto que varía de sentido a cada variación del flujo del campo, comprobable con el correspondiente aparato de medida.

Aprovechando la circunstancia de que cuando un conductor corta las líneas de flujo de un campo magnético produce en él una variación que se traduce en una corriente eléctrica, se han creado los generadores de corriente alterna.

Vamos a explicar cómo funciona un generador elemental.

Este generador consta de unas *piezas polares*, que no son nada más sino los polos Norte y Sur de un imán. En el interior del campo magnético producido por las piezas polares gira una espira de alambre, llamada *armadura*, conectada a unos anillos terminales llamados *colectores* que giran juntamente con ella. Unas piezas de carbón u otro material buen conductor están en contacto con los anillos colectores para llevar la corriente inducida al circuito externo: son las *escobillas*.



ESQUEMA DE UN GENERADOR ELEMENTAL DE CORRIENTE ALTERNA.

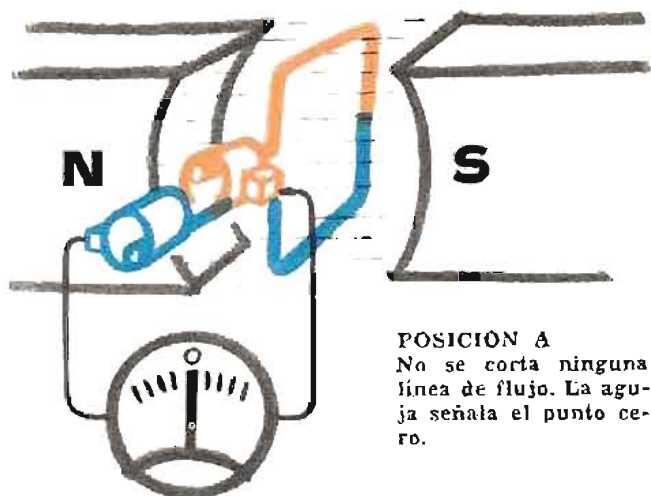
P. — Piezas polares. A. — Armadura. C. — Colectores. E. — Escobillas

### Cómo funciona el generador elemental

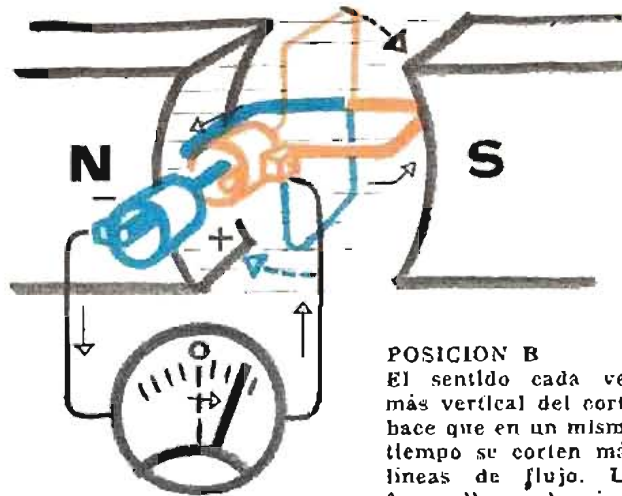
**POSICIÓN A.** — Cuando la armadura está en esta posición los hilos, que para mayor claridad hemos dibujado en rojo y en azul, quedan perpendiculares al campo magnético; puede considerarse que en el instante en que se encuentran situados así se mueven en sentido paralelo al campo

magnético. El resultado es que los conductores no cortan ninguna de las líneas de fuerza del imán. Por tanto, no hay inducción y el aparato conectado al circuito exterior no acusa ningún paso de corriente; se mantiene en cero.

**POSICIÓN B.** — La espira ha dado un giro de



**POSICIÓN A**  
No se corta ninguna línea de flujo. La aguja señala el punto cero.



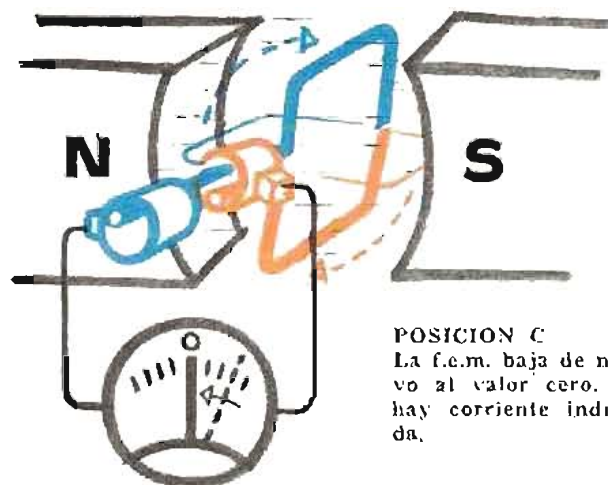
**POSICIÓN B**  
El sentido cada vez más vertical del corte hace que en un mismo tiempo se corten más líneas de flujo. La f.e.m. llega al máximo.

90°, con lo cual ha pasado de una posición en que no cortaba ninguna línea de fuerza a otra posición en que ha cortado la totalidad del flujo magnético del imán. Observe cómo para alcanzar esta nueva posición el conductor rojo ha cortado la mitad del campo en sentido descendente, mientras que el conductor azul lo ha cortado en sentido ascendente. Durante este giro ha existido una inducción, que el aparato de medida ha acusado desplazando su aguja hasta un máximo, todo ello en un tiempo determinado. La f.e.m. ha aumentado desde cero a un determinado valor.

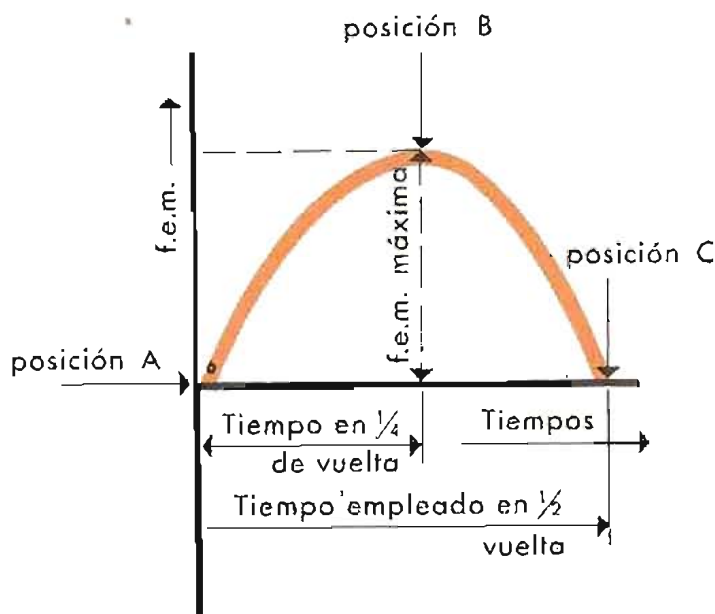
**Posición C.**— En esta posición el conductor azul está arriba y el rojo abajo; pero considerando en conjunto la armadura vuelve a estar en una posición en que no experimenta ninguna inducción. Es decir: hemos pasado de una f.e.m. máxima correspondiente a la posición B a un valor cero. Todo ello en un período de tiempo igual al empleado para que la espira alcanzase la posición B, ya que suponemos que la velocidad de giro de la armadura es uniforme.

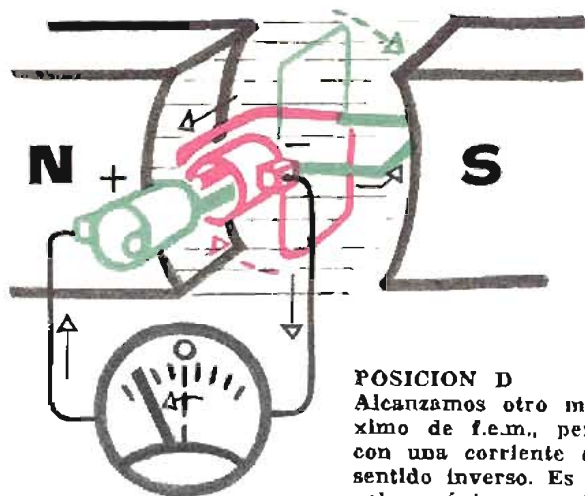
Si queremos representar gráficamente el período que va desde la posición A a la posición C, deberemos tomar un eje horizontal que represente los periodos de tiempo y un eje vertical sobre el que señalaremos los distintos valores de la f.e.m. o diferencia de potencial.

Suponiendo la posición A como posición de partida, estaremos en el tiempo cero y f.e.m. cero. La f.e.m. irá aumentando a medida que nos acerquemos a la posición B, donde tendremos un máximo para la f.e.m. inducida. Este máximo será el que señale el aparato de medida conectado al exterior. Desde este máximo, la curva bajará para alcanzar otra vez el valor cero, en el mismo tiempo invertido para alcanzar el máximo.

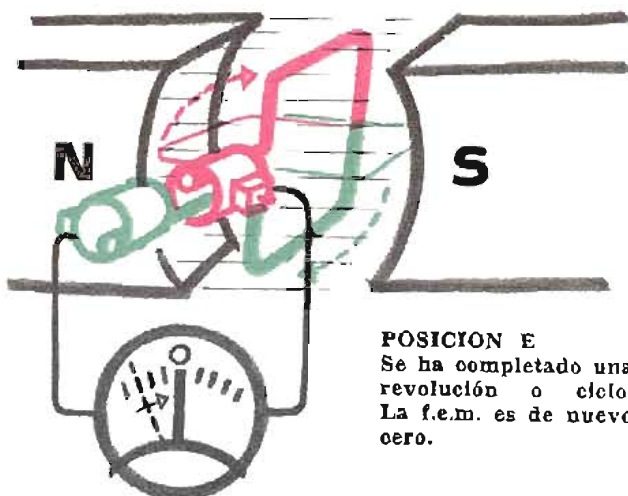


**POSICIÓN C**  
La f.e.m. baja de nuevo al valor cero. No hay corriente inducida.





**POSICION D**  
Alcanzamos otro máximo de f.e.m., pero con una corriente de sentido inverso. Es el valor máximo negativo.



**POSICION E**  
Se ha completado una revolución o ciclo. La f.e.m. es de nuevo cero.

**POSICIÓN D.** — Estamos otra vez en una posición de máxima inducción; pero aquí debemos observar que mientras en el paso de A a C el conductor rojo giraba en sentido descendente, ahora lo hace en sentido ascendente. Con ello se provoca un cambio de polaridad en los conductores rojo y azul, de modo que la corriente inducida es de sentido contrario al anterior. Las flechas del gráfico correspondiente indican este cambio de dirección, que en el aparato de medida apreciaremos por el hecho de que su aguja se dirige desde el cero a los valores negativos.

**POSICIÓN E.** — Estamos de nuevo en la posición de inducción nula; cero de f.e.m. Con ello hemos completado el ciclo, puesto que la armadura del generador ha dado una revolución completa.

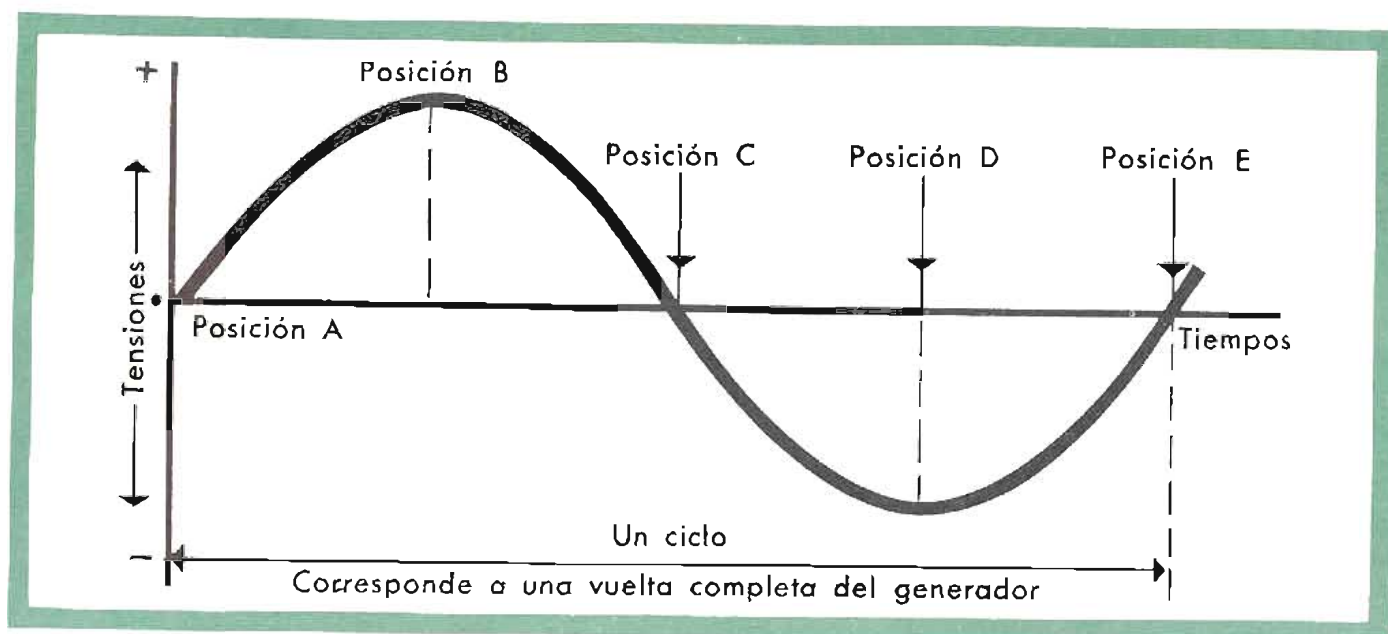
La gráfica correspondiente a las posiciones D y E será exactamente igual a la anterior, pero señalando valores negativos para la f.e.m.

Considerando el ciclo completo, la curva correspondiente a una corriente alterna toma la forma de una sinusoide.

El valor de la f.e.m. producida por un generador de corriente alterna depende de la intensidad del campo en que se mueve la armadura, del número de espiras que tenga y de su velocidad de giro.

Si nos fijamos en el gráfico de una corriente alterna, nos daremos cuenta de que una bombilla situada en un circuito con este tipo de corriente forzosamente produce una luz intermitente. Es decir:

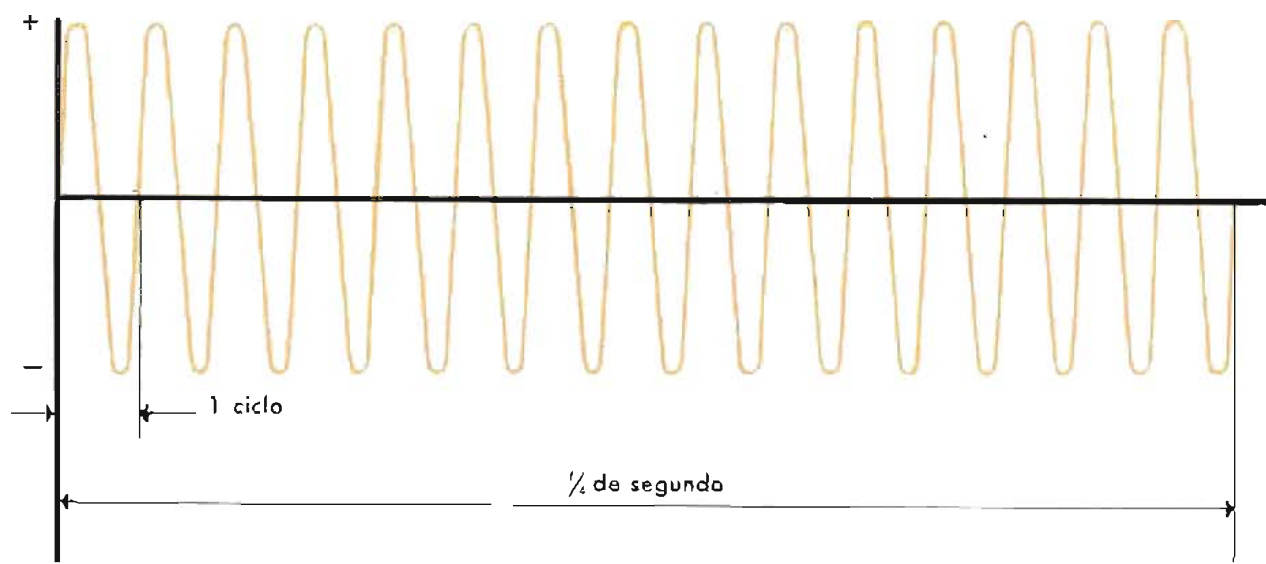
Cuando el generador se encuentre en las posiciones A, C y E, la bombilla debe permanecer apagada, puesto que se trata de momentos en los cuales la tensión es cero.



Entonces, ¿por qué, en nuestras casas, en las que la corriente es alterna (excepto en casos muy excepcionales), las bombillas dan una luz continua?... La verdad es que la continuidad es sólo aparente, puesto que en realidad la luz es intermitente. Además, quedan los factores de la inercia térmica del filamento y de que nuestra vista es incapaz de apreciar un número elevado de variaciones en el flujo luminoso.

El concepto de la frecuencia de una corriente alterna es muy importante:

LLAMAMOS FRECUENCIA AL NÚMERO DE CICLOS QUE SE PRODUCEN EN LA UNIDAD DE TIEMPO. Por unidad de tiempo se toma el segundo. Según eso, cuando



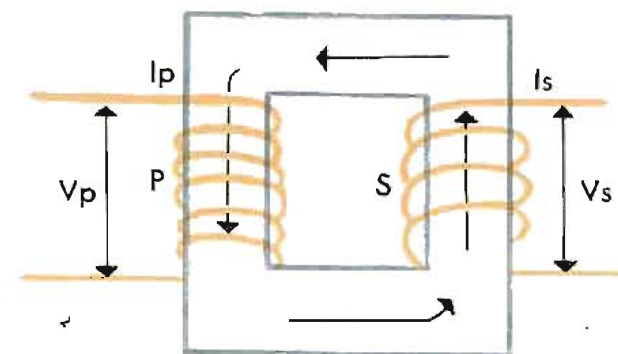
Representación gráfica de una corriente alterna de 60 ciclos por segundo. Representamos solamente la gráfica que corresponde a un cuarto de segundo, o sea a 15 ciclos.

## EL PRINCIPIO DEL TRANSFORMADOR

Como ha visto, la corriente alterna varía constantemente. Por tanto, si se aplica a un solenoide produce un flujo magnético también variable. Es la corriente ideal para la realización de experimentos sobre inducción mutua. Y no sólo eso, sino que, como verá dentro de muy poco, sus aplicaciones prácticas tienen enorme utilidad en todos los campos de la electricidad.

Una corriente está caracterizada, según sabemos, por su tensión (V) y por su intensidad (I). Pues bien, existe un aparato llamado TRANSFORMADOR por medio del cual se consigue transformar una corriente alterna de determinada tensión e intensidad en otra corriente, también alterna, de valores diferentes.

En esencia, un transformador está constituido por un par de devanados, por lo general enrollados sobre un núcleo de hierro. Uno de estos devanados es el primario, al que aplicamos la corrien-



Representación semiesquemática de un transformador. Vea los factores que intervienen en el cálculo.

te que deseamos transformar; el otro es el secundario, en el que obtenemos la corriente transformada de acuerdo con nuestras necesidades.

El núcleo de hierro sirve para canalizar las líneas de fuerza del campo creado por el primario, lo que consigue por su gran permeabilidad, y hacer que en su totalidad atraviesen el secundario.

En estas circunstancias, y dado que el mismo flujo atraviesa los dos devanados, sus variaciones les afectan por igual. Así, pues, la relación entre la tensión en el primario ( $V_p$ ) y el secundario ( $V_s$ ) depende de la que existe entre la cantidad de espiras con que están formados uno y otro.

Si el secundario tiene *más espiras* que el primario, la tensión que proporcione ( $V_s$ ) es mayor que la que se aplica al primario ( $V_p$ ). Puede decirse que la relación es elevadora.

A la inversa, si el secundario tiene *menos espiras* que el primario, la tensión que proporcione ( $V_s$ ) es menor que la aplicada ( $V_p$ ). La relación es reductora.

Y ¿qué sucede si primario y secundario tienen el mismo número de espiras? Lo ha adivinado: que  $V_s$  y  $V_p$  son idénticas.

En definitiva, en un transformador se cumple siempre la relación

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s},$$

en la que

$N_p$  = número de espiras del primario;

$N_s$  = número de espiras del secundario.

Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que la potencia de una corriente eléctrica —es decir, la

energía por unidad de tiempo—es el producto de la tensión por la intensidad:

$$W = V \cdot I$$

y que, en virtud del principio de conservación de la energía, la potencia debe ser igual en el primario que en el secundario. Por tanto, resulta que

$$V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s$$

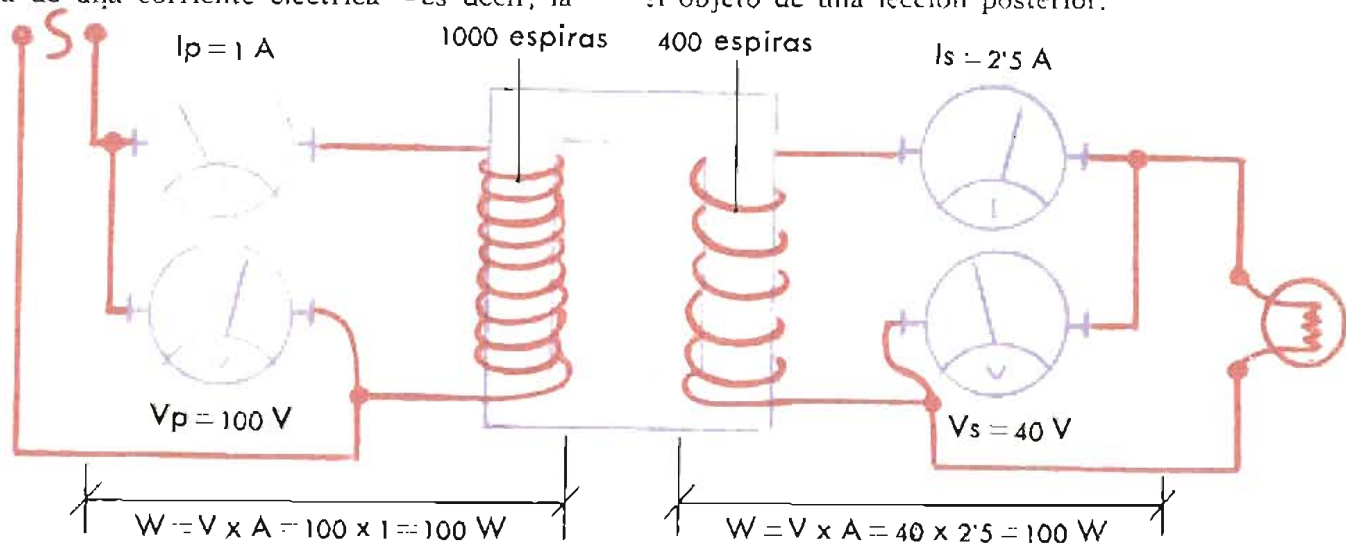
Así, existe esta relación entre la intensidad  $I_p$  y la  $I_s$ :

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

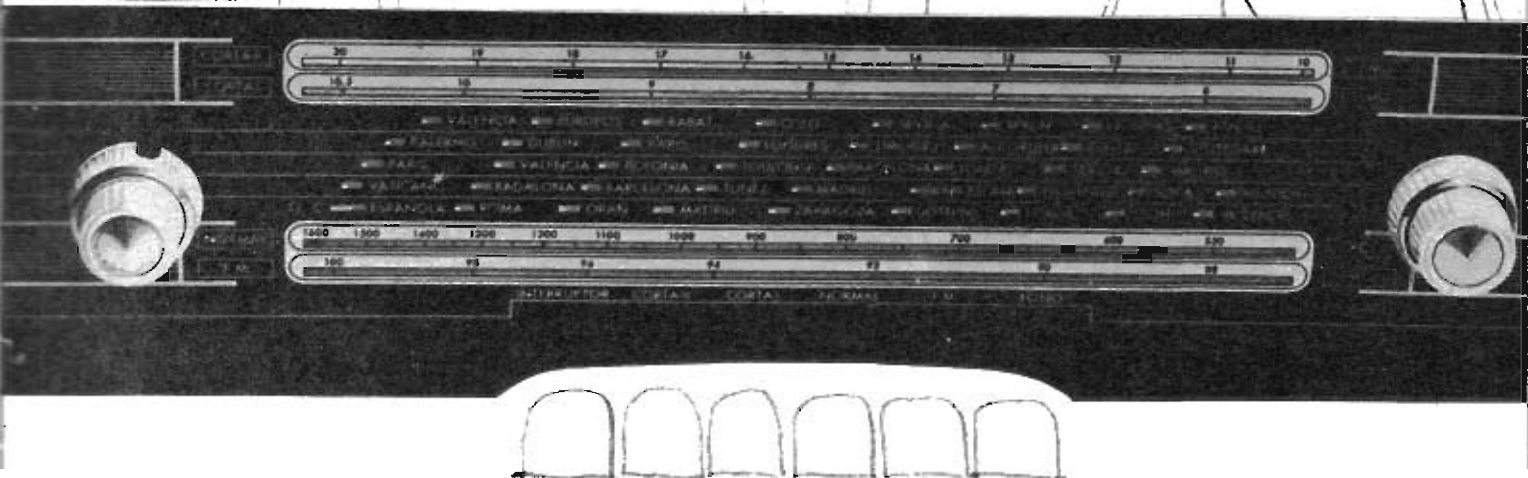
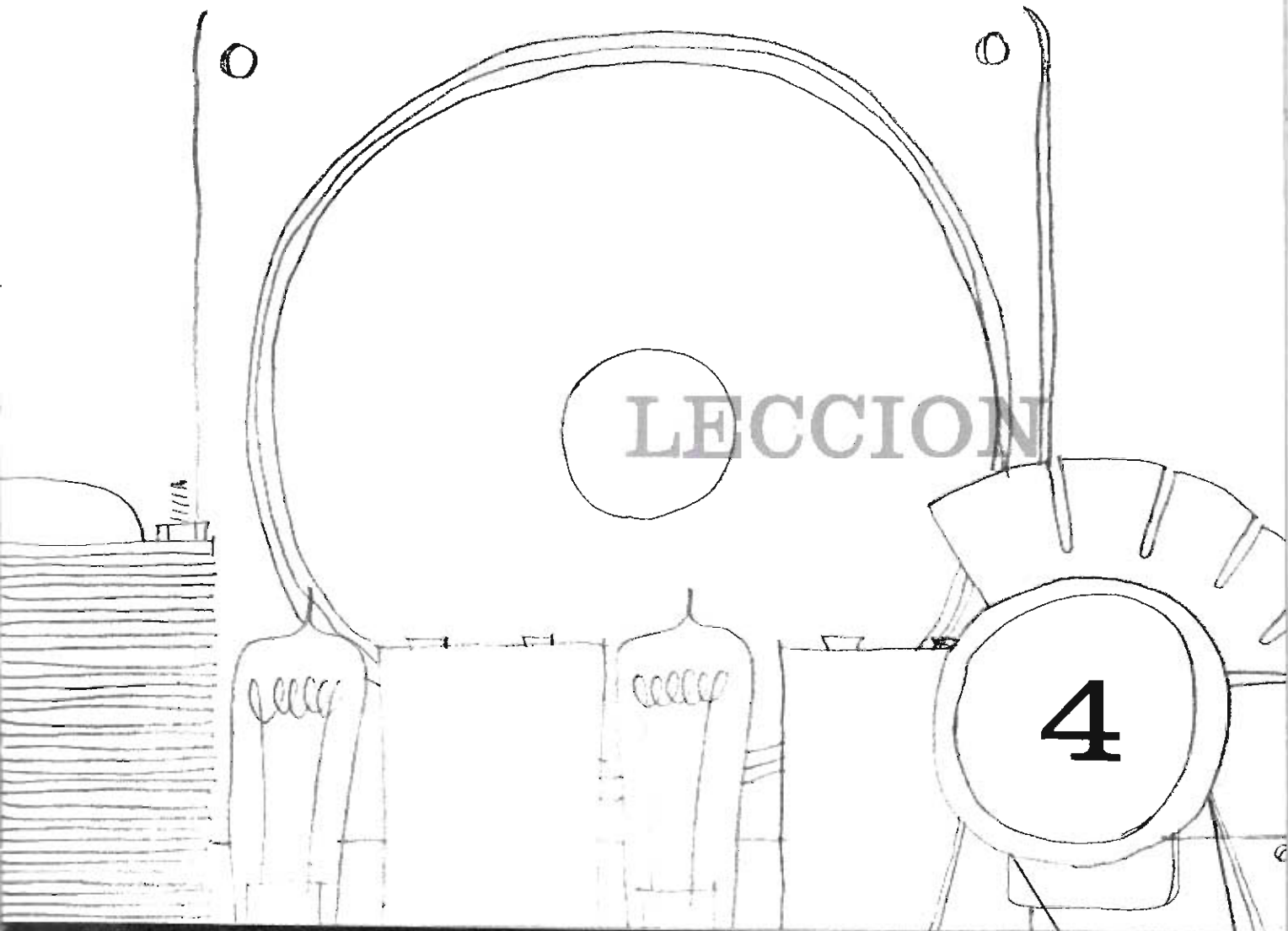
De forma que, como la potencia es igual, la intensidad varía de forma contraria que la tensión. Por tanto, si el primario tiene mayor número de espiras que el secundario, la intensidad en este último ( $I_s$ ) es mayor que en el primario ( $I_p$ ).

La figura que sigue aclara este punto. Un generador de corriente alterna está aplicado a un primario que tiene más espiras que el secundario. En cada uno de estos circuitos están intercalados un voltímetro y un amperímetro. Observe que la tensión es mayor en el primario que en el secundario; pero que, por lo contrario, la intensidad es mayor en el secundario. Tómese la molestia de efectuar unos sencillos cálculos y verá que, de todos modos, no se ha perdido potencia...

Mejor dicho, no se ha perdido potencia en teoría. En la práctica intervienen en el cálculo de los transformadores ciertos factores—como por ejemplo pérdidas debidas a distintas causas—que deben tenerse en cuenta, y cuyo estudio será el objeto de una lección posterior.



Representación semiesquemática de un transformador. El núcleo canaliza las líneas de fuerza para evitar su dispersión. La tensión y la intensidad en el secundario dependen de la relación que tenga su número de espiras con respecto al del primario. He aquí la demostración de que la potencia aplicada al primario es igual que la que proporciona el secundario de un transformador: el producto de  $V \times I$  es idéntico en las dos ramas.



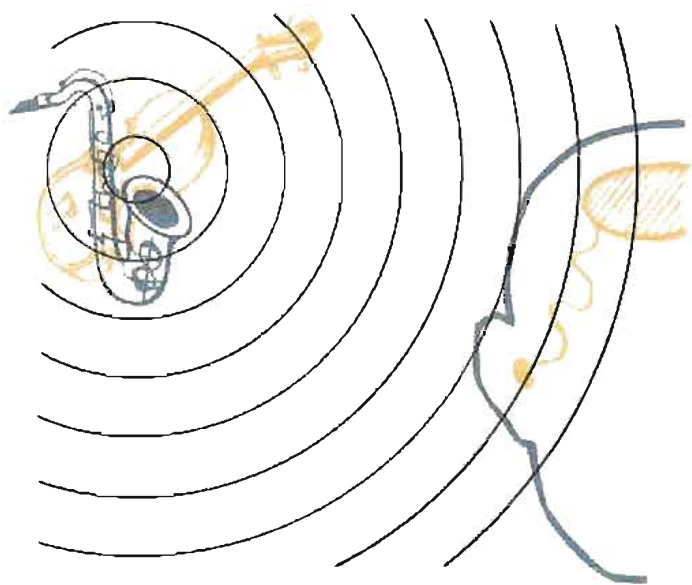
Ondas  
El movimiento ondulatorio  
Interferencia - Resonancia  
Materiales de radio  
Interpretación de esquemas



## CONOCIMIENTOS PREVIOS IV

**El sonido - Ondas - La mecánica del movimiento ondulatorio - Clases de ondas - El éter - Datos que determinan un movimiento ondulatorio - Relación entre la velocidad, la frecuencia y la longitud de onda - Fórmulas - Frecuencia y velocidad de las ondas sonoras y electromagnéticas - Kilociclos y megaciclos.**

Gracias a nuestro sentido del oído, somos capaces de percibir los sonidos que se han originado en un punto del espacio más o menos separado de nosotros. Que la percepción del sonido puede darse a través del espacio, es un indicio inequívoco de que es algo capaz de desplazarse a través de un medio que, normalmente, será el aire.



El sonido se transmite en forma de ondas que, al provocar la vibración del tímpano del oído, se transforman en sensaciones cerebrales.

¿Qué es y cómo se produce un sonido...?

Son múltiples las maneras de producir un sonido. Desde una simple percusión a los variados instrumentos musicales, se halla un sin fin de sistemas que nos permiten obtener sonidos más o menos agradables y más o menos fuertes. Pero, sea cual fuere el sistema empleado para obtenerlo, EL SONIDO ES EL RESULTADO DE UNA VIBRACIÓN QUE SE TRANSMITE A TRAVÉS DEL MEDIO EN QUE SE HA PRODUCIDO, EN FORMA DE ONDAS. Estas ondas, al excitar nuestro aparato auditivo, hacen vibrar el tímpano, reproduciendo y transformando en sensación cerebral la vibración producida al provocar el sonido.

El sonido, cierto, puede percibirse a distancia; pero existe un límite francamente corto a partir del cual el sonido deja de percibirse. Depende mucho de las condiciones atmosféricas y geográficas del lugar; pero los sonidos de intensidad normal, como pueden ser los emitidos por las cuerdas vocales humanas, tienen un alcance muy limitado.

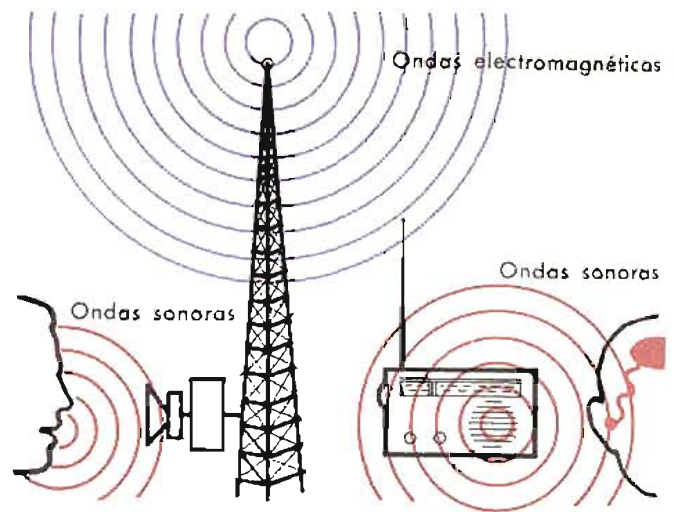
Prolongar este alcance del sonido es algo que desde siempre ha interesado al hombre, quien, por medio de señales, de códigos más o menos perfectos y con la ayuda de instrumentos capaces de conseguir sonidos más intensos que los que puede emitir una boca humana (ejemplo clásico del tam-tam de las tribus africanas), ha buscado la comodidad de entenderse sin necesidad de que el interlocutor necesite trasladarse al lugar en que se encuentra quien desea comunicarse con él.

De todos los sistemas ideados, la radio es el que, hasta el momento, debe considerarse definitivo. La radio es la solución ideal para que los hombres puedan entenderse a distancia. La radio, como el sonido producido por medios naturales, transmite sus señales por medio de ondas que se propagan a través del espacio.

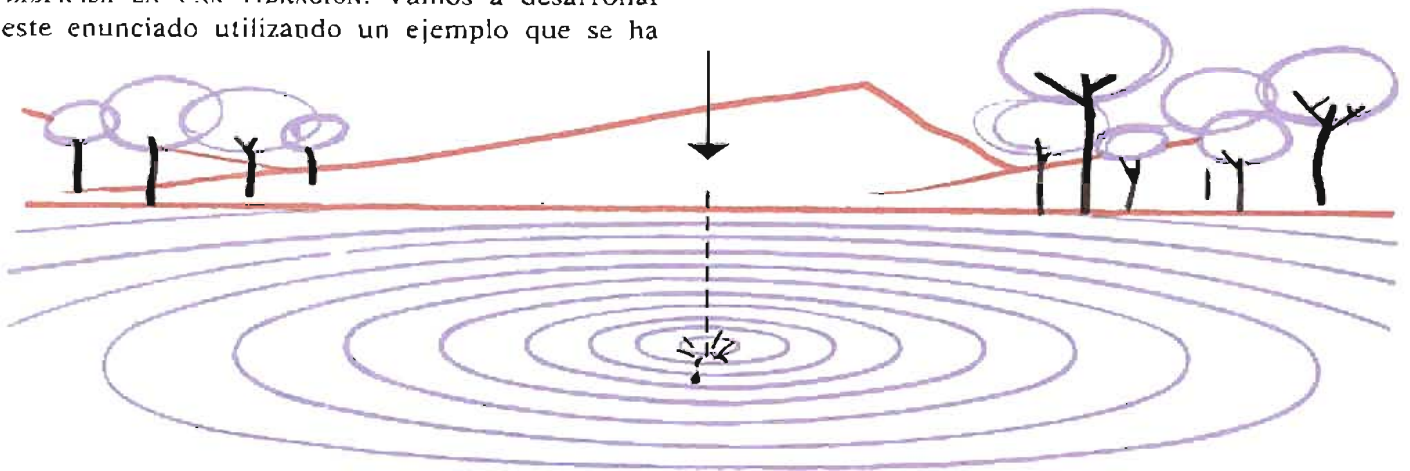
## ONDAS

Aparece de nuevo la palabra onda. Es que, para adentrarse en el estudio de la radio, debe quedar bien sentado el concepto de onda. Sin este conocimiento previo es imposible del todo comprender cómo y por qué los sonidos emitidos a miles de kilómetros pueden reproducirse en nuestro aparato receptor.

LAS ONDAS SON LA MANIFESTACIÓN DE LA ENERGÍA LIBERADA EN UNA VIBRACIÓN. Vamos a desarrollar este enunciado utilizando un ejemplo que se ha



La radio es la solución ideal para que los hombres se comuniquen a distancia. Las señales se transmiten en forma de ondas que se propagan por el espacio.



hecho clásico en la enseñanza de la teoría ondulatoria. Es el ejemplo de la propagación de las ondas producidas por la caída de un objeto sobre un estanque de aguas tranquilas.

Si en un lago de aguas quietas arrojamos una piedra, observaremos cómo aparecen inmediatamente unas circunferencias concéntricas que se

propagan aumentando de diámetro a medida que se alejan del punto en que ha caído la piedra. Estas circunferencias están formadas por ondas, gracias a las cuales se ha propagado a través del medio (agua en este caso) la primera vibración producida por la piedra al incidir en la superficie líquida.

## LA MECÁNICA DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO EN EL AGUA

Es cosa fácil descubrir la mecánica por la que se han producido estas ondas; la piedra, al chocar contra el agua, desplaza una cierta cantidad de ella, formando una concavidad en la superficie del lago. Esta concavidad o desplazamiento del líquido hace que el agua desplazada se vea forzada a ascender sobre su nivel normal, formando una pared circular alrededor del punto de incidencia de la piedra. Esta pared de agua, naturalmente, tiene un peso; y al desplomarse sobre sí

misma se coloca bajo el nivel normal del agua; es decir: la primera pared formada provoca un nuevo hundimiento que desplaza una nueva cantidad de agua, motivando la formación de otra pared, de otra onda, que al repetir el proceso descrito formará una nueva onda capaz de propagar el fenómeno... hasta que, por causa de la resistencia del agua, el nivel de la pared formada llegue a ser imperceptible, cesando con ello la transmisión por ondas de la vibración inicial pro-

vocada en la superficie líquida por el choque de la piedra arrojada.

A simple vista, parece que la propagación de las ondas responde a un desplazamiento horizontal del agua, partiendo del punto en que se haya producido la primera vibración. Sin embargo, un simplísimo experimento nos demostrará lo equivocado de esta apreciación.

Coloquemos un trocito de corcho en un punto algo distante de donde dejaremos caer la piedra. Si las ondas son un desplazamiento horizontal del medio en que se producen, es evidente que cuando las ondas alcancen al corcho lo arrastrarán alejándolo del punto inicial de la vibración. Pero no ocurre lo que esperamos, sino que, en cuanto la onda alcanza el objeto de corcho, éste se mueve en forma ascendente y descendente, pero sin que se perciba el menor desplazamiento horizontal.

Para explicar esta circunstancia debemos suponer que las ondas no se provocan por un desplazamiento de las moléculas del medio, sino que son el resultado de la transmisión de una vibración de molécula a molécula. No se trata de moléculas en movimiento, en el sentido de un desplazamiento rectilíneo, sino de la transmisión de un impulso vibratorio, en el cual las moléculas adquieren un simple movimiento de vaivén. Lo que se propaga es la vibración, una energía (mecánica, eléctrica, magnética, luminosa o calorífica fundamentalmente) convertida en ondas.

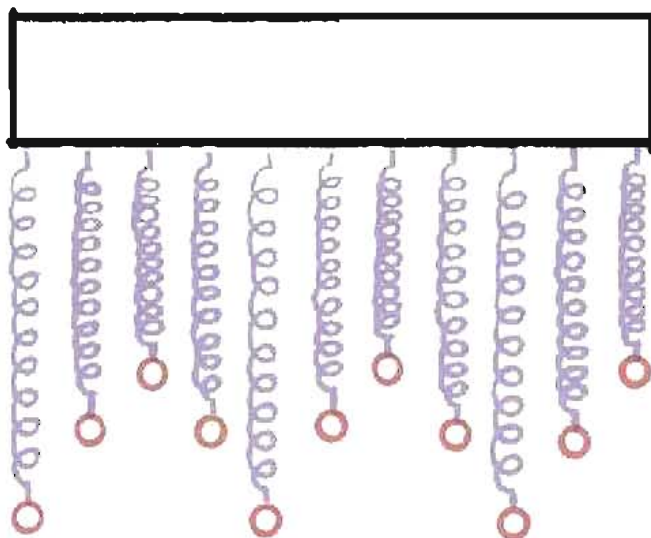
## EL MOVIMIENTO VIBRATORIO

Acabamos de decir que la propagación de la energía en forma de ondas se debe a la vibración que adquieren las moléculas. Vamos a extendernos un poco más sobre el concepto de vibración, de movimiento vibratorio, para así tener una idea precisa del cómo y el porqué de la creación de las ondas.

Una afirmación inicial: **EL MOVIMIENTO ONDULATORIO ES EL EFECTO DEL MOVIMIENTO VIBRATORIO DE UNAS PARTÍCULAS.**

Demostraremos primero que la forma sinusoidal de las ondas aparece cuando una sucesión de partículas que se encuentran en reposo se ven animadas de un movimiento vibratorio que las afecta correlativamente y a intervalos regulares de tiempo.

Supongamos una horizontal rígida de la que colgamos una serie de muelles de idéntica longitud y a distancias iguales. En el extremo inferior de cada uno de estos muelles sujetamos una bolita que simboliza la partícula que debe entrar



en vibración. El muelle representará la fuerza o energía inicial que provoca la vibración.

Empezando por uno de los extremos de esta sucesión de bolas, vayamos tirando de ellas con igual fuerza y a intervalos regulares de tiempo. Con estos impulsos cada una de las bolas adquirirá un movimiento vibratorio en sentido vertical que, analizado en conjunto, dará una serie de puntos (cada una de las bolas) que se sitúan formando parte de una senoide. Además, tendremos la impresión de que esta senoide se desplaza en el sentido que marca la situación de la última bola afectada por la fuerza que las ha puesto en vibración.

Las bolas, en reposo, representan la superficie horizontal del agua de nuestro estanque, cuyas partículas, al impulso de una fuerza exterior, adquieren un desplazamiento vertical distinto en situación y tiempo para cada partícula, motivando así la formación de una superficie ondulada que progresa durante un período de tiempo y que (por esta misma progresión) produce la impresión óptica de que se desplaza horizontalmente.

En nuestro símil sólo hemos demostrado el porqué de la forma sinusoidal de las ondas que se forman en el medio que transmite una forma de energía, y el engaño óptico que nos hace creer que se trata de un desplazamiento horizontal de las ondulaciones.

Nuestro símil parte de una mecánica falsa, puesto que hemos provocado la vibración de todas las bolas por medio de impulsos aplicados a cada una de ellas en particular. El impulso no se ha transmitido, sino que cada bola ha dispuesto de una fuerza inicial exclusiva.

Y no es así en una energía ondulatoria. En realidad, la vibración de las primeras partículas

afectadas se transmite a las partículas inmediatas, haciéndolas partícipes del impulso inicial.

Si disponemos una sucesión de bolas unidas entre sí por medio de un muelle horizontal, veremos que al tirar de la primera el muelle se alarga mientras exista la fuerza que tira de la bola; en el instante en que esta fuerza deja de actuar se contrae el muelle e impulsa con su fuerza recuperadora la bola inmediata, que a su vez contrae el muelle que la une con la tercera, que también queda afectada por el impulso inicial. Así, en sucesión de impulsos, todas las bolas quedan afectadas por esta vibración horizontal.

Resumiendo: el movimiento ondulatorio se produce por dos vibraciones; una perpendicular y otra horizontal a la recta que señala el sentido de la propagación. De estas dos vibraciones puede considerarse prácticamente nula la horizontal, puesto que las partículas del medio, al estar en contacto inmediato, quedan afectadas por la vibración inicial, aunque por desplazamientos horizontales infinitamente pequeños, casi inexistentes. De la combinación de estos dos movimientos vibratorios en el espacio, aparecen los movimientos ondulatorios como forma de transmisión de distintos tipos de energía.

Ahora ya podemos definir la onda diciendo que ONDA ES LA ENERGÍA QUE DE PARTÍCULA A PARTÍCULA SE TRANSMITE A TRAVÉS DE UN MEDIO.

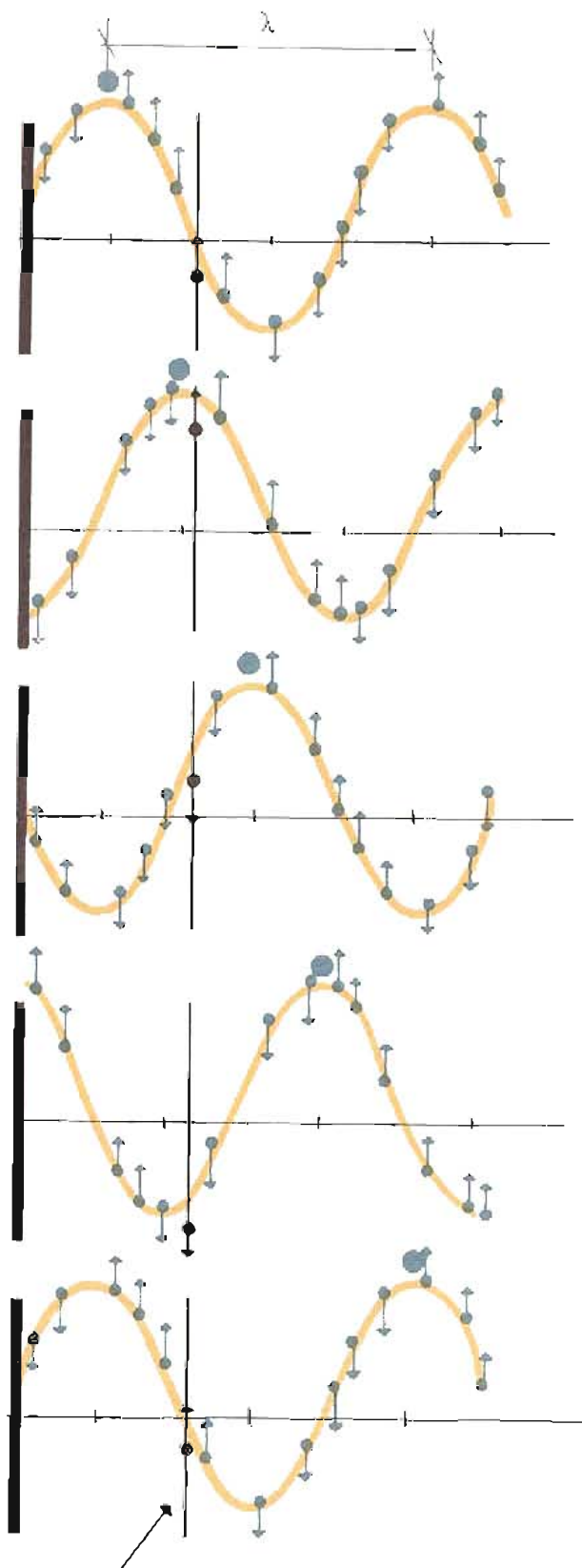
Este gráfico ilustra cómo, por causa del movimiento *únicamente transversal* de las partículas, el perfil de la onda avanza hacia la derecha. Cuando todas las partículas han vuelto a su posición inicial después de recorrer un ciclo, en la forma que indica la partícula representada en color azul, el perfil de la onda ha corrido hacia la derecha un espacio igual a la longitud de onda.

## CLASES DE ONDAS - EL ETÉR

El propio hecho de que las ondas pueden relacionarse con la energía nos lleva de la mano para poder hablar de clases de ondas, puesto que sus características dependerán del tipo de energía que manifiesten.

Así, podemos hablar de ondas sonoras, ondas luminosas, ondas electromagnéticas, ondas caloríficas o térmicas, etc., según sea el tipo de energía que las provoca o que pongan de manifiesto.

Al hablar de ondas, debe tenerse en cuenta que nuestros sentidos sólo son capaces de captar las manifestaciones de un reducido número de ellas. Apreciamos la luz gracias a que nuestros ojos están constituidos de forma apta para de-



La partícula oscila a lo largo de esta línea.

tectar las ondas luminosas. Nuestros oídos pueden captar las ondas sonoras y gracias a ello podemos percibir los sonidos.

Sin embargo, y a pesar de contar con órganos capaces de captar la luz, es una verdad demostrada que, por naturaleza, no podemos percibir todos los colores. Los hombres tenemos una idea del color limitada a nuestras posibilidades de percepción y por ello decimos que existen los colores que vemos. Pero ¿es que no existen más?

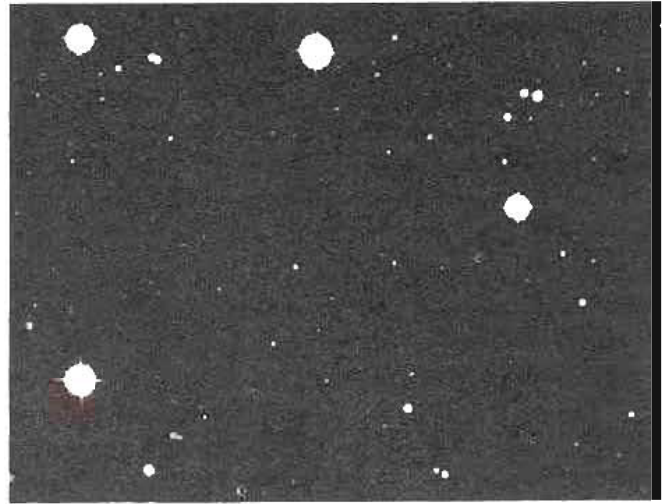
Actualmente es normal hablar del infrarrojo y del ultravioleta; se ha demostrado que, si bien el hombre no percibe estas radiaciones, algunos seres de la creación están dotados de órganos capaces de captarlas.

Para el hombre, por ejemplo, la luz ultravioleta no es luz. Nosotros los hombres vemos absolutamente negra una superficie en que sólo incidían radiaciones ultravioletas. Sin embargo, las abejas, que como muchos insectos se sienten atraídos por la luz, se precipitan sobre una superficie *iluminada* con luz ultravioleta, de igual forma que se dirigen hacia la luz blanca. Es que, para los órganos sensitivos de las abejas, las ondas ultravioletas son luz. El hecho de que no podamos percibir por medios naturales una gran cantidad de ondas no presupone su inexistencia. Presupone, eso sí, que carecemos de órganos capaces de detectarlas.

La luz, visible o invisible para nosotros, es energía que en forma de ondas viaja desde la fuente energética que la emite (Sol, lámpara incandescente, fluorescente, cuerpos en ignición, etcétera) hasta nuestros ojos.

Al considerar la propagación de las ondas luminosas surge un escollo: si las ondas son la propagación de la energía transmitida *de partícula a partícula* a través de un medio, ¿cómo se explica que la luz solar llegue a nosotros, si entre la Tierra y el Sol se encuentran millones de kilómetros

de espacio vacío? Donde existe el vacío no hay *nada*. Pero *sin nada*, ¿cómo iban a propagarse las ondas?



La luz de las estrellas llega a nosotros gracias a que las ondas luminosas son capaces de propagarse a través del vacío y de la atmósfera.

Para llenar este bache, los científicos han supuesto la existencia de un medio hipotético al que llaman éter. Podríamos decir que EL ÉTER ES LO QUE HAY ALLÍ DONDE APARENTEMENTE NO HAY NADA.

EL ÉTER ES EL MEDIO QUE LLENA LOS ESPACIOS VACÍOS DE MATERIA.

LAS ONDAS LUMINOSAS SE TRANSMITEN, A TRAVÉS DEL ÉTER Y DEL AIRE, A LA VELOCIDAD DE 300.000 KM POR SEGUNDO.

## FORMA DE DETERMINAR UN MOVIMIENTO ONDULATORIO

Al describir el movimiento ondulatorio con el ejemplo de las aguas quietas sobre las que se dejaba caer una piedra, hemos abandonado la cuestión sin determinar con exactitud las características de tales ondas. Volvamos a ellas y estudiémoslas con detenimiento.

Es muy normal que la gente no introducida en estas cuestiones identifique las ondas con los círculos formados en el agua, aun cuando en realidad cada uno de los círculos que percibimos está formado por un número infinito de ondas, provocadas por la vibración de las moléculas.

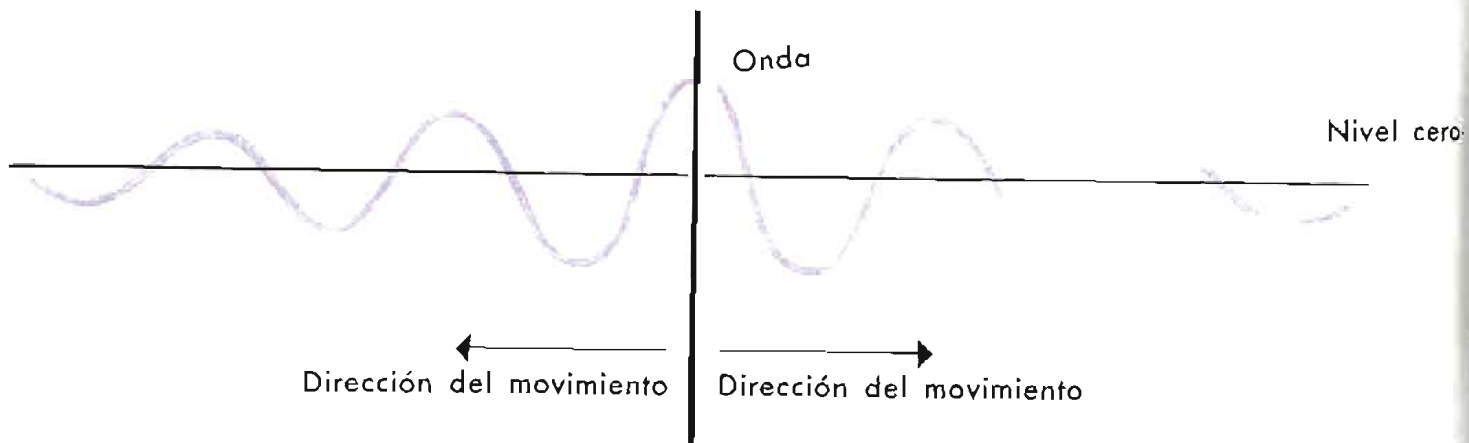
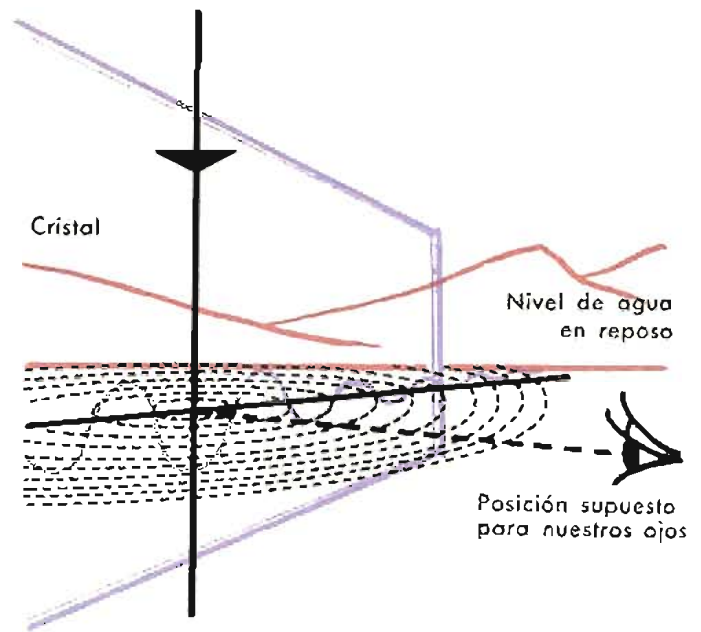
La onda no es todo el círculo, sino una sección del mismo. Supongamos que nos es posible situar un gran cristal perpendicular a la superficie del estanque en el que vamos a hacer la experiencia de arrojar una piedra. Supongamos también que estamos situados de forma que nuestros ojos coinciden exactamente con el nivel del agua. Se trata de una suposición, claro.

Si la piedra cae rozando el cristal, al iniciarse el movimiento ondulatorio, el avance del mismo no aparecería como una sucesión de círculos concéntricos, sino como el movimiento de una línea ondulada como una senoide.

Obtenemos una imagen bastante clara del movimiento ondulatorio cuando atamos una cuerda de considerable longitud por uno de sus extremos y movemos el otro de arriba abajo. Parece que la cuerda se mueva en dirección al extremo fijo; pero sólo lo parece, puesto que el extremo por donde la tenemos asida con la mano no se ha desplazado, siendo cada una de las partículas de cuerda lo que se ha desplazado hacia arriba y hacia abajo; es la onda o energía que, desplazándose a través de la sog (que en este caso es el medio), llega al extremo atado partiendo de la mano que produce la vibración en el otro.

Por este sencillo sistema obtenemos una imagen tangible del movimiento ondulatorio.

En todo movimiento ondulatorio debemos considerar distintos factores, cuya importancia es decisiva para el estudio de la radio, y en general de todos los fenómenos producidos por la energía ondulatoria.

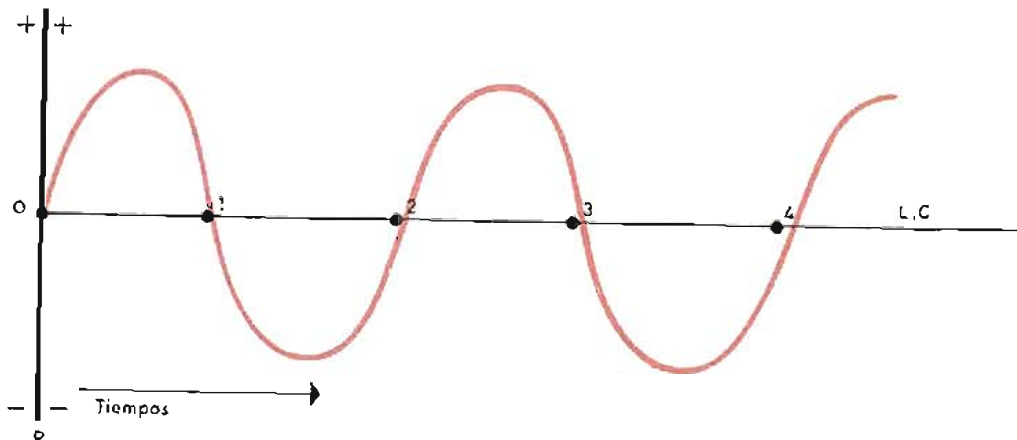


Es la que divide las ondas en dos mitades iguales, puesto que todo movimiento ondulatorio es simétrico por encima y por debajo de esta línea.

Se llama línea cero porque la energía ondulatoria tiene el valor cero en los puntos en que las ondas la interceptan. Es la línea que, en el ejem-

plo del agua estancada, representa el nivel de las aguas en reposo; es decir, el nivel que corresponde al agua cuando no hay ninguna manifestación de energía ondulatoria; es cero.

Se le llama también línea de tiempos, porque sobre ella se representan los períodos de tiempo en que se producen las ondas.



## Línea de potenciales

La línea vertical que se ha añadido, y que pasa por el origen de la primera onda, es la línea de potenciales, puesto que por encima del punto cero indica el valor máximo del potencial alcanzado por la onda y por debajo el valor mínimo. Por encima de cero se consideran valores positivos, y por debajo valores negativos.

## Cresta, seno, onda y longitud de onda

Llamamos cresta de una onda al punto más elevado de la misma, en el sentido de los valores positivos; y seno al punto en que la onda alcanza su nivel más bajo en el sentido de los valores negativos.

Una onda completa es el recorrido del movimiento ondulatorio que parte de un punto cero y alcanza otro punto cero habiendo recorrido una cresta y un seno. También será una onda completa si consideramos que se parte de una cresta o un seno para volver a la cresta o seno siguientes.

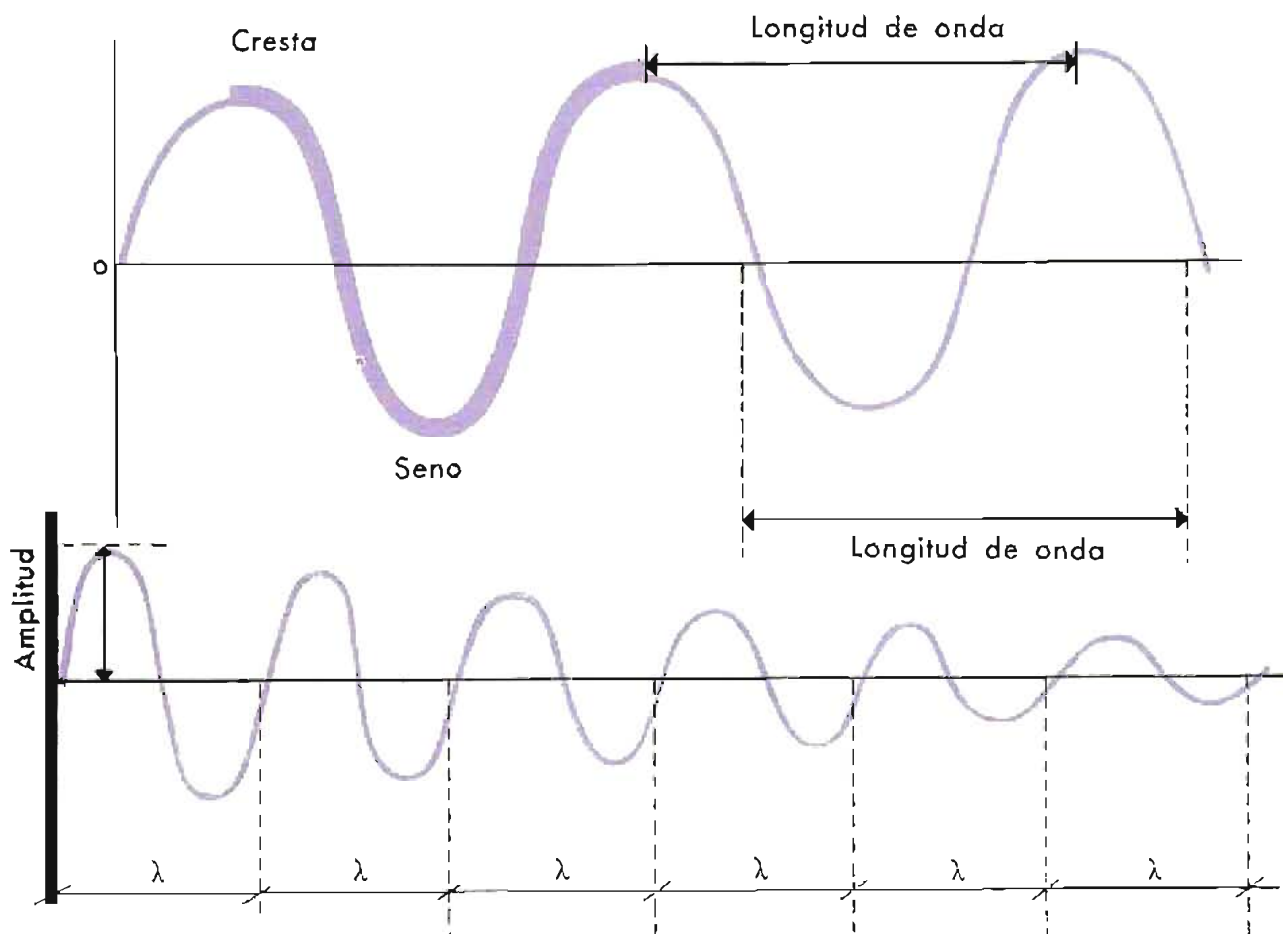
La longitud de onda es la distancia que media entre dos crestas o dos senos contiguos, y también la distancia entre dos puntos cero alternados.

LA LONGITUD DE ONDA ES CONSTANTE PARA CADA MOVIMIENTO ONDULATORIO CONSIDERADO.

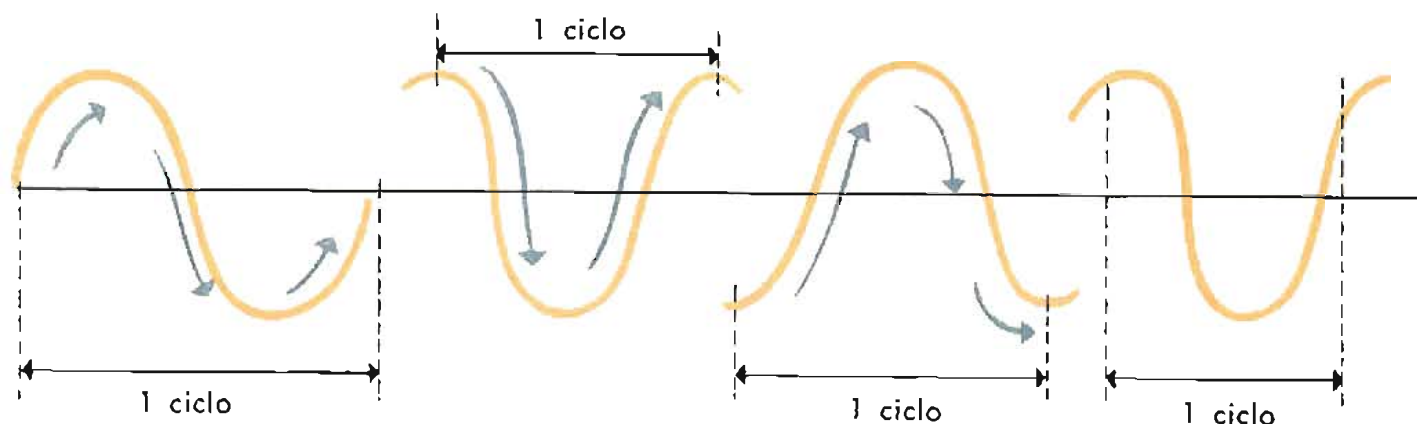
## Amplitud de onda, ciclo, período y frecuencia

Llamamos amplitud de onda a la altura que alcanza una cresta respecto a la línea cero.

La amplitud, contrariamente a lo que ocurre con la longitud, puede no ser constante, puesto que con facilidad se comprende (basta considerar el ejemplo del agua) que depende del valor de la energía que motiva la formación de las ondas. Así, por ejemplo, en el caso del sistema de ondas producidas en un estanque, la amplitud irá disminuyendo hasta alcanzar el valor cero (agua en calma). ¡Pero la longitud de onda permanecerá constante!



La amplitud de un movimiento ondulatorio puede decrecer (o aumentar); pero no así la longitud de onda, que es constante para cada movimiento ondulatorio considerado. La longitud de onda se representa por la letra griega lambda.



Todas las partículas del medio en que se propaga una onda presentan un movimiento de vaivén. Se dice que han efectuado un ciclo cuando parten de una posición extrema, se desplazan hacia la opuesta y luego vuelven a la posición primitiva.

El tiempo empleado por la partícula en recorrer un ciclo se denomina *período*.

Durante un período el perfil de la onda se desplaza y recorre un espacio igual a la longitud de onda.

Ciclo y período son dos conceptos que se con-

funden con mucha facilidad, puesto que la única diferencia entre ambos está en que al hablar de ciclos no consideramos el factor tiempo, mientras que en la expresión período relacionamos el ciclo con el tiempo que se invierte en recorrerlo.

Por *frecuencia* se entiende el número de períodos que tienen lugar en la unidad de tiempo, que es el segundo.

Así, cuando hablamos de una onda cuya frecuencia es de 1.000 ciclos, queremos decir que, en 1 segundo, recorre mil ciclos.

## RELACION ENTRE VELOCIDAD DE PROPAGACION, LA FRECUENCIA Y LA LONGITUD DE ONDA

La velocidad de propagación de un movimiento ondulatorio es el camino recorrido en línea recta por la onda considerada. Así, al decir que la luz se propaga a la velocidad de 300.000 Km/seg., afirmamos que recorre *en línea recta* una distancia de 300.000.000 de metros en cada segundo de tiempo.

Recuerde ahora que la longitud de onda representa el avance rectilíneo de la onda en cada ciclo o período. Basta con mirar el gráfico de un movimiento ondulatorio para darse cuenta de que en un período se recorre una distancia (en línea recta) correspondiente a una longitud de onda. Por tanto la frecuencia, que es el número de ciclos por segundo, indicará también las veces que la onda recorre su longitud en línea recta.

Así, pues, conociendo la frecuencia de un movimiento ondulatorio y la longitud de onda del mismo, bastará una simple multiplicación para conocer la velocidad de propagación de dicho movimiento.

Al multiplicar la frecuencia en ciclos por se-

gundo por la longitud de ondas en metros, tendremos los metros recorridos en un segundo de tiempo.

$$\text{Frecuencia en ciclos} \times \text{longitud de onda en m} = \text{velocidad en m/seg}$$

La frecuencia se representa por  $F$  o  $\nu$  (nu) letra griega.

La longitud de onda, por la letra griega  $\lambda$  (lambda).

La velocidad, por  $V$ .

$$\text{Fórmula I} \quad V = \nu \times \lambda$$

Un ejemplo. Sabiendo que un sistema de ondas tiene una frecuencia de 1.500 ciclos (se sobreentiende por segundo) y su longitud de onda es de 260 m, ¿cuál será su velocidad de propagación?

$$V = \nu \times \lambda, \text{ o sea:}$$

$$V = 1.500 \times 260 = 390.000 \text{ m/seg.}$$

De la fórmula I deducimos otras dos. Basta despejar  $v$  o  $\lambda$  para tener sus valores en función de los otros dos:

$$\text{II } \lambda = \frac{v}{\nu}$$

La longitud de onda es igual a la velocidad de propagación dividida por la frecuencia.

$$\text{III } \nu = \frac{v}{\lambda}$$

La frecuencia es igual a la velocidad de propagación dividida por la longitud de onda.

Siguiendo con el ejemplo anterior, si suponemos que sólo conocemos la frecuencia y la velocidad, obtendríamos la longitud de onda con esta simple operación:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{390.000}{1.500} = 260 \text{ m.}$$

Si los datos conocidos son la velocidad y la longitud de onda, conoceremos la frecuencia aplicando la fórmula III.

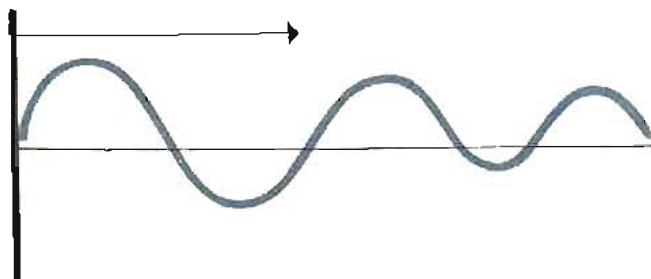
$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{390.000}{260} = 1.500 \text{ ciclos}$$

## FRECUENCIA Y VELOCIDAD DE LAS ONDAS SONORAS Y ELECTROMAGNETICAS

Es un hecho comprobado que las ondas de alta frecuencia (aquellas que se propagan con frecuencias que contienen gran número de ciclos) se desplazan a través del medio que sea con mucha mayor facilidad que las ondas de baja frecuencia (pocos ciclos por segundo).

El sonido, por ejemplo, se propaga en el aire a una velocidad de 340 m/seg. y con una frecuencia que aproximadamente oscila entre los 30 y 30.000 ciclos. Nuestros oídos no pueden percibir sonidos de frecuencia superior a unos 20.000 ciclos, más allá de los cuales ocurre lo que con nuestros ojos y las radiaciones ultravioletas: dejamos de percibir las vibraciones. Los ultrasonidos son ondas cuya naturaleza es la misma que la de las ondas sonoras normales, pero cuya frecuencia es demasiado elevada para que pueda captarla nuestro aparato auditivo.

340 m/seg (a la temperatura de 15° C)

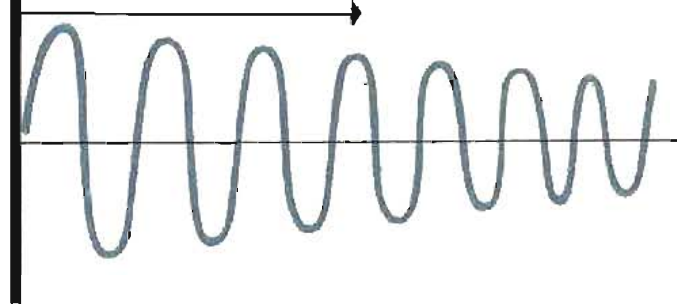


Las ondas sonoras se propagan, a través del aire, a la velocidad de 340 m/seg. Pierden muy pronto su amplitud o, lo que es lo mismo, su potencia.

Las ondas electromagnéticas (luminosas, caloríficas o de radio) tienen una frecuencia muy elevada, lo que aumenta también su facilidad de propagación; así como las ondas sonoras pierden muy pronto su amplitud (caen rápidamente al potencial cero), las electromagnéticas conservan su energía a través de grandes recorridos. Así se explica que llegue hasta nosotros la luz del Sol y aun la de las estrellas más remotas, así como que lleguen a nuestros aparatos receptores las ondas electromagnéticas emitidas por una antena situada a miles de kilómetros.

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas — concretamente las de la radio — es la misma que la de la luz, o sea 300.000 Km/seg. Su frecuencia oscila entre algunos kilociclos y miles de megaciclos.

300.000 Km/seg



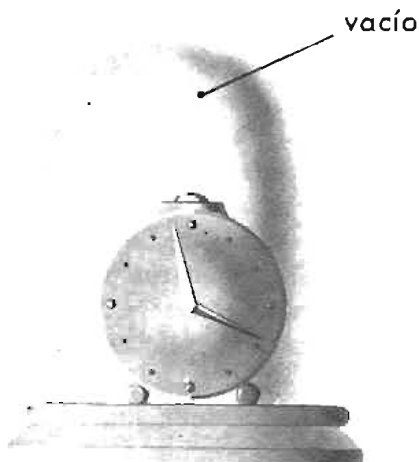
Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio a 300.000 Km/seg. Gracias a su elevada frecuencia, conservan su potencia a través de grandes recorridos.

EL MILAGRO DE LA RADIO, en síntesis, ha consistido en descubrir un sistema por el cual unas ondas de baja frecuencia y que tienen carácter corpuscular, como son las ondas sonoras, pueden transformarse en ondas de alta frecuencia y de carácter electromagnético.

Que las ondas sonoras tienen carácter corpuscular, o sea, que se transmiten por vibración de las moléculas del medio propagador, es de muy fácil demostración. El medio natural por el que se propagan las ondas sonoras es el aire; según nuestra afirmación, las ondas sonoras se deberán a la vibración de las partículas de aire. Sin aire, pues, no habrá sonido.

Podemos comprobarlo:

Situemos un despertador en el interior de una campana de vidrio en la que se habrá practicado el vacío. En el interior de la campana ha desaparecido el aire. Esperemos a que se dispare el dispositivo mecánico del despertador y comprobaremos que este molesto instrumento ha enmudecido; no se oye su campana. Es que el sonido no ha encontrado ningún medio cuyas partículas puedan entrar en vibración.

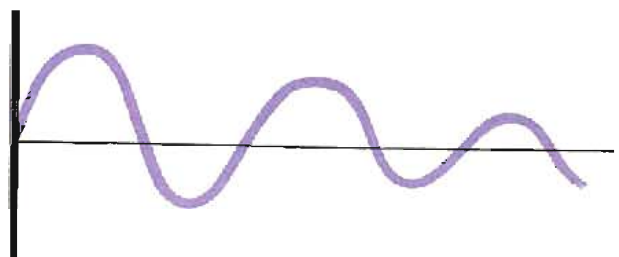


En cambio, puede demostrarse con facilidad que las ondas de luz y las de calor, que son del tipo electromagnético, se propagan a través del vacío y son capaces de atravesar cuerpos compactos.

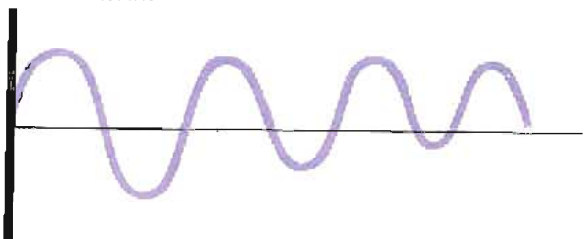
La misma naturaleza corpuscular de las ondas sonoras motiva su rápida atenuación. Como en todo proceso mecánico, la energía inicial se pierde en gran parte por los roces entre las partículas que participan del movimiento y, en el caso del sonido, la rápida desaparición del movimiento ondulatorio. Las ondas sonoras, aun en las mejores condiciones de propagación, tienen un alcance muy limitado. Compare la velocidad de propagación del sonido con la de la luz y tendrá una ligera idea de la diferencia entre ondas de naturaleza corpuscular y ondas de naturaleza electromagnética.

Por eso, para pasar de las distancias del orden de metros, que normalmente pueden recorrer las ondas sonoras sin perderse del todo, a las distancias del orden de miles de kilómetros que actualmente alcanzan las señales emitidas por una antena de radio, deben transformarse las ondas sonoras en ondas electromagnéticas. Sin embargo, las ondas electromagnéticas que resultan de la transformación de las sonoras resultan aún de frecuencia poco elevada. No resisten los naturales fenómenos a que se ven sometidas a lo largo de las grandes distancias que deben recorrer. La solución a este nuevo problema representa una de las grandes maravillas de la ciencia de la radio: a la onda electromagnética resultante de la transformación de la onda sonora se la hace viajar a través del espacio, cabalgando materialmente sobre una onda portadora, también de naturaleza electromagnética, pero de frecuencia mucho mayor. Su mayor potencia permite que resista el amortiguamiento producido por un viaje de miles de kilómetros.

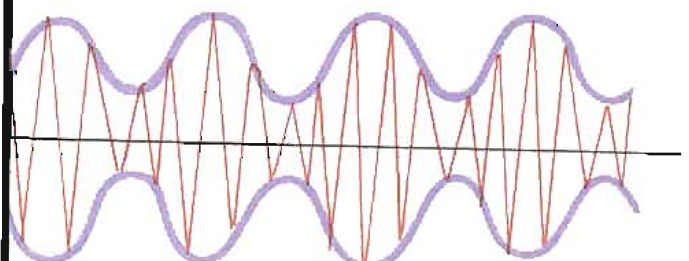
En las próximas lecciones, en las que entraremos decididamente en el estudio de la radio, ampliaremos este boceto inicial de la conversión de ondas sonoras en ondas electromagnéticas de radio y viceversa.



Una onda sonora de baja frecuencia y rápida atenuación...



...se transforma en una onda electromagnética de mayor vida...



...que cabalga sobre una onda portadora de muy alta frecuencia y alcanza largas distancias.

## KILOCICLOS Y MEGACICLOS

Conocidas las altas frecuencias de las ondas de radio, se comprende que los técnicos bayan decidido trabajar con múltiplos del ciclo para ahorrarse operaciones con cantidades demasiado elevadas.

En efecto: en radio son comunes las expresiones kilociclo y megaciclo. Veamos qué significan:

Un kilociclo equivale a mil ciclos; así, en vez de hablar de una frecuencia de 1.500.000 ciclos, hablaremos de 1.500 kilociclos.

Un megaciclo es igual a mil kilociclos o a un millón de ciclos.

$$1 \text{ Mc} = 1000 \text{ Kc} = 1.000.000 \text{ c.}$$

Si aplicamos las fórmulas I, II y III, que relacionan la velocidad, la frecuencia y la longitud de onda, al caso de las ondas de radio, habrá un dato que tácitamente deberemos considerar conocido: la velocidad, que, como hemos dicho, es siempre la de la luz; 300.000 Km/seg.

Por tanto, en el caso de las ondas electromagnéticas la fórmula I no tiene razón de ser, ya que

## ALGO MAS SOBRE ONDAS

Acabamos de estudiar lo que todo radiotécnico debe saber sobre la teoría ondulatoria; pero creemos con sinceridad que el estudiante con verdadera inquietud debe sentirse interesado por saber algo más sobre la naturaleza y fenómenos debidos a la energía ondulatoria, tanto más cuanto mayor sea la relación entre ella y la especialidad técnica que motivan sus estudios.

Y ¿qué especialidad más ligada a la energía ondulatoria que la radio...? Por ello creemos conveniente que, después de haber explicado lo estrictamente preciso, nos extendamos un poco más para poner al día estos conocimientos.

Recordará que al hablar del éter hemos dicho que se trataba de una entelequia. El éter es un mero supuesto, algo que idearon los científicos para explicar de algún modo que las ondas se propaguen a través del vacío, puesto que por ser las ondas el producto de un movimiento vibratorio sólo pueden explicarse en función de un medio de propagación. Es decir: si las ondas representan el movimiento de partículas de materia, es evidente que la vibración de estas partículas y la propagación de la misma sólo puede darse a través de un medio.

¿Qué hay entre el Sol y nosotros...? Aparentemente, *nada*; y como este *nada* no podía explicar que las ondas luminosas y caloríficas lleguen hasta nosotros, puesto que una vibración corpúscu-

la  $V$  es una cantidad constante: siempre 300.000 Km/seg.

Supongamos una onda, cuya frecuencia es de 150 Kc. ¿Cuál será su longitud de onda?

Sabemos que  $\lambda = \frac{V}{\nu}$ , de cuya igualdad conocemos  $V = 300.000 \text{ Km/seg} = 300.000.000 \text{ m/seg}$  y  $\nu = 150 \text{ Kc} = 150.000 \text{ c.}$

Por tanto será:

$$\lambda = \frac{300.000.000}{150.000} = 2.000 \text{ m.}$$

Otro ejemplo. ¿Qué frecuencia tiene una onda cuya longitud es de 407 m?

Sabemos que  $\nu = \frac{V}{\lambda}$ . Sustituyendo las letras por sus correspondientes valores tendremos:

$$\nu = \frac{300.000.000}{407} = 737.100 \text{ c} = 737'1 \text{ Kc.}$$

lar no puede transmitirse sin el concurso de un medio propagador, de ahí que apareciese la hipótesis del éter como único medio de explicar lo inexplicable.

La teoría del éter sigue siendo la más cómoda; y puesto que su aceptación no lleva ninguna consecuencia negativa, tampoco hay por qué rechazarla como medio didáctico para explicar algo que, día a día, se nos muestra más complejo y profundo. Descubrir la verdadera naturaleza de las ondas luminosas sería tanto como descubrir la naturaleza íntima de la energía.

El descubrimiento de la naturaleza electromagnética de las ondas de radio y de las ondas luminosas ha llevado a los científicos a formular nuevas teorías que permiten prescindir del éter. Científicamente, cierto, no puede admitirse que los fenómenos derivados de la realidad del movimiento ondulatorio se hagan depender de algo que, al fin y al cabo, es una mentira.

Según los últimos estudios efectuados, las ondas electromagnéticas, y concretamente las ondas luminosas, deben de tener una doble naturaleza. Deben de ser ondas-corpúsculos. La luz, en efecto, presenta fenómenos cuya explicación requiere una naturaleza corpuscular; mientras que, en otras ocasiones, los fenómenos debidos a la luz deben explicarse por una simple naturaleza ondulatoria, considerándola pura energía. Los fe-

nómenos de difracción e interferencia, por ejemplo, se explican sin el concurso de partículas de materia; una onda electromagnética, formada por una sucesión de campos electrostáticos y magnéticos perpendiculares entre sí se basta para producir estos fenómenos. En cambio, el efecto fotoeléctrico necesita de la naturaleza corpuscular de la luz.

Según esta teoría, llamada teoría de los QUANTAS, la luz se comporta como un flujo de par-

## EFECTO DOPPLER

No hace falta ser músico para saber que los sonidos se dividen en graves y agudos. Un contrabajo, por ejemplo, proporciona sonidos graves, mientras que un violín los emite agudos. Lo que quizás no saben muchos músicos es que todo sonido grave es el producto de ondas sonoras de baja frecuencia, y que a medida que la frecuencia aumenta se eleva también el grado de agudeza del sonido. La mayor o menor agudeza del sonido es su tono. Todo cuerpo es capaz de proporcionar un sonido de tono característico. Un silbato, por ejemplo, producirá sonidos de mayor o menor intensidad; pero su tono, que es lo que viene dado por la frecuencia de las ondas, será siempre el mismo. ¡Y sin embargo, algunas veces parece que no se cumple esta regularidad de frecuencia!

Es un fenómeno muy observado que al acercarnos con cierta rapidez a un manantial sonoro parece que aumenta la tonalidad del sonido percibido. Es decir: cuando nos acercamos con re-

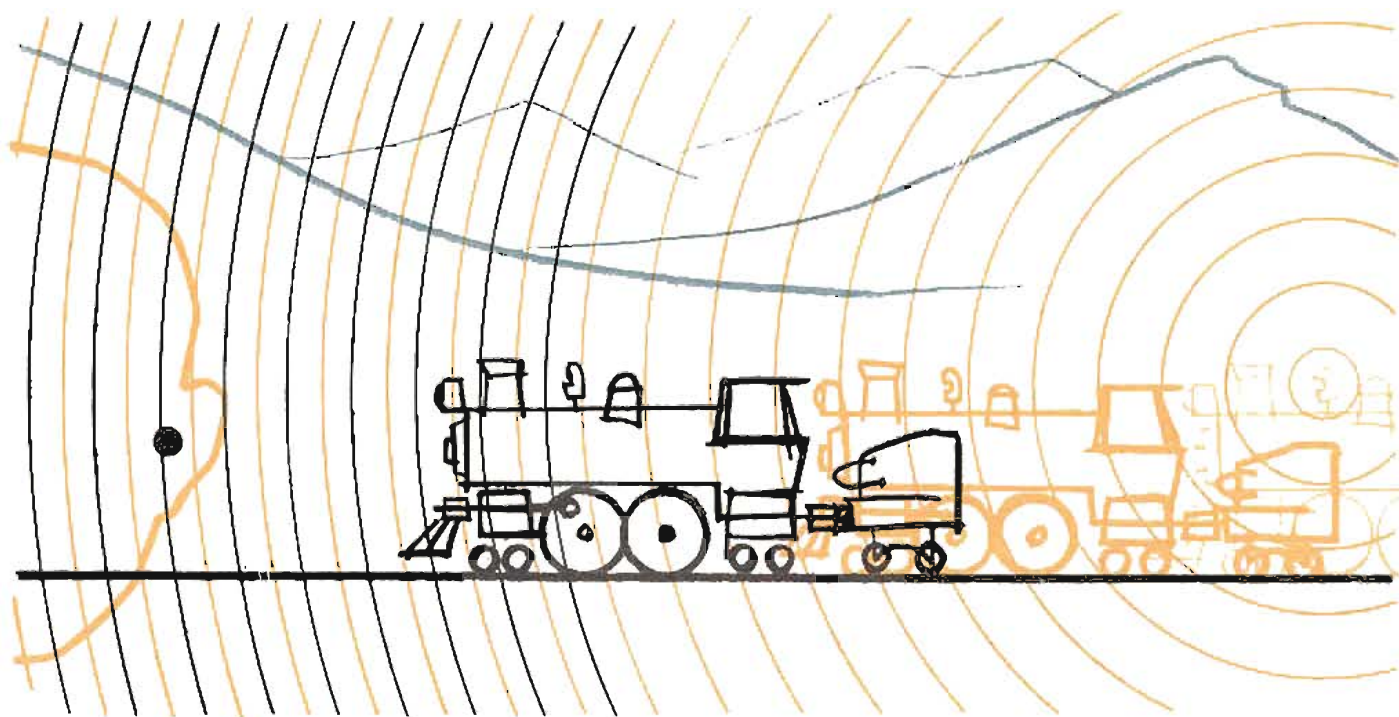
ticulas que pueden convertirse, como en un trueque de naturaleza, en energía ondulatoria de carácter electromagnético.

En el caso de las ondas luminosas, también se ha podido demostrar su naturaleza electromagnética, resultando ser ondas de frecuencia elevadísima, cuya longitud de onda sólo puede medirse con una unidad llamada **ANGSTROM** (se representa así, Å) equivalente a  $10^{-7}$  mm estando comprendidas entre 4.000 y 8.000 Å.

lativa velocidad a un punto del que brota un sonido, o se aproxime a nosotros ese punto, nuestros oídos perciben un sonido cuya frecuencia va en aumento. Quizás usted, viajando en tren, haya podido observarlo. Si nos cruzamos con otro convoy cuyo silbato está funcionando, el sonido se agudiza mientras los dos trenes se acercan y su tono se hace más grave a medida que se alejan. ¿Es que realmente ha aumentado la frecuencia del sonido...? Doppler demostró que esta sensación se producía por la relación matemática entre las distintas magnitudes que intervienen en el fenómeno, que ha tomado el nombre de quien supo explicarlo. El **EFECTO DOPPLER** ES LA SENSACIÓN AUDITIVA SEGÚN LA CUAL LA FRECUENCIA DE UN SONIDO AUMENTA AL ACERCARNOS AL PUNTO EMISOR.

Para comprender el porqué del efecto Doppler, aun sin necesidad de estudiar las relaciones matemáticas que existen entre la frecuencia del sonido y la velocidad con que se acerca el punto emisor, basta considerar lo siguiente:

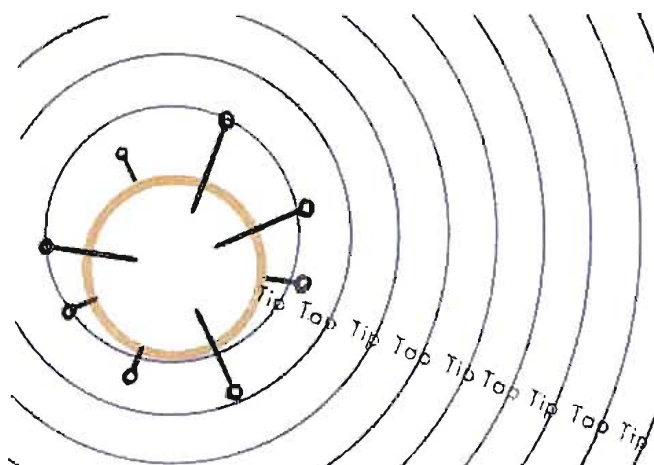
Cuando el manantial de sonido permanece fijo



en un punto del medio (aire, por ejemplo) las ondas se propagarán con una velocidad constante y la superficie de las mismas será esférica con centro en el punto emisor.

Entre onda y onda habrá una distancia  $\lambda$ , o sea, la longitud de onda. Si el receptor del sonido (un oído humano) permanece también inmóvil, percibirá tantos estímulos como ondas le lleguen por unidad de tiempo. Percibirá el sonido de acuerdo con la frecuencia de emisión. Pero si el manantial, el receptor o ambos a la vez se acercan en línea recta, es evidente que el oído de quien escucha el sonido cortará (valga la expresión) más ondas de las que corresponden a la frecuencia de emisión y en un tiempo menor del que corresponde a esta frecuencia. El resultado es que llegan al oído más ondas por unidad de tiempo de las que le llegarían suponiendo sin movimiento los dos puntos considerados. Total: que el oído percibe un sonido de mayor frecuencia aparente y, por lo tanto, de tonalidad más aguda.

El efecto Doppler tiene aplicaciones científicas de primerísima importancia. Vamos a citar una de sus aplicaciones, que por su actualidad nos parece interesante. Por el efecto Doppler es posible calcular la velocidad y situación de los satélites artificiales. Una vez el satélite ha entrado en



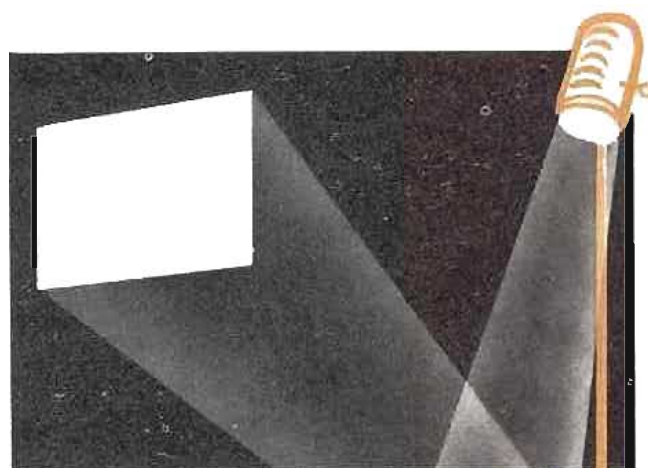
órbita, es necesario conocer si efectivamente sigue la trayectoria prevista; y para ello resulta imprescindible conocer su velocidad. Es este factor el que nos da el efecto Doppler. Para ello se requiere que el satélite lance una señal de frecuencia conocida. Es el clásico «bip-bip» de los *Sputniks* rusos. El satélite lanza su señal con una frecuencia previamente conocida, señal que en el observatorio se recibe con una frecuencia distinta. La diferencia de frecuencias da la pauta para calcular la velocidad del artefacto.

## REFLEXION

CUANDO UNA ONDA ALCANZA LA SUPERFICIE DE SEPARACIÓN DE DOS MEDIOS DISTINTOS, PARTE DE LA ENERGÍA DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO VUELVE AL MEDIO DE DONDE PROCEDE.

Este fenómeno se conoce con el nombre de reflexión de las ondas; fenómeno que todos hemos comprobado y con el cual, quizás, nos habremos entretenido más de una vez deslumbrando con un espejo a un sufrido transeúnte. Una superficie brillante refleja los rayos luminosos, del mismo modo que una superficie dura permite el rebote de una pelota de goma. También el eco es un fenómeno debido a la reflexión de las ondas que, rebotando en una superficie sólida, vuelven a nosotros.

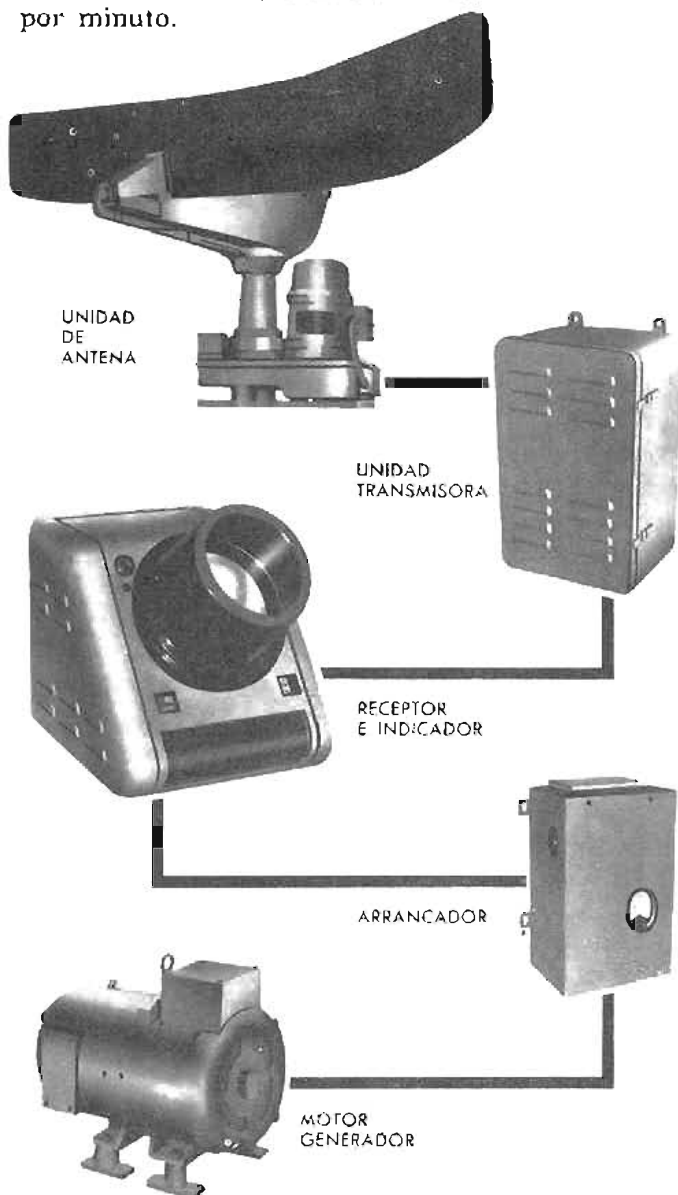
Una aplicación muy interesante de los fenómenos de la reflexión, provocados en ondas electromagnéticas, es el radar. Su utilidad, dada la propaganda de toda índole que se ha venido haciendo del ingenio, es de todos conocida: localizar objetos distantes, descubrir su velocidad de desplazamiento y la distancia a que se encuentran de nosotros. El radar es un sistema especial



El fenómeno de la reflexión se pone de manifiesto cuando hacemos incidir un haz de rayos luminosos o caloríficos oblicuamente sobre una superficie pulimentada.

de radio, cuya emisora lanza ondas electromagnéticas cuya longitud de onda (para radar de buque) es de 10 cm, correspondientes a una frecuencia de 3.000 megaciclos, o bien de 3'2 cm y frecuencia de 9.375 megaciclos.

Las antenas de radar lanzan haces de ondas —no de forma continua, sino intermitente— a intervalos de tiempo definidos y constantes. Los impulsos se suceden a razón de un millar por segundo. Estos impulsos se transmiten en todas direcciones, debido al movimiento de rotación que se imprime a la pantalla de la antena, que gira a una velocidad aproximada de diecisiete vueltas por minuto.



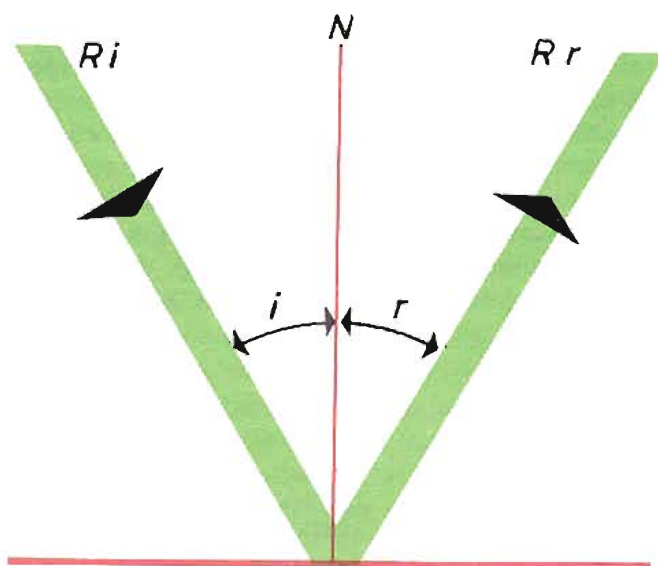
Forma externa de los componentes de una instalación de radar y relación existente entre ellos. Recuerde que la unidad de antena es al mismo tiempo emisora y receptora.

## INTERFERENCIA

Cuando dos movimientos ondulatorios de distinta o igual frecuencia, emitidos desde estaciones separadas, coinciden en su camino, se produce un fenómeno característico de las ondas electromagnéticas: su interferencia.

Cuando un haz de rayos de radar incide sobre una superficie o medio distinto al aire se refleja, regresando al punto de partida con una velocidad conocida e impresionando una pantalla especial en forma de señales luminosas. Por distintas indicaciones fijas situadas en la pantalla, y por el destello que se produce en su superficie cada vez que el haz de ondas de radar incide en el objeto extraño, es posible determinar automáticamente la distancia y velocidad de desplazamiento del blanco detectado.

El fenómeno de la reflexión se rige por unas leyes simplísimas. Considerando un rayo incidente y su correspondiente rayo reflejado, podemos enunciar las dos leyes que se cumplirán en todo fenómeno de reflexión:



1. El rayo incidente, la normal trazada al punto de reflexión (la perpendicular trazada a este punto) y el rayo reflejado, están en un mismo plano.

2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Por el ángulo de incidencia entendemos el que forman la normal y el rayo incidente, y por ángulo de reflexión el que forman la normal y el rayo reflejado.

Dada esta igualdad, se comprende que a mayor ángulo de incidencia corresponderá mayor ángulo de reflexión, y viceversa.

PODEMOS DEFINIR UNA INTERFERENCIA DICIENDO QUE ES LA SUPERPOSICIÓN DE DOS O MÁS MOVIMIENTOS ONDULATORIOS EN UN PUNTO DETERMINADO, DEL QUE PARTE OTRO MOVIMIENTO DE CARACTERÍSTICAS DISTINTAS.

Es lógico que cuando esto ocurre las ondas se influyen mutuamente, dando lugar a cambios en su propagación.

Así, por ejemplo, cuando dos ondas se originan en puntos próximos y se propagan en una dirección dada, al interferirse pueden dar lugar a una nueva onda más potente —es decir de mayor amplitud— si son de la misma longitud de onda y se encuentran en la misma fase de vibración. En otras palabras, sumarán sus efectos. Si por el contrario el encuentro se origina en fases opuestas se anulan mutuamente, dando una onda resultante cuya amplitud será la diferencia entre ambas, llegando a la anulación total si ambas son de igual amplitud.

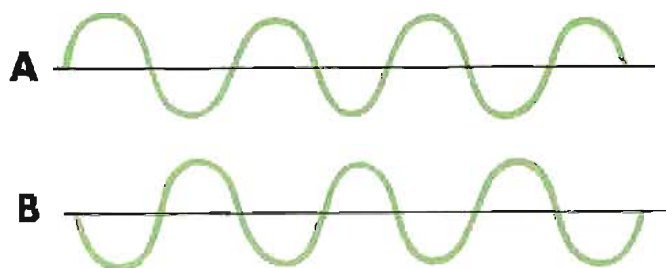
En la realidad, este fenómeno es mucho más complejo, puesto que las ondas que se interfieren suelen ser de distinta longitud de onda, frecuencia y dirección de propagación, lo que da lugar a resultados de muy diversa índole, cuyo complejo

estudio —de pura Física— se sale de nuestro cometido.

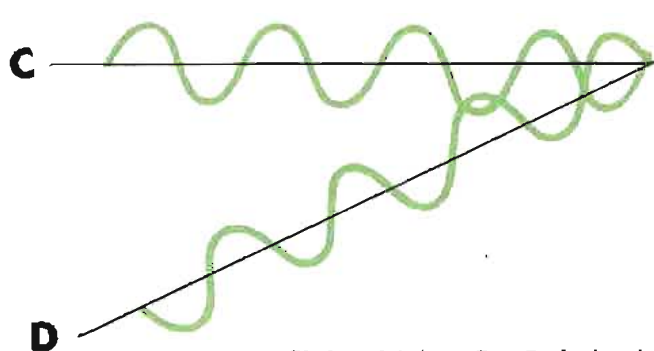
En el caso de ondas de radio, el resultado de una interferencia puede ser la anulación total del sonido o una intensificación del volumen acompañada de una distorsión total. Los sonidos se hacen ininteligibles, puesto que la onda resultante adquiere mayor amplitud.

Un matiz de los fenómenos de interferencia es el que se conoce con el nombre de *fading*. En la recepción de las señales de una emisora lejana se aprecian claras variaciones en la intensidad de la recepción. El sonido viene y va en variaciones periódicas como consecuencia de sucesivas interferencias en las que se alteran los refuerzos y las anulaciones.

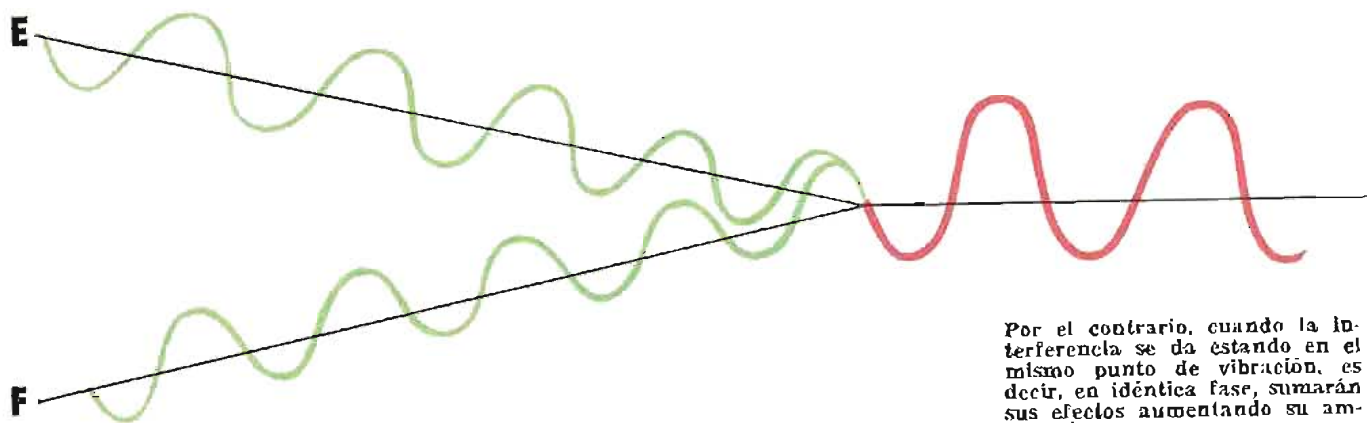
Baste, pues, lo dicho para dejar constancia de este fenómeno que debemos en lo posible soslayar siempre que se presente.



Supongamos dos sistemas (A y B) de ondas que se propagan a través del espacio; éstos pueden tener o no igual amplitud y longitud de onda. Pero si avanzan paralelos no modifican sus características.



Si dos sistemas C y D de igual amplitud y longitud de onda llegan a cruzarse en un punto cuando sus momentos de vibración están en sentidos opuestos (fases opuestas) se anulan.



Por el contrario, cuando la interferencia se da estando en el mismo punto de vibración, es decir, en idéntica fase, sumarán sus efectos aumentando su amplitud.

## LA RESONANCIA

Un fenómeno que posee extrema importancia en el campo de la Física es el llamado **RESONANCIA**; fenómeno que tanto se presenta en mecánica como en acústica o en electricidad.

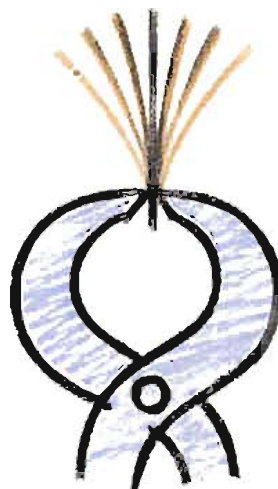
Un experimento fácil de realizar nos familiarizará con este fenómeno. Si sujetamos con firmeza por un extremo una lámina elástica —si es posible de metal—, desviamos con el dedo el otro ex-

tremo y luego lo soltamos de repente; la lámina entra en vibración con su propia frecuencia. Es decir, que la frecuencia será siempre igual, tantas veces como repitamos la experiencia. Esa es la FRECUENCIA DE RESONANCIA, que es tanto menor cuanto más larga sea la lámina con que suponemos experimentar.

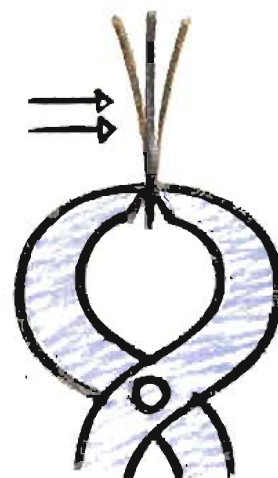
Pues bien: si aplicamos con el dedo una sucesión de débiles golpes, la lámina efectuará una oscilación cada vez que reciba un nuevo impulso. Y aquí se observa un efecto curioso: la amplitud de esas oscilaciones es muy pequeña si la frecuencia con que se golpea la lámina es *mayor o menor* que la frecuencia de resonancia.

Y ¿qué sucede si esa sucesión de impulsos tiene una frecuencia que coincide con la de resonancia de la lámina? Pues... nada más sino que las oscilaciones son mucho mayores. Se dice que la lámina ha entrado en resonancia.

Las ondas sonoras pueden desempeñar el mismo papel que el dedo de nuestro ejemplo. Supongamos que se hallan contiguos dos violines. Si excitamos — es decir, hacemos vibrar — una cuerda de uno de ellos, las ondas sonoras que emite, aunque llegan a todas las cuerdas del segundo violín, sólo provocan una vibración apreciable en la cuerda acordada a la misma frecuencia, o nota musical, que la que se puso en vibración en el primer instrumento.



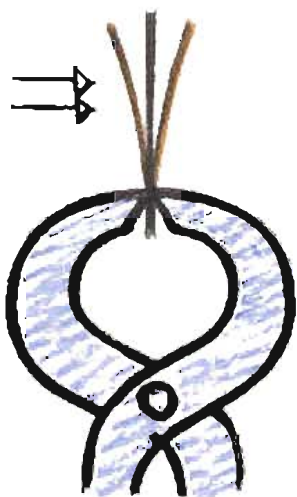
Una lámina sujeta por un extremo vibra con su frecuencia propia de resonancia.



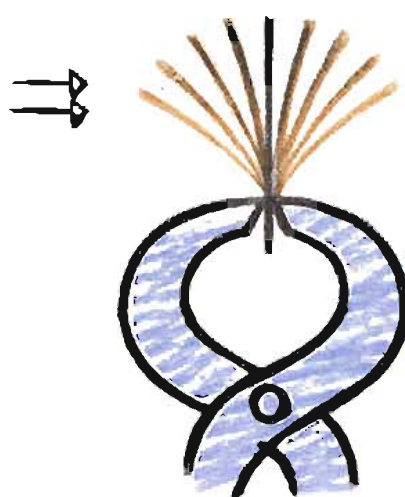
Si aplicamos con el dedo una serie de impulsos, la lámina oscila.

Claro está que también vibran las otras cuerdas del segundo violín, y también las del primero; pero como sus frecuencias de resonancia son mayores o menores que la de la nota emitida, la excitación que reciben no crea más que unas oscilaciones casi imperceptibles.

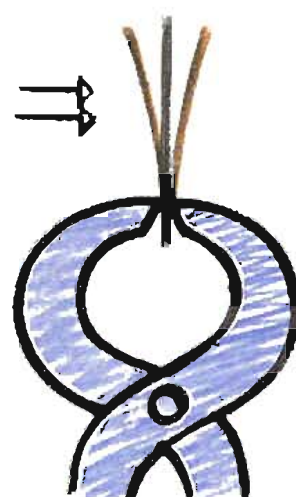
También pueden entrar en resonancia, por la excitación de ondas electromagnéticas de determinada frecuencia, los circuitos eléctricos. En lecciones posteriores trataremos con detalle de esta cuestión.



La frecuencia con que se aplican los golpes es menor que la de resonancia: la lámina apenas vibra.



La frecuencia de los golpes coincide con la frecuencia propia con que vibra la lámina. Ha entrado en resonancia: las oscilaciones son muy grandes.

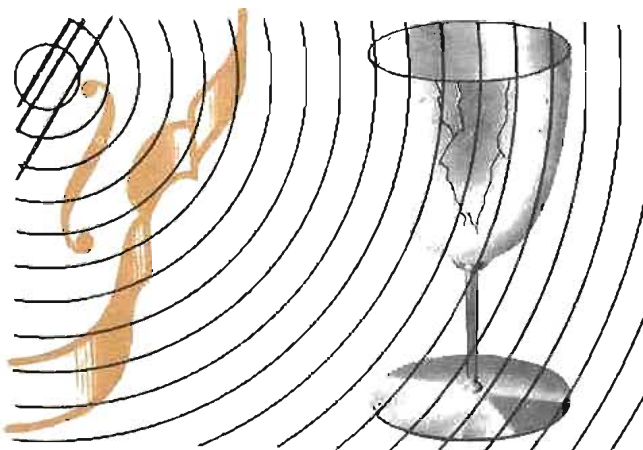


La frecuencia de los golpes es superior a la de resonancia: la lámina apenas vibra.

Un experimento característico es aquel que provoca la destrucción de un vaso de cristal por medio de las vibraciones emitidas por un violín. Con el instrumento se generan vibraciones, cada vez de mayor frecuencia, hasta alcanzar aquella para la cual el vaso entra también en vibración. Es decir: con el violín emitimos sonidos cuya frecuencia es la misma que la que corresponde a una vibración del vaso. El vaso emite el mismo sonido que el violín; decimos que ha entrado en resonancia. Si el violín sigue emitiendo las mismas vibraciones, el vaso, por un fenómeno normal de interferencia, vibrará cada vez con mayor intensidad, y las oscilaciones se harán cada vez más amplias hasta llegar un momento en que el cristal saltará en pedazos.

Cuando una formación militar debe atravesar un puente colgante, se ordena *paso de maniobra* por el peligro que encierra seguir a ritmo marcial. La pisada acompasada de la formación puede provocar la vibración del puente, vibración que, naturalmente, tendría la misma frecuencia de las pisadas. La identidad entre ambas frecuen-

cias motivaría el consiguiente fenómeno de resonancia y la vibración del puente ganaría en amplitud con el consiguiente peligro de rotura. Claro que lo más probable es que toda la formación estuviere rodando por el suelo antes de llegar a esta amplitud crítica.



Un simple fenómeno de resonancia. La vibración del vaso es cada vez más intensa y llega un momento en que el material no resiste ese esfuerzo mecánico a que se le somete.

## FRECUENCIAS PROPIAS DE LAS ONDAS DE RADIO

Hemos dicho que la frecuencia de las ondas electromagnéticas, entre las que contamos las ondas de radio, oscila entre miles y miles de millones de ciclos. De ahí la necesidad de contar por kilociclos y megaciclos, recuérdelo.

Dentro de estos límites de frecuencia se encuentran las ondas empleadas en radio, y antes de entrar a su estudio concreto es necesario tener una idea clara de su valor y denominación. Existe un acuerdo internacional sobre la denominación de las distintas bandas de frecuencia empleadas en radio y TV.

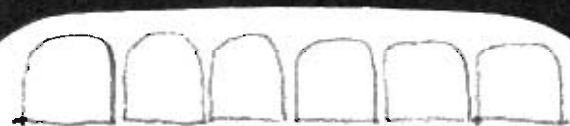
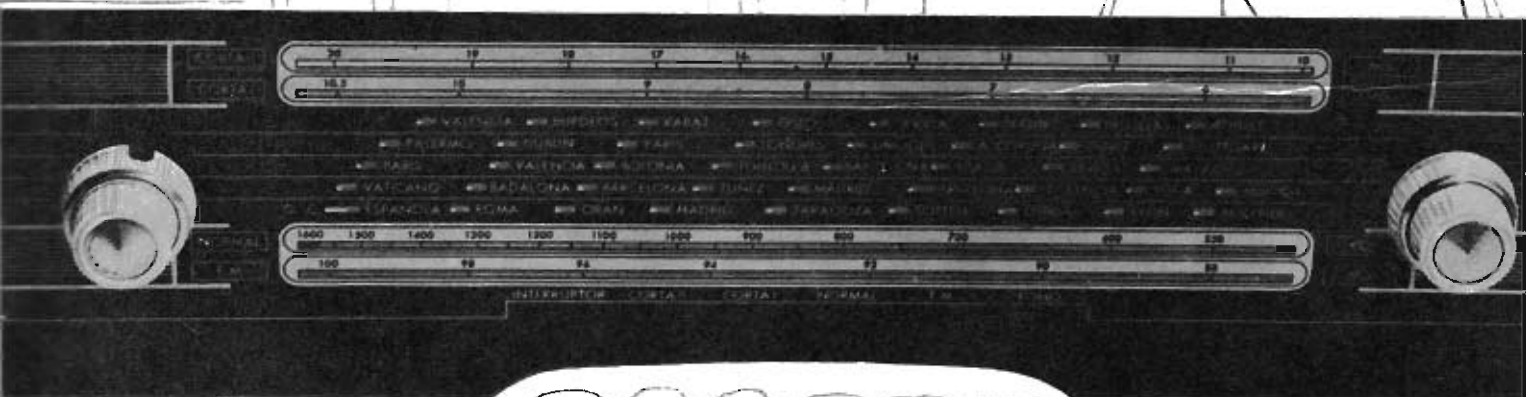
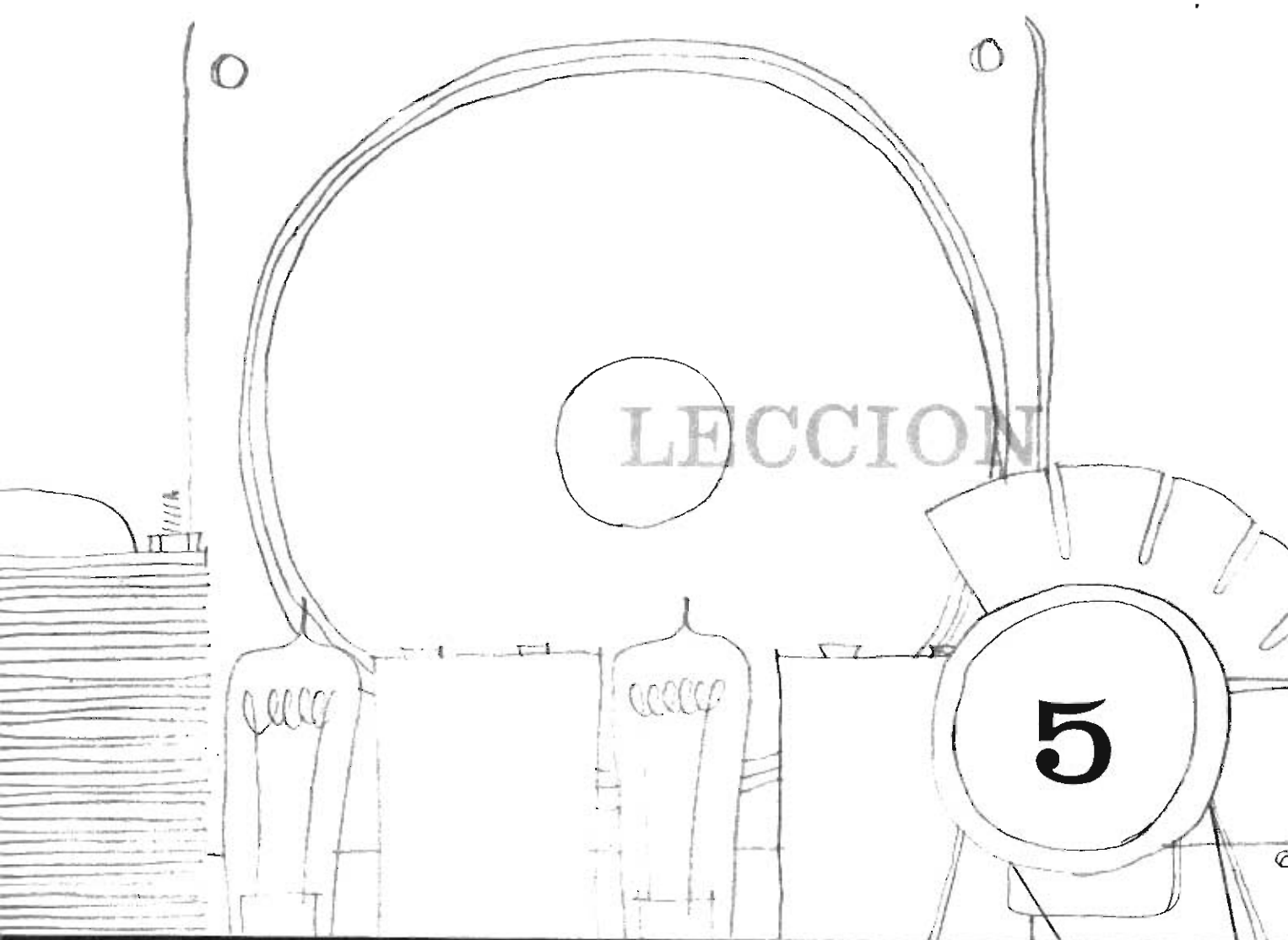
Las frecuencias y denominaciones correspondientes son:

De 100 Kc a 500 Kc .....	Ondas largas
De 500 Kc a 2 Mc .....	Ondas medias
De 2 Mc a 20 Mc .....	Ondas cortas
De 20 Mc a 30 Mc .....	Ondas ultracortas

De 30 Mc a 300 Mc .....	Ondas V.H.F. (Very High Frequency, o sea, Muy Alta Frecuencia)
De 300 Mc a 3000 Mc ...	Ondas U.H.F. (Ultra High Frequency, o sea, Ultra Elevada Frecuencia)

Los conceptos estudiados en esta lección tienen una importancia decisiva para la ciencia de la radio. Son conocimientos que todo radiotécnico debe tener perfectamente estudiados en la amplitud que les hemos dado en este compendio de teoría ondulatoria, donde se ha tratado de resumir las ideas fundamentales e imprescindibles para la cabal comprensión de los fenómenos propios de la radio. Que este final le sirva de advertencia para dedicar toda su atención y capacidad al estudio de las ondas, de su naturaleza y fenómenos característicos.





**Introducción a la radio**  
**Sistemas de comunicación**  
**precursores**  
**La radio**  
**Capacidad y condensadores**  
**Construcción de un micrófono**



## CONOCIMIENTOS PREVIOS V

**El telégrafo - El código Morse - Micrófono y auricular - El teléfono - La radio - La experiencia de Hertz - Emisor y receptor - Capacidad - Estudio de los condensadores - Código de colores**

### LA COMUNICACION A DISTANCIA

La historia de los distintos métodos que el hombre ha ideado para comunicarse a distancia y con rapidez con sus semejantes es, sin duda, una de las páginas más sugestivas del libro del saber humano.

El sonido y la luz, junto con variadas señales ópticas, han servido para conseguir sistemas de comunicación a distancia. Con códigos de señales, ideados para aprovechar señales sonoras o señales luminosas, los hombres, desde hace muchísimos años, han logrado entenderse sin necesidad de la presencia física de los interlocutores. Pero el sonido (por su naturaleza de ondas de baja frecuencia) y la luz (por su propagación en línea recta e imposibilidad de atravesar cuerpos opacos, entre otras razones) tienen un alcance demasiado limitado para ser utilizados con ventaja en comunicaciones a grandes distancias. Por ello el problema de cubrir grandes distancias con la ade-

cuada rapidez sólo se ha solucionado al utilizar señales eléctricas.

Los métodos de comunicación que emplean señales eléctricas como vehículos para transmitir información entre dos puntos por alejados que se encuentren, son tres: El telégrafo, el teléfono y la radio.

En este mismo orden fueron descubiertos, y cada uno de ellos representa un progreso respecto al anterior. La radio, pues, representa el último peldaño en esta escala de valores, aunque no por ello han caído en desuso los dos primeros. El telégrafo y el teléfono, con las naturales mejoras debidas al progreso técnico, siguen utilizándose profusamente. Por tal motivo, y más aún porque los principios en que se fundamenta su acción son un camino casi obligado hacia la comprensión de la radio, dedicaremos algún tiempo a su estudio.



### EL PRECURSOR: EL TELEGRAFO

Es elemental que el estudio de cualquier ingenio mecánico, eléctrico o de cualquier otro tipo lleva implícita la necesidad de dar el nombre de su inventor.

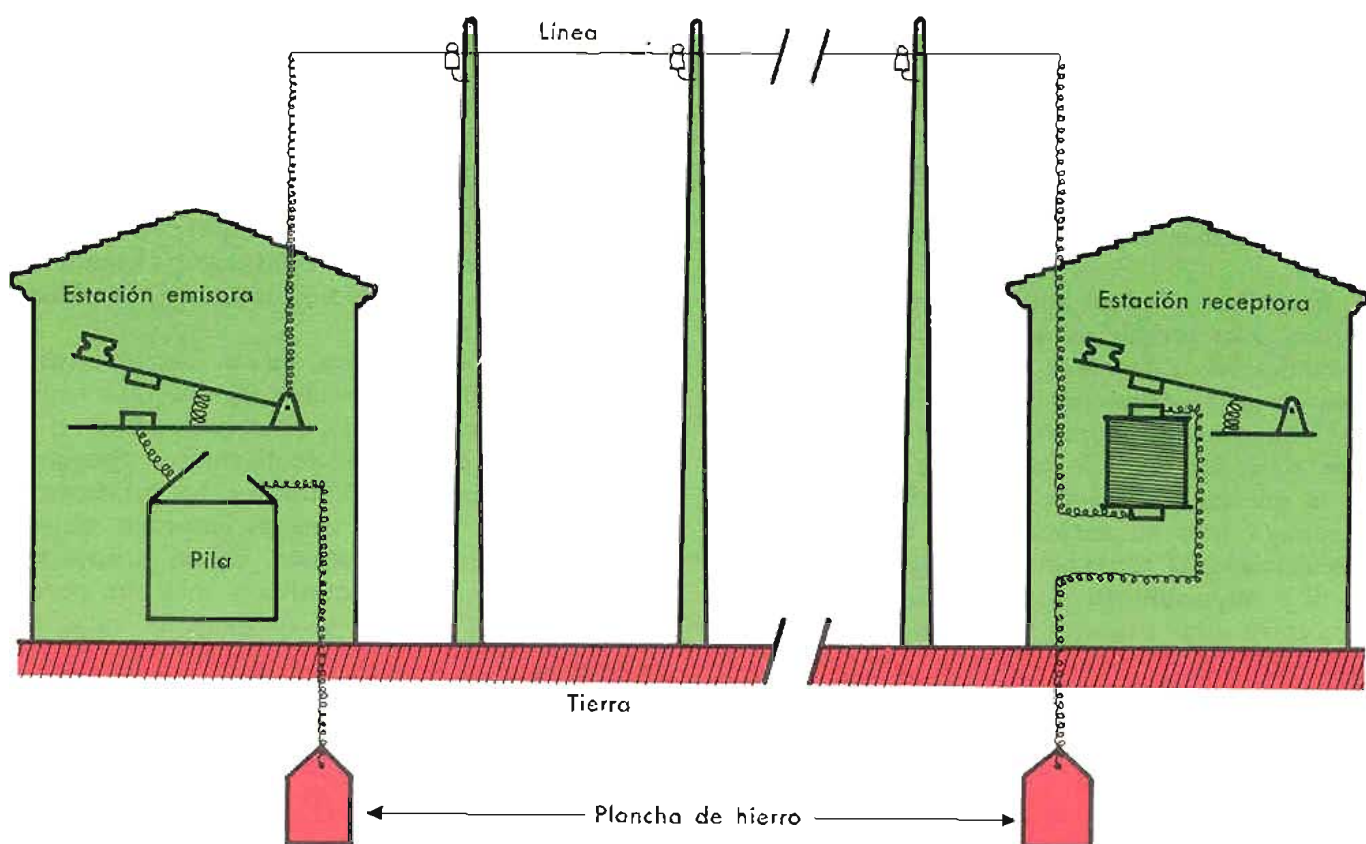
Pero en el caso del telégrafo se hace imposible dar un nombre único; no puede hablarse de un inventor del telégrafo, porque, en realidad, el telégrafo quedó inventado al descubrir la forma de producir electricidad en escala aprovechable y al comprobar que la tierra es conductora y que una corriente eléctrica produce fenómenos magnéticos al pasar a través de una bobina. Generador (pila), conductor (cable y tierra) e imán son los elementos que han hecho posible el telégrafo. Es-

tos elementos, mejor o peor aprovechados, han dado por resultado distintos sistemas de comunicación telegráfica. Por ello, si bien no podemos hablar de un inventor del telégrafo, sí podemos hablar de los inventores de cada uno de los múltiples sistemas de telegrafía alámbrica.

El telégrafo, en esencia, consiste en un circuito eléctrico establecido entre los lugares que se desea poner en comunicación. Dicho circuito está formado por un hilo conductor, aislado de tierra por medio de una serie de postes, que une los

puntos a relacionar. En uno de los dos lugares que se ponen en comunicación se encuentra el aparato que lanza el mensaje; es la estación emisora. En el otro punto, llamado estación receptora, encontramos el receptor, formado por un electroimán y una lámina de hierro. El circuito está alimentado por un generador de corriente continua (una pila). El camino de regreso para la corriente eléctrica es la tierra.

Vea el gráfico que representa el circuito del telégrafo y analícelo un poco:



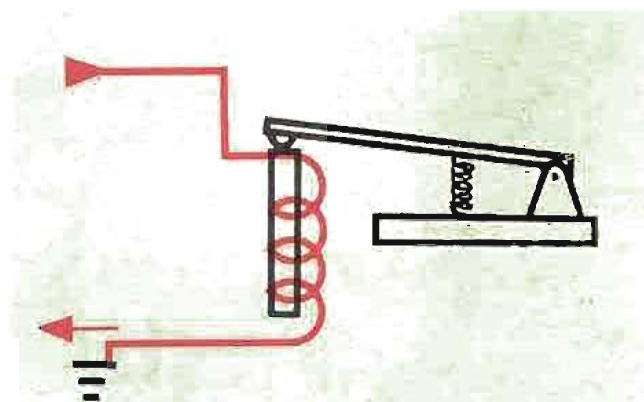
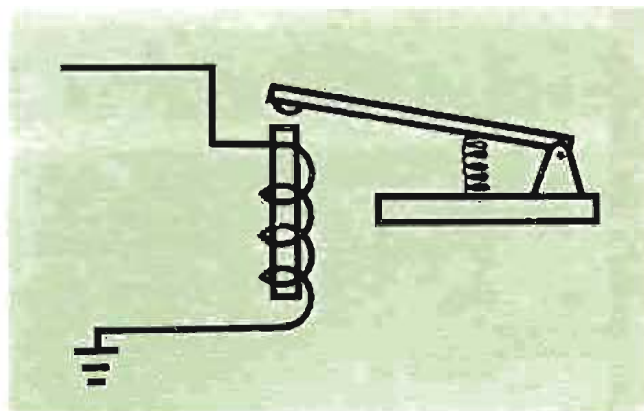
Representación simbólica de una instalación telegráfica. Los impulsos de corriente controlados desde la estación emisora llegan al receptor a través de la línea y regresan utilizando la tierra como conductor.

En la estación emisora, puede ver cómo uno de los bornes de la pila queda conectado a la tierra por medio de una plancha metálica. Del otro borne de la pila arranca un conductor que lleva la corriente hasta uno de los contactos de un interruptor del tipo pulsador. En realidad se trata de una palanca que se mantiene separada del contacto gracias a la presión de un muelle. De esta palanca parte la línea aérea que comuni-

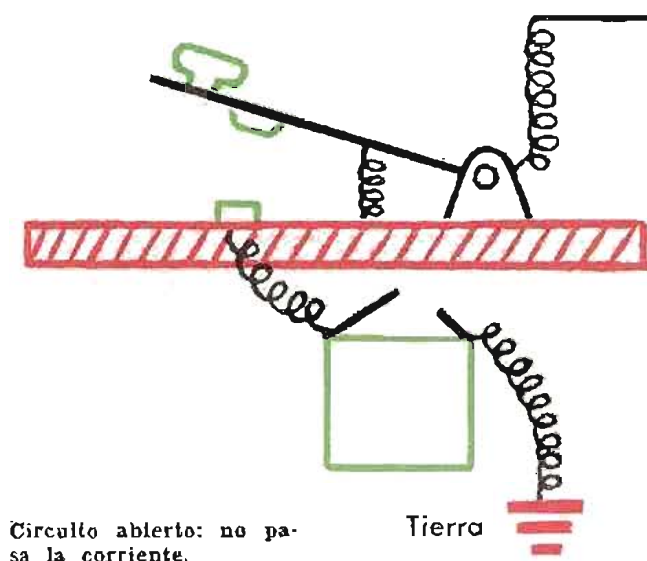
ca el emisor con el receptor. Este alambre conductor termina a la entrada de la bobina del electroimán del receptor, cuyo otro extremo se comunica con la tierra gracias a la consabida placa de metal.

Por encima del núcleo del electroimán se monta una palanca metálica que, gracias a la fuerza ejercida por un muelle, queda normalmente separada de él.

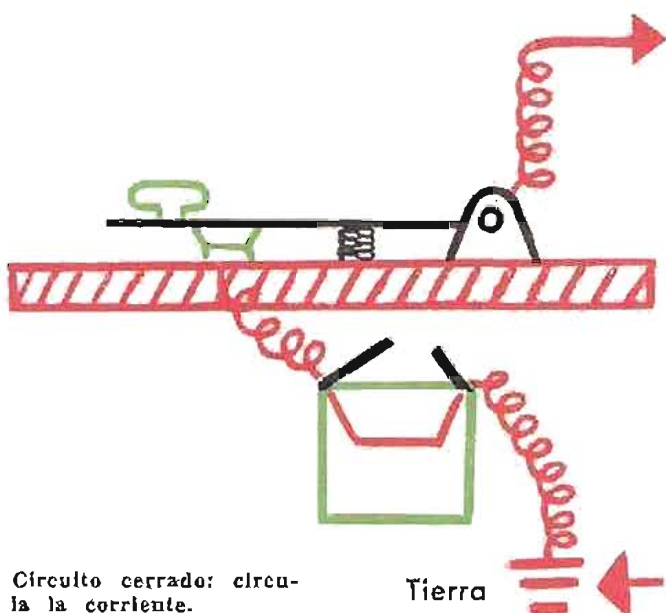
Mientras la palanca del aparato emisor permanezca separada del contacto, el circuito permanecerá abierto; no circulará la corriente. Pero en cuanto oprimamos el pulsador se cerrará el circuito y circulará la corriente que, llegando a la bobina del electroimán, atraerá la palanca metálica del receptor. Esta palanca quedará adherida al núcleo de hierro del electroimán mientras la corriente circule por él, o sea, mientras en la estación emisora se mantenga apretado el pulsador. Cuando dejemos de oprimirlo el muelle se cuidará de abrir de nuevo el circuito; la corriente se interrumpirá, el electroimán de la estación receptora dejará de actuar y la palanca que se mantenía pegada a él gracias a la fuerza magnética se verá impulsada hacia arriba por el empuje del muelle.



Cuando la corriente alcanza el receptor, el electroimán atrae la palanca, que normalmente permanece separada de él por la presión del muelle.



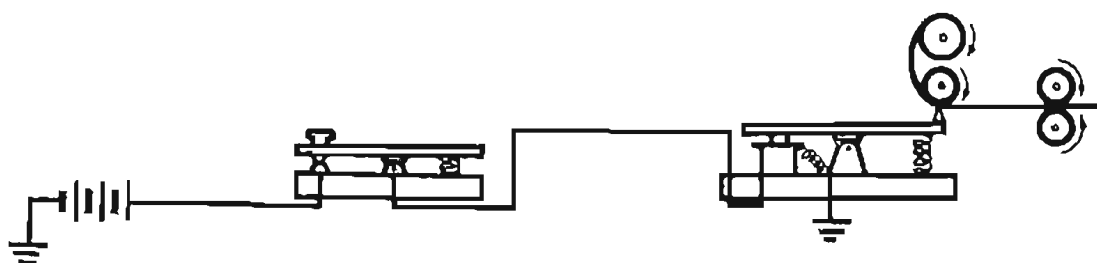
Circuito abierto: no pasa la corriente.



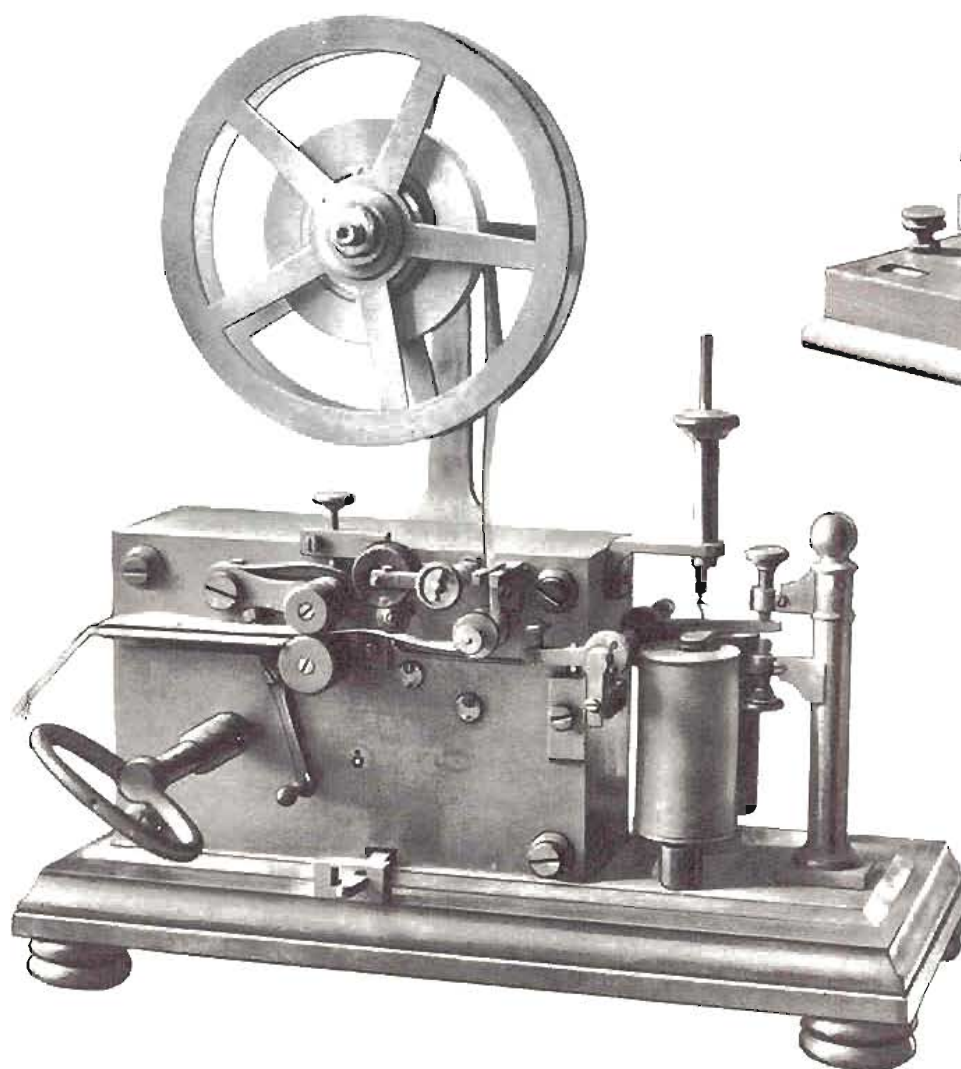
Circuito cerrado: circula la corriente.

Se comprende que, según sea la duración de la corriente, tendremos oscilaciones más o menos largas en la palanca del receptor. Una pulsación rapidísima en el emisor se traducirá en una vibración instantánea en el receptor. Y así, pulsando de forma intermitente la palanca del aparato emisor —con lo cual provocaremos impulsos de corriente más o menos duraderos—, en el receptor tendremos respuestas que se traducirán en períodos más o menos largos de atracción del imán.

Supongamos ahora que en uno de los extremos de la palanca del receptor colocamos una punta de grafito (una mina de lápiz) y que por encima de ella, gracias a un mecanismo de relojería, conseguimos que se deslice una cinta de papel. Es evidente que si el imán atrae la palanca, la punta de grafito trazará en el papel una raya, tanto más larga cuanto mayor sea la duración del impulso eléctrico recibido. De esta forma, mediante pulsaciones largas y pulsaciones cortas en el emisor, obtendremos en la cinta del receptor una serie de rayas y puntos.



Esquema completo de una instalación telegráfica cuyo receptor imprime puntos y rayas en una cinta de papel.



Manipulador telegráfico tipo Morse.

Receptor de telegrafía Morse de últimos del siglo XIX. El mecanismo que sincroniza los impulsos eléctricos con el avance de la cinta está accionado por un motor de resorte.

Para transmitir una frase a través de este dispositivo es necesario establecer una relación entre las letras del alfabeto y la forma de pulsar el manipulador. En 1832 el americano Samuel Morse inventó el código o clave que lleva su nombre, que se utiliza mundialmente.

En dicho código cada letra del alfabeto está

representada por una sucesión de pulsaciones de distinta duración, unas breves y otras largas, que al traducirse en impresiones gráficas se convierten en rayas (pulsaciones largas) y puntos (pulsaciones cortas). Así, por ejemplo, tres pulsaciones breves, o sea tres puntos, representan la letra S; y tres pulsaciones más largas, la letra O.

# CODIGO MORSE

LETRAS		NUMEROS	
a	. _ _ _	0	_ _ _ _ _
b	_ . . . .	1	. _ _ _ _
c	_ . _ . _ .	2	. . _ _ _
ch	_ _ _ _ _	3	. . . _ _
d	_ _ . .	4	. . . . _
e	-	5	. . . . .
f	. . _ _ .	6	_ _ . . .
g	_ _ _ .	7	_ _ _ . .
h	. . . .	8	_ _ _ _ .
i	. .	9	_ _ _ _ .
j	. _ _ _ _	SIGNOS CONVENCIONALES	
k	_ _ . _ _	Llamada preliminar	_ . _ . . .
l	. _ . . .	Enterado	. . . . .
m	_ _ _ _	Repetición	. . _ _ _ . .
n	_ _ .	Error	. . . . . . .
ñ	_ _ _ . _ _ _	Fin de transmisión	. . . _ _ . . . .
o	_ _ _ _ _	Espera	. _ . . . .
p	. _ _ _ .	Telégrafo	. . . _ . . .
q	_ _ _ _ . _ _	Urgente	_ _ . . . . .
r	. _ _ .	SIGNOS DE PUNTUACION	
s	. . .	Punto y seguido .	. . . . .
t	_	Punto y coma ;	_ . _ _ . . .
u	. . _ _ _	Coma ,	. _ _ _ . _ _
v	. . . _ _	Dos puntos :	_ _ _ _ . . . .
x	_ _ . . _ _	Interrogación ?	. . _ _ _ . .
y	_ _ . _ _ _	Punto y aparte .	. _ _ _ . . . .
z	_ _ _ . . .	Guión —	_ . . . . .
		Admiración !	_ _ _ _ . _ _ _

El receptor descrito es el más empleado, puesto que proporciona una impresión gráfica del mensaje que puede descifrarse después de recibido. Pero existían, y existen aún, receptores que transforman la señal emitida desde el manipulador en destellos luminosos o en señales acústicas. Es fácil comprender que la palanca del receptor puede sustituirse por una pieza vibrante accionada por un circuito de timbre.

En líneas generales, éste es el telégrafo; como es natural, ha sufrido múltiples variaciones, siempre en el sentido de un mayor perfeccionamiento.

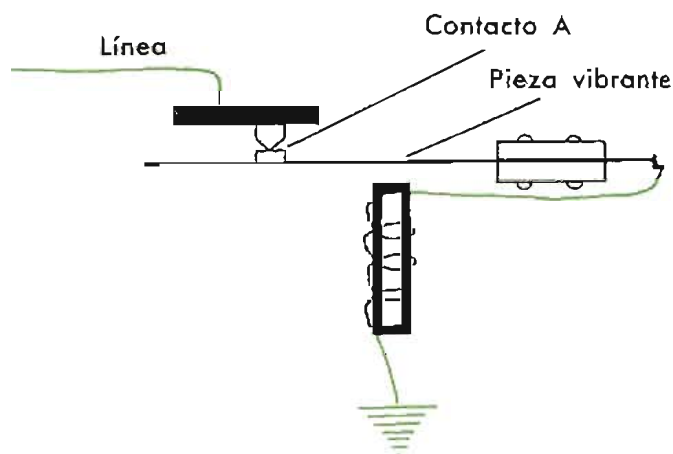
Morse, Breguet, Hughes y Baudot, entre otros, son inventores de sendos sistemas de telégrafos.

El telegrama es la forma más actual del servicio telegráfico de los distintos países. Los mensajes se reciben directamente *en letras* que forman las palabras sobre cintas de papel. Estas cintas, recortadas y pegadas en un envoltorio especial, pasan a su destinatario.

El telégrafo normal adolece de dos inconvenientes:

1. Es necesario el tendido de una línea aérea, cuya longitud puede ser de muchos kilómetros, y atender a su conservación, cosa que representa un presupuesto muy considerable.

2. Para transmitir e interpretar los mensajes, hace falta personal especializado capaz de dominar el código empleado.



La palanca del receptor puede sustituirse por una pieza vibrante accionada por un circuito de timbre. Cuando la pieza es atraída por el imán se separa del contacto A, se abre el circuito, cesa la corriente y la pieza vibrante vuelve al punto de partida por su misma elasticidad, haciendo de nuevo contacto con A. Con ello pasa de nuevo la corriente, repitiéndose la atracción. Este ir y venir de la pieza vibrante, que es rapidísimo, produce el clásico zumbido del vibrador.

## EL TELEFONO

Para resolver la segunda dificultad varios investigadores se empeñaron en descubrir un sistema que permitiese transmitir no sólo señales, sino los sonidos propios de la voz humana: palabras habladas.

En 1847 nació en Edimburgo, Escocia, Alejandro Graham Bell, quien después de laboriosos trabajos, consiguió transmitir un mensaje oral por medio de un sistema de su invención. Era el 10 de mayo de 1876. Este primer mensaje se transmitió a través de un hilo conductor entre dos habitaciones de la casa del inventor que distaban cosa de tres metros. Es muy poca distancia, ¡pero había nacido el teléfono!

Graham Bell murió en Nueva Escocia (EE. UU.) en 1922.

El teléfono es muy parecido al telégrafo. Su circuito básico es el mismo; la diferencia esencial está en la estructura de la estación emisora y de la estación receptora.

El manipulador se sustituye por un aparato

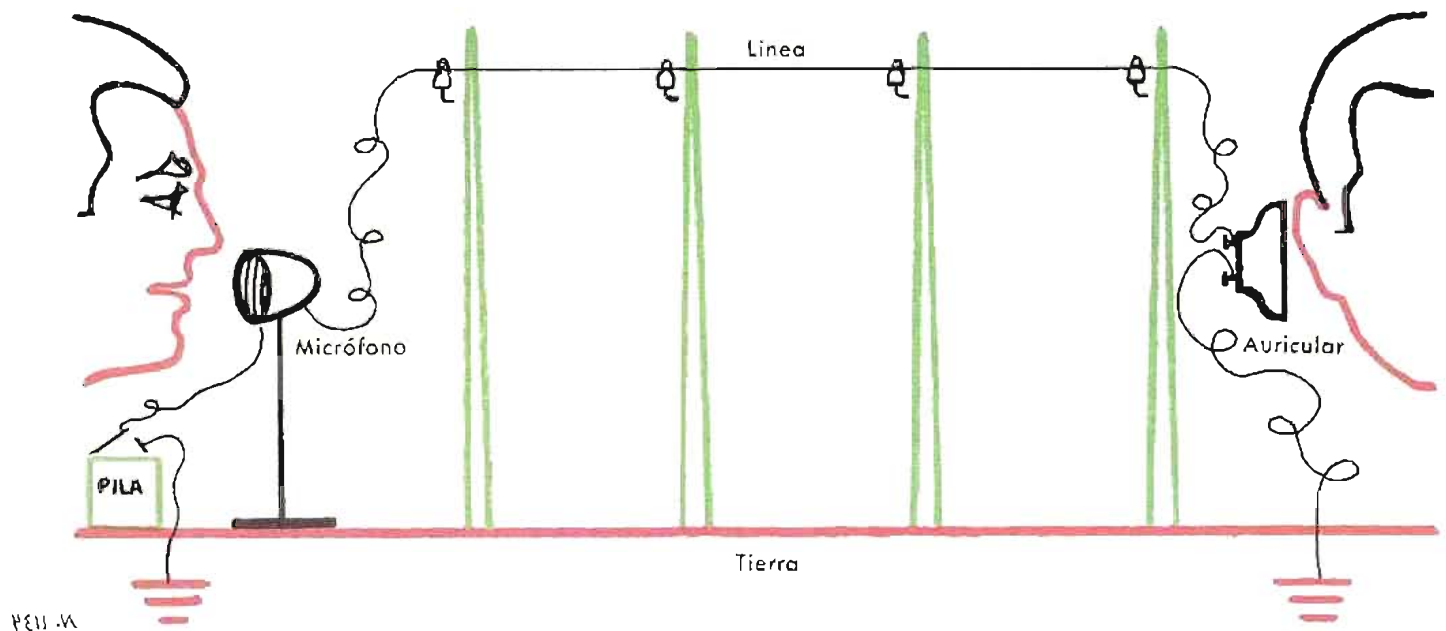


ALEJANDRO GRAHAM BELL

llamado micrófono; y el electroimán y lámina metálica del receptor por un dispositivo que se conoce por auricular.

El circuito, pues, queda formado por la pila, el micrófono, la línea, el auricular y el suelo.

Puesto que el secreto del teléfono está en el *micro* y el *auricular*, conocer la estructura y funcionamiento de la transmisión telefónica consiste fundamentalmente en saber cómo son y actúan ambos ingenios.

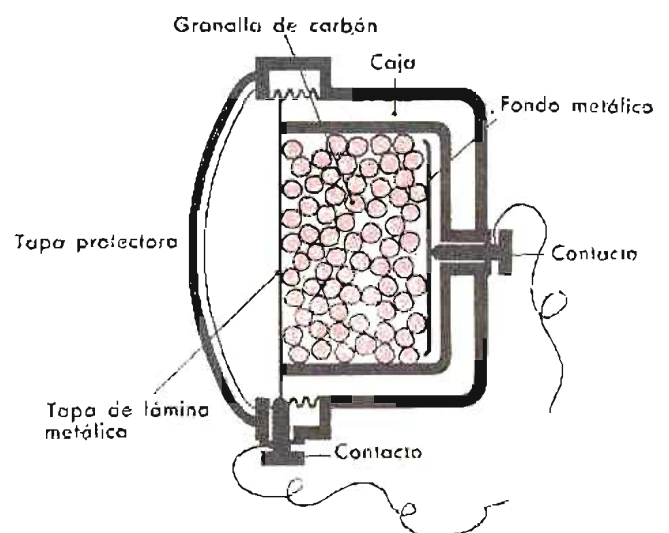


El circuito de una instalación telefónica es muy similar al de una instalación telegráfica. Está formado por la pila, el micrófono, la línea, el auricular y la tierra.

## El micrófono

Podemos comparar el micrófono a un manipulador, pero con una sensibilidad tal que es capaz de proporcionar impulsos de corriente con las simples presiones que recibe de las ondas sonoras producidas por una voz humana en vez de necesitar la presión de una mano. Claro que esta extremada sensibilidad requiere una estructura muy especial; es esta estructura lo que vamos a estudiar:

Un micrófono está formado por una caja cilíndrica con fondo metálico. Esta caja está cerrada por una lámina muy delgada, también metálica, colocada de tal forma que pueda vibrar en sentido transversal, según la dirección del eje de la caja. El interior del micrófono se llena por completo de granalla de carbón, que no es otra cosa que un conjunto de gránulos de carbón de forma generalmente esférica. Del fondo de la caja y de la tapa arrancan sendos hilos conductores.



Representación esquemática de un micrófono de carbón.



**Micrófono moderno.**

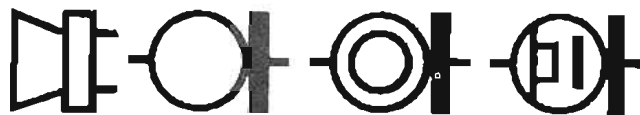
Veamos el comportamiento de este ingenio:

La corriente de la pila que llega a la placa vibrante del micrófono debe pasar a través de la granalla de carbón antes de seguir su camino por el cable de la línea, eso es evidente. El carbón ofrece una resistencia al paso de la corriente tanto menor cuanto más íntimo sea el contacto entre sus distintos gránulos; resistencia que aumenta a medida que este contacto se hace más débil.

Piense ahora: ¿cuál será el mejor sistema para aumentar el contacto entre las partículas de la granalla...? No hay otro más efectivo que presionar por la superficie libre; a mayor presión, más contacto.

Esta es la misión de la lámina vibrante de la tapa. Cuando una fuerza exterior la empuja hacia adentro, los gránulos de carbón se comprimen, aumenta el contacto entre ellos e inmediatamente disminuye la resistencia. La fuerza exterior que provoca la vibración de la tapa del micrófono es la percusión producida por las ondas sonoras emitidas por una voz humana, instrumen-

## ESQUEMAS UTILIZADOS PARA REPRESENTAR MICROFONOS



1. — Micrófono antiguo. Este símbolo es el más empleado para representar micrófonos en general.
2. — Símbolo general de micrófono.
3. — Micrófono de carbón.
4. — Micrófono de cristal.

to musical... o cualquier manantial sonoro. Digamos que se habla ante el micrófono: a cada inflexión de la voz corresponden ondas de distinta frecuencia y distinta amplitud, cada una de las cuales comprime la lámina vibrante en una medida determinada. Con ello obtenemos unas variaciones de la resistencia que siguen el mismo ritmo que las variaciones de la frecuencia del sonido. Y para usted, que ya conoce la ley de Ohm, resulta muy

simple comprender que si  $I = \frac{V}{R}$ , la intensidad

de la corriente que atraviesa el micrófono aumentará al disminuir la resistencia, cosa que sucederá al percutir sobre la lámina un sonido de mayor amplitud, y disminuirá cuando disminuya la presión (ondas de menor amplitud), puesto que aumenta la resistencia.

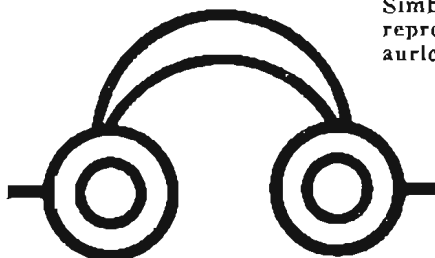
En definitiva: cuando se habla ante el micrófono, circula por el hilo conductor una corriente cuya intensidad varía a tenor de las variaciones de la frecuencia de los sonidos emitidos. Estas corrientes atraviesan la línea hasta llegar a la estación receptora.

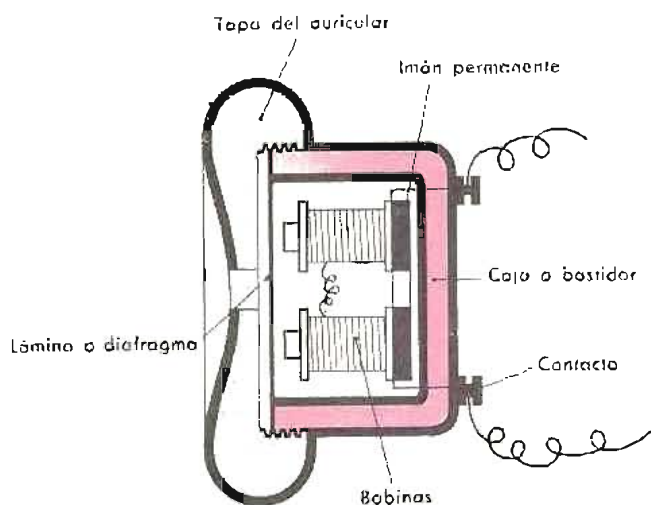
## El auricular

Es el dispositivo encargado de convertir de nuevo en ondas sonoras la corriente variable que sale del micrófono.

El auricular está formado por un pequeño imán en forma de U, sobre cuyos polos se han enrollado sendas bobinas por las que circula la corriente que a través de la línea llega de la esta-

Símbolo empleado para representar un juego de auriculares.





Sección de un auricular mostrando la disposición de sus componentes.

ción emisora. Este conjunto se coloca dentro de una caja cilíndrica, que se cierra con una lámina circular de plancha de hierro extremadamente delgada que se sitúa frente a los polos del imán y se apoya en los bordes de la caja. Una nueva tapa roscada y con una perforación central mantiene la lámina constantemente en contacto contra la boca de la caja, pero permite la libre vibración del resto de la pieza.

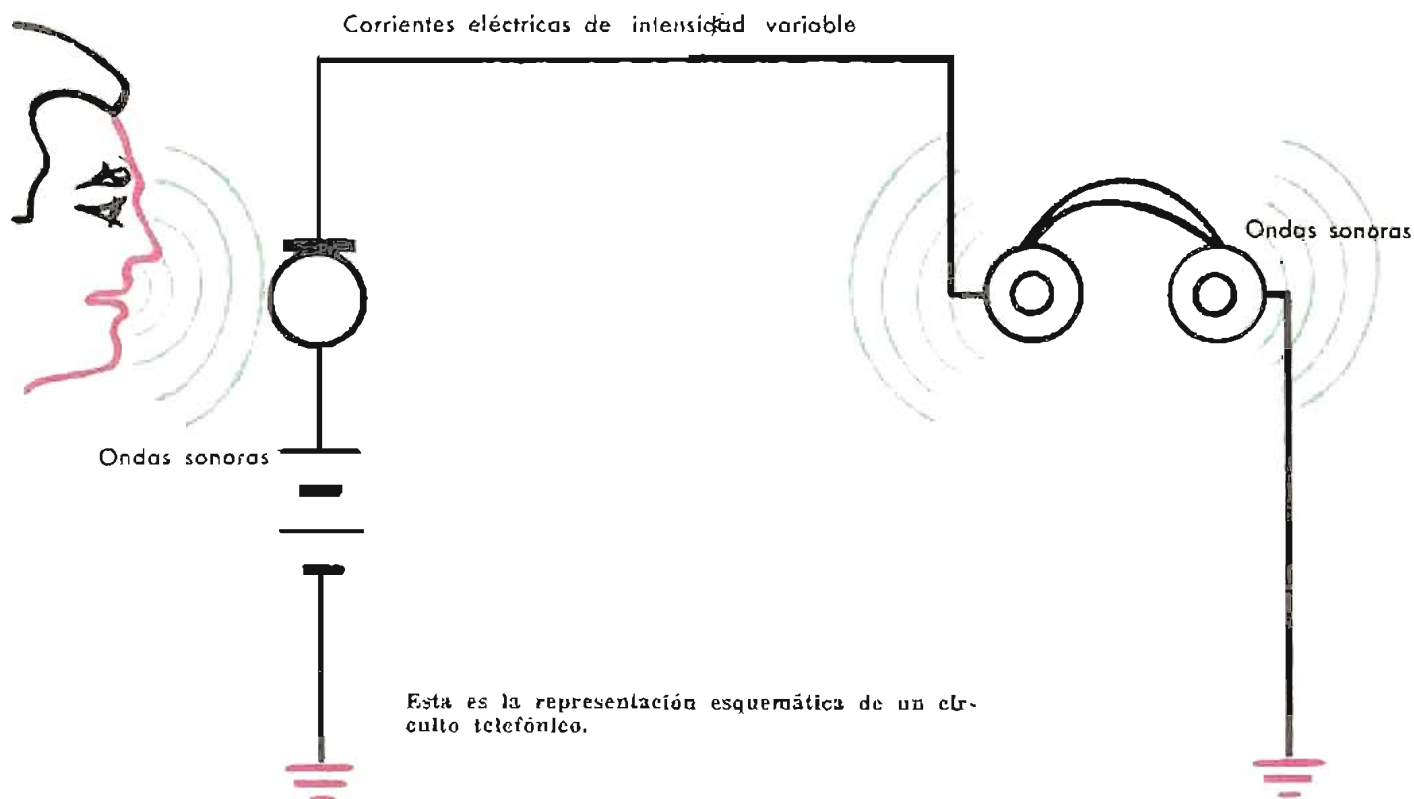
La atracción de los polos del imán hace que la lámina se encuentre normalmente un poco abombada hacia el interior; pero el efecto de atracción del imán depende de la intensidad de la corriente que circula por sus bobinas, intensidad que como hemos visto, varía al compás de las variaciones de la frecuencia del sonido que afecta el micrófono de la estación emisora.

En consecuencia, la lámina del auricular se verá más o menos atraída por el imán, según *mande* la voz que transmite el mensaje. Es decir: vibrará con la misma frecuencia con que las ondas sonoras hacen vibrar la lámina del micrófono.

Ello explica por qué los sonidos producidos frente al micrófono son fielmente reproducidos por el auricular.

En resumen: el teléfono es un sistema de comunicación alámbrica que funciona mediante los impulsos eléctricos provocados en el emisor gracias a unas ondas sonoras. Estos impulsos se propagan a través de una línea conductora, aprovechando las especiales aptitudes que para ello tiene la energía eléctrica. Al llegar al receptor, estas corrientes pulsatorias motivan la formación de nuevas ondas sonoras cuya frecuencia es la misma de las que antes provocaron los impulsos eléctricos.

El teléfono, sin duda, supone un importante progreso; pero sigue con el defecto de precisar una línea conductora con kilómetros y más kilómetros de tendido.



Esta es la representación esquemática de un circuito telefónico.

## LA RADIO

En Hamburgo, el año 1857, nació el hombre destinado a suprimir este último inconveniente: Enrique Hertz, que murió en Bonn en 1894.

Por una experiencia de laboratorio, Hertz consiguió demostrar que las ondas eléctricas pueden propagarse en el espacio sin necesidad de línea conductora. Ello significa que las ondas eléctricas generadas en un micrófono pueden afectar un auricular sin el concurso de un hilo que les sirva de soporte.



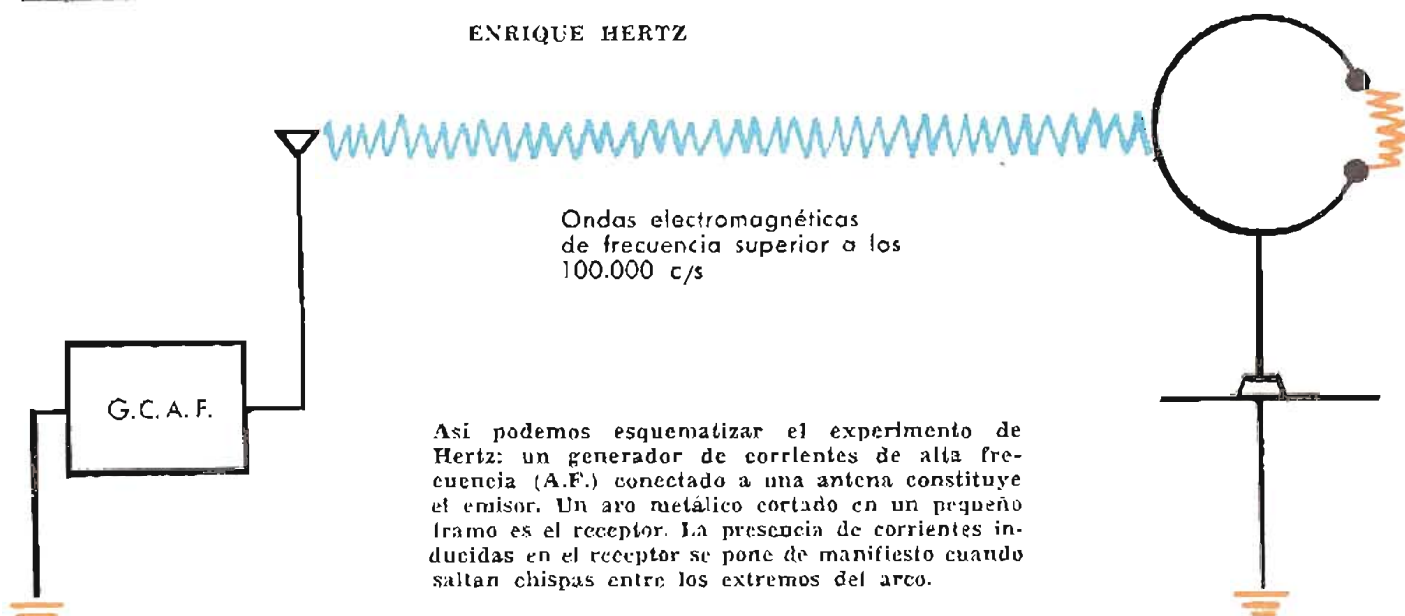
ENRIQUE HERTZ

Sin embargo, para que se dé este fenómeno, las ondas eléctricas deben cumplir con una condición especial: alcanzar una determinada frecuencia. Es inútil intentar la transmisión inalámbrica de corrientes cuya frecuencia es la misma que la de las ondas sonoras. Éste es el caso de las corrientes telefónicas, cuya frecuencia, que oscila a tenor de la de un sonido, alcanza como máximo 16.000 ciclos por segundo.

Por el sistema de Hertz las ondas eléctricas se propagan a partir de frecuencias aproximadas a los 100.000 ciclos por segundo.

Para sus experiencias, Hertz utilizó un generador de corriente alterna de elevadísima frecuencia. Las ondas eléctricas emitidas por aquel generador alcanzaban un aro metálico situado a corta distancia e inducían en él una tensión eléctrica. Pudo hacer patente esa inducción cortando el aro por un punto y observando cómo desde los límites del corte saltaban pequeñas chispas. La distancia entre el generador y el aro receptor no era superior a la que Bell consiguió cubrir con su primer teléfono. Empero, como en aquel entonces el teléfono, ¡había nacido la radio!

El experimento de Hertz es suficiente para demostrar la posibilidad de conseguir un sistema de comunicación inalámbrica. En efecto: cuando el generador está en marcha saltan chispas en el aro receptor; cuando el generador deja de funcionar cesan las chispas. Así, pues, si hacemos que funcione a ráfagas, el receptor nos dará destellos también con carácter intermitente. El generador puede funcionar a intervalos que sigan el código Morse, en cuyo caso las señales recibidas responderán a los mismos intervalos.

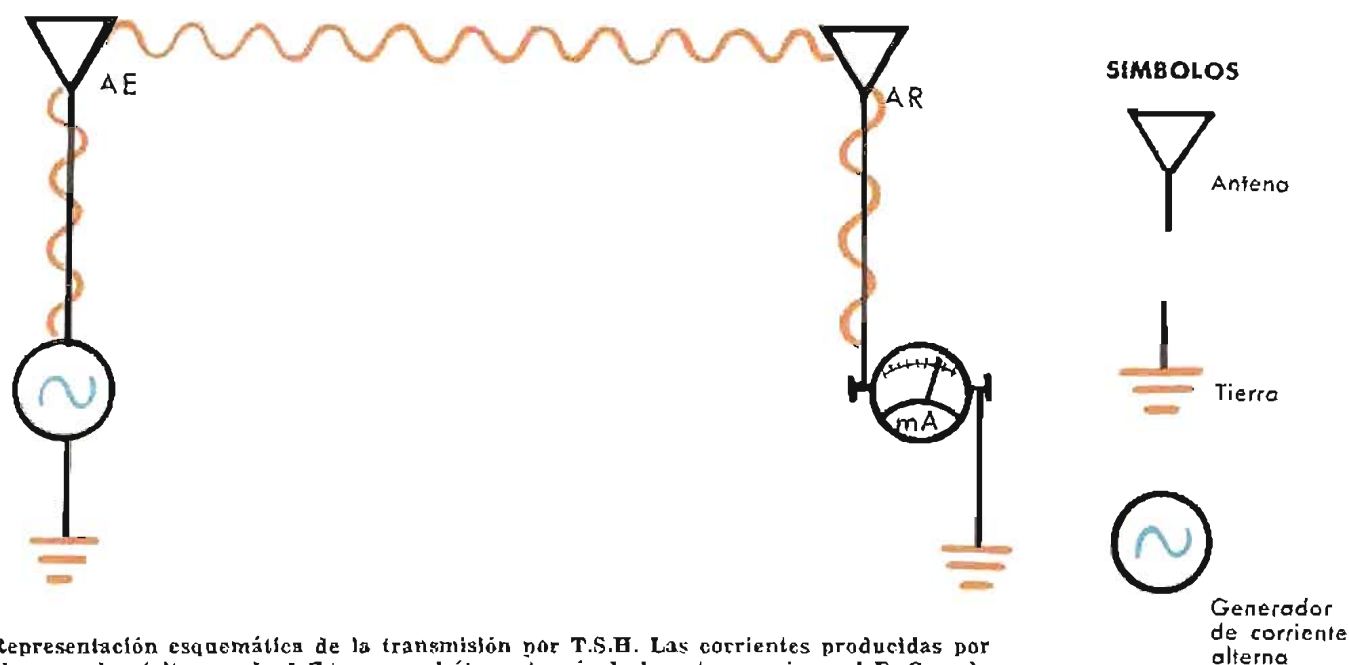


La telegrafía sin hilos (T.S.H.) o radiotelegrafía consiste fundamentalmente en lo que acabamos de explicar... y algo más. El principio de la transmisión por radio puede resumirse así: Si conectamos a tierra un polo de un generador de corrientes de alta frecuencia, y el otro polo a un hilo metálico situado a una cierta altura (hilo que recibe el nombre de antena emisora), las cargas positivas y negativas que alternativamente le llegan producen en el éter el mismo efecto que las piedras arrojadas a un estanque; es decir: ondas. Sabemos que cuando un conductor es recorrido por una corriente se crea un campo magnético a su alrededor; por ello las ondas que arran-

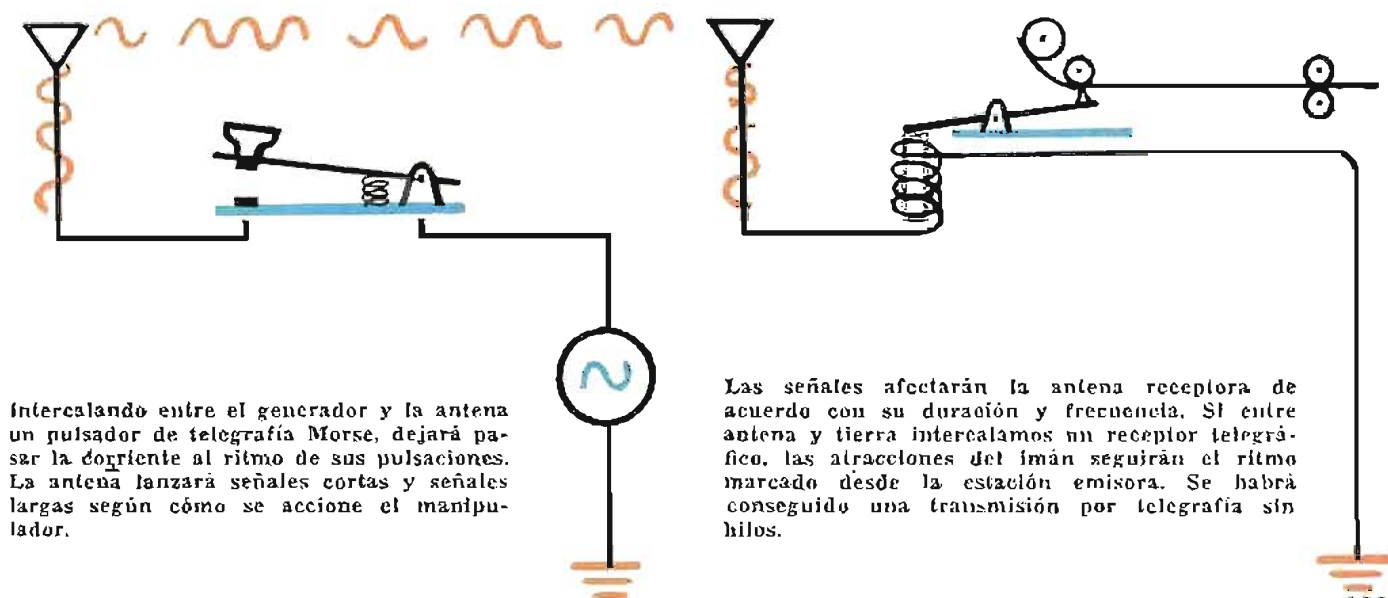
can de la antena emisora y que tienen naturaleza eléctrica, son también de índole magnética. De ahí que las ondas de radio se llamen comúnmente ondas electromagnéticas.

Si a cierta distancia de la antena emisora se coloca otro dispositivo igual (será la antena receptora), las ondas electromagnéticas que provienen del emisor provocan en él corrientes inducidas de características idénticas a las que el generador transmite a la antena emisora.

En el experimento de Hertz estas corrientes servían para hacer saltar una chispa; pero también pueden utilizarse para accionar cualquier dispositivo que permita una transmisión telegráfica.



Representación esquemática de la transmisión por T.S.H. Las corrientes producidas por el generador (alternas de A.F.) pasan al éter a través de la antena emisora A.E. Cuando alcanzan la antena receptora A.R. originan en ella corrientes inducidas, que son acusadas por un aparato sensible; un amperímetro, por ejemplo.



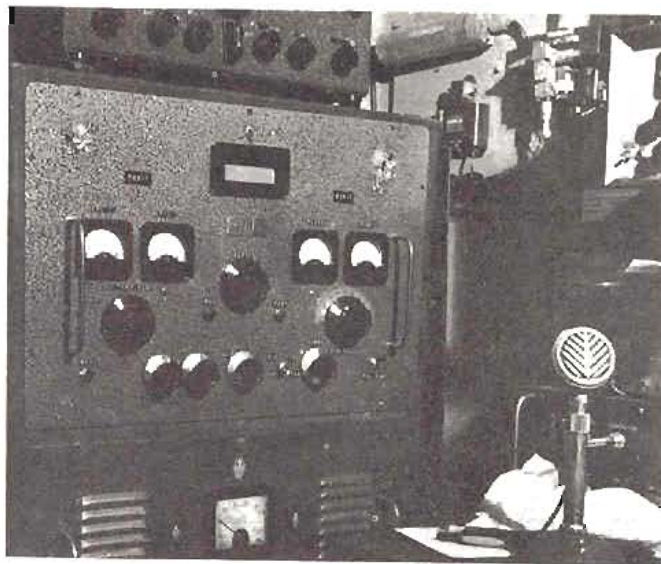
Intercalando entre el generador y la antena un pulsador de telegrafía Morse, dejará pasar la corriente al ritmo de sus pulsaciones. La antena lanzará señales cortas y señales largas según cómo se accione el manipulador.

Las señales afectarán la antena receptora de acuerdo con su duración y frecuencia. Si entre antena y tierra intercalamos un receptor telegráfico, las atracciones del imán seguirán el ritmo marcado desde la estación emisora. Se habrá conseguido una transmisión por telegrafía sin hilos.

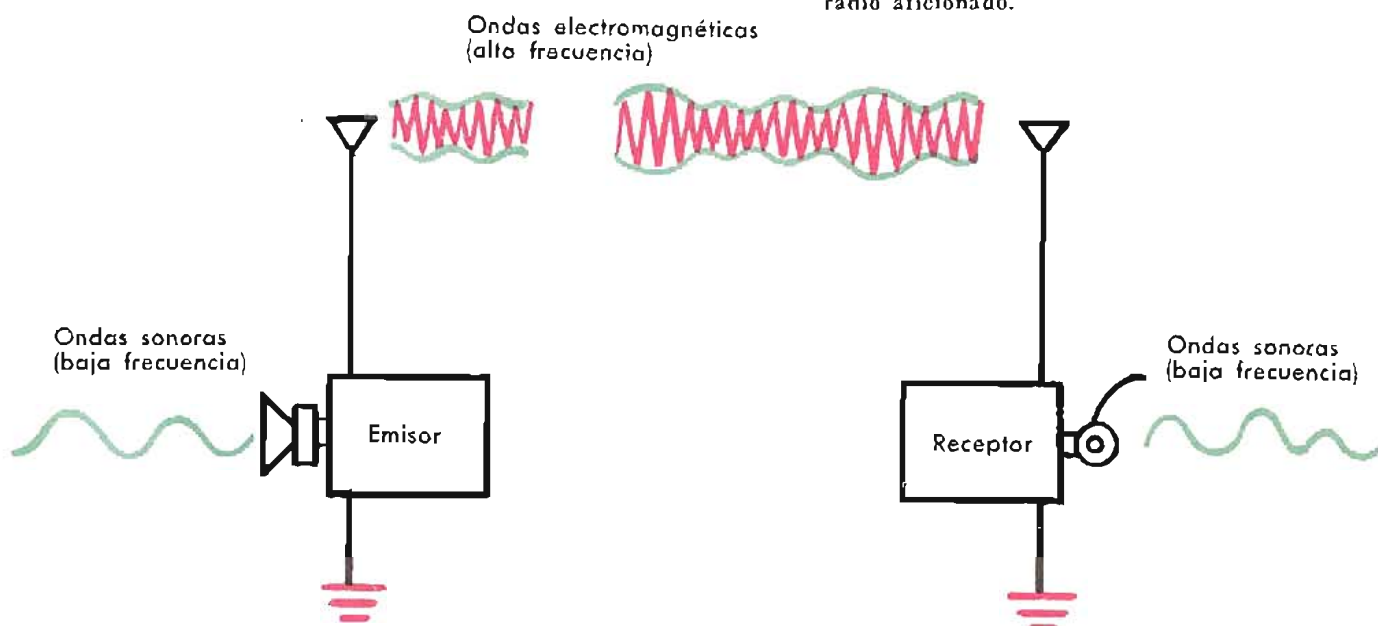
La T.S.H. salva el inconveniente del hilo conductor; pero, en cambio, carece de la ventaja del teléfono. Falta incorporar la palabra a este sistema de comunicación.

El salto decisivo hacia la actual estructura de la radio, se dio cuando Lee de Forest inventó el triodo termoiónico, elemento fundamental de la telefonía sin hilos o radiotelefonía, a cuyo estudio dedicaremos una lección posterior.

El gran problema y el gran triunfo de la radio estriba en la transformación de las ondas de baja frecuencia (B.F.) que proceden de un micrófono (ondas sonoras) en corrientes de alta frecuencia (A.F.) aptas para aplicarse a una antena con el fin de transmitir las a través del éter en forma de ondas electromagnéticas. Este trueque implica la existencia de un buen número de dispositivos electrónicos, cuyo conjunto constituye la estación emisora.



Estación emisora-receptora de radiotelefonía. Es una instalación de reducido volumen, propia de un radio aficionado.



El proceso de una transmisión radiofónica es éste: ondas de baja frecuencia (ondas sonoras) que llegan al emisor a través del micrófono. Del emisor salen ondas electromagnéticas de características especiales que se lanzan al espacio por medio de la antena emisora. Las ondas de radio percuten sobre la antena receptora, donde se transforman en corrientes inducidas que, a través del receptor, llegan al auricular para convertirse de nuevo en ondas sonoras.

En cambio, las corrientes captadas por la antena receptora deben experimentar una transformación contraria. El radioreceptor se encarga de convertirlas otra vez en corrientes de B.F. que, cuando se aplican a un auricular, reproducen los sonidos captados por el micrófono. También en este cambio deben intervenir distintos dispositivos.

Se intuye la complejidad de las dos estaciones. Nuestro esfuerzo inmediato consistirá en

aprender el nombre y función de las distintas unidades funcionales que integran un emisor y un receptor. Podemos considerar a cada una de ambas estaciones como una cadena de componentes con personalidad propia. Cada uno realiza su función concreta; de la suma de estas funciones se obtiene la transmisión radiofónica, la conversión de los sonidos en ondas electromagnéticas y luego la conversión de las electromagnéticas de nuevo en ondas sonoras.

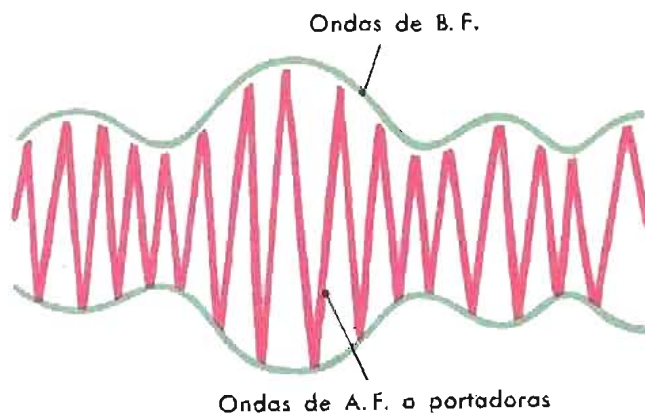
## El emisor

La estación emisora, o simplemente el emisor, contiene los elementos necesarios para conseguir que las ondas de baja frecuencia percibidas por un micrófono sean lanzadas al éter convertidas en ondas electromagnéticas capaces de atravesar el espacio a la velocidad de la luz.

Esta es la síntesis del proceso, que no consiste propiamente en convertir la señal de B.F. (baja frecuencia) recibida del micrófono en una nueva señal cuya frecuencia sea del orden que corresponde a una onda electromagnética. Repetirnos que no es éste el fenómeno exacto que debe producirse en el emisor. Lo que sucede es que la señal de baja frecuencia, que por sus propios medios no podría viajar a grandes distancias ni a grandes velocidades, se hace cabalgar sobre una señal de A.F. (alta frecuencia), llamada onda portadora, que en su calidad de onda electromagnética cumple con las exigencias de velocidad y alcance necesarias para la transmisión radiofónica. Total:

El emisor recibe del micrófono una señal cuya frecuencia corresponde a la de los sonidos emitidos frente a él. Es la señal de B.F. Esta frecuencia es la que entra en el emisor y sale de él cabalgando sobre una onda portadora de naturaleza electromagnética.

Este es el resultado. Su consecución requiere una notable complejidad del emisor, formado por distintos bloques (vamos a llamarlos así), cada

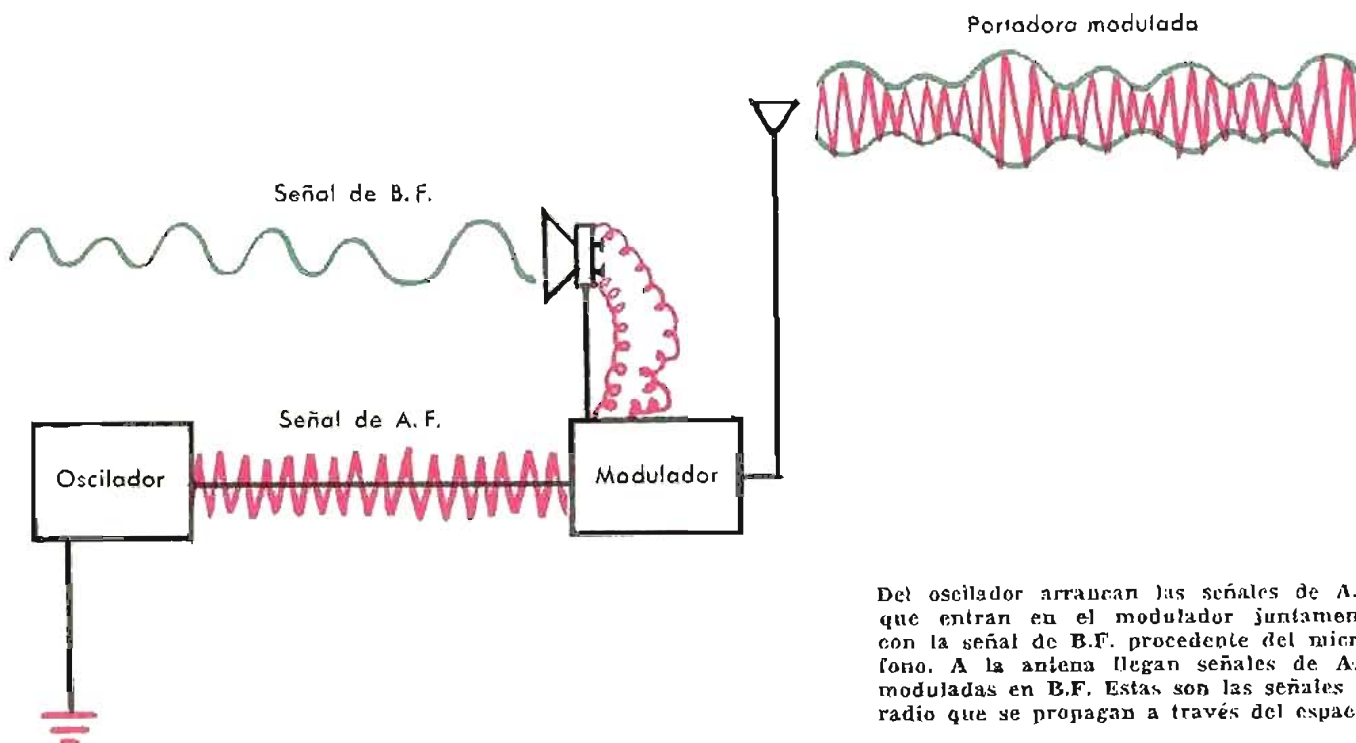


Onda de radio característica. Las ondas de B.F. cabalgan sobre una onda de A.F., cuya amplitud varía de acuerdo con la señal de B.F.

uno de los cuales aporta una acción propia que, debidamente coordinada con la de los demás bloques, consigue dejar la señal de B.F. en condiciones de ser lanzada por la antena.

El emisor consta de un generador de alta frecuencia (A.F.) que recibe el nombre de oscilador.

Las señales generadas por el oscilador (A.F.) y las señales de B.F. que proceden del micrófono se aplican a un dispositivo llamado modulador. A la salida del modulador se obtiene una señal cuya frecuencia es la que proporciona el oscilador (o sea, A.F.), pero cuya amplitud se va modificando de acuerdo con las variaciones de la señal de B.F. procedentes del micrófono. Cuando a la onda portadora creada por el oscilador

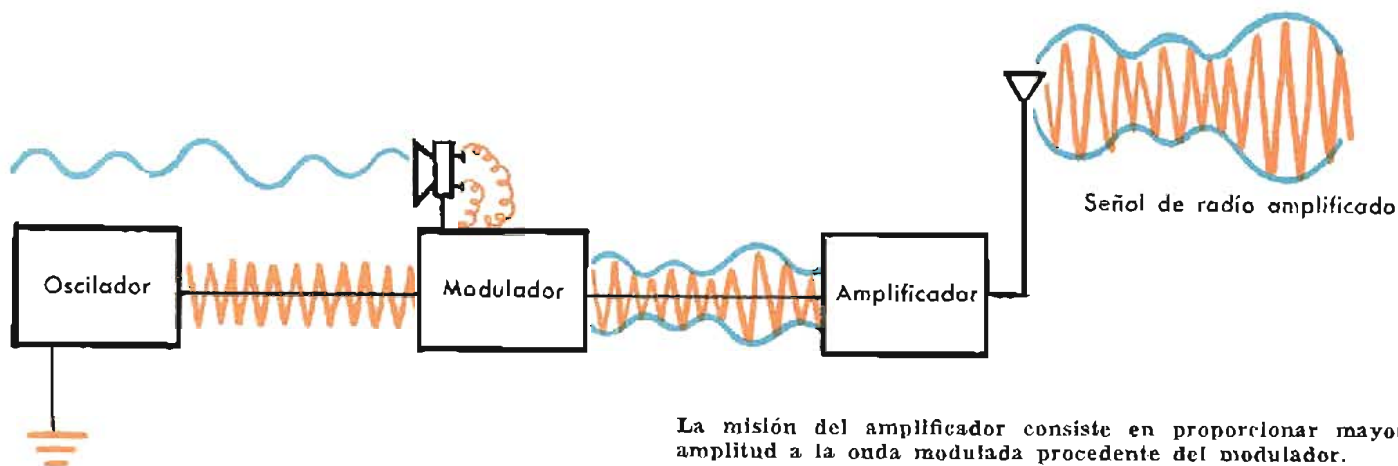


Del oscilador arrancan las señales de A.F. que entran en el modulador juntamente con la señal de B.F. procedente del micrófono. A la antena llegan señales de A.F. moduladas en B.F. Estas son las señales de radio que se propagan a través del espacio.

se le incorpora la onda de baja frecuencia, se habla de su MODULACIÓN; de que está modulada.

La portadora modulada puede aplicarse directamente a la antena; su naturaleza lo permite. Pero, por lo común, como el alcance de una emi-

sora depende de la potencia de las corrientes que se aplican a la antena, se intercala entre ella y el modulador un dispositivo cuya misión es transformar las señales que le llegan en otras de la misma forma y de mayor amplitud; es el AMPLIFICADOR.



La misión del amplificador consiste en proporcionar mayor amplitud a la onda modulada procedente del modulador.

## El receptor

A la antena del receptor llegan las ondas moduladas que lanza la antena emisora. Debe eliminarse la parte no audible de la señal recibida, para dejar intactas las señales de frecuencia audible.

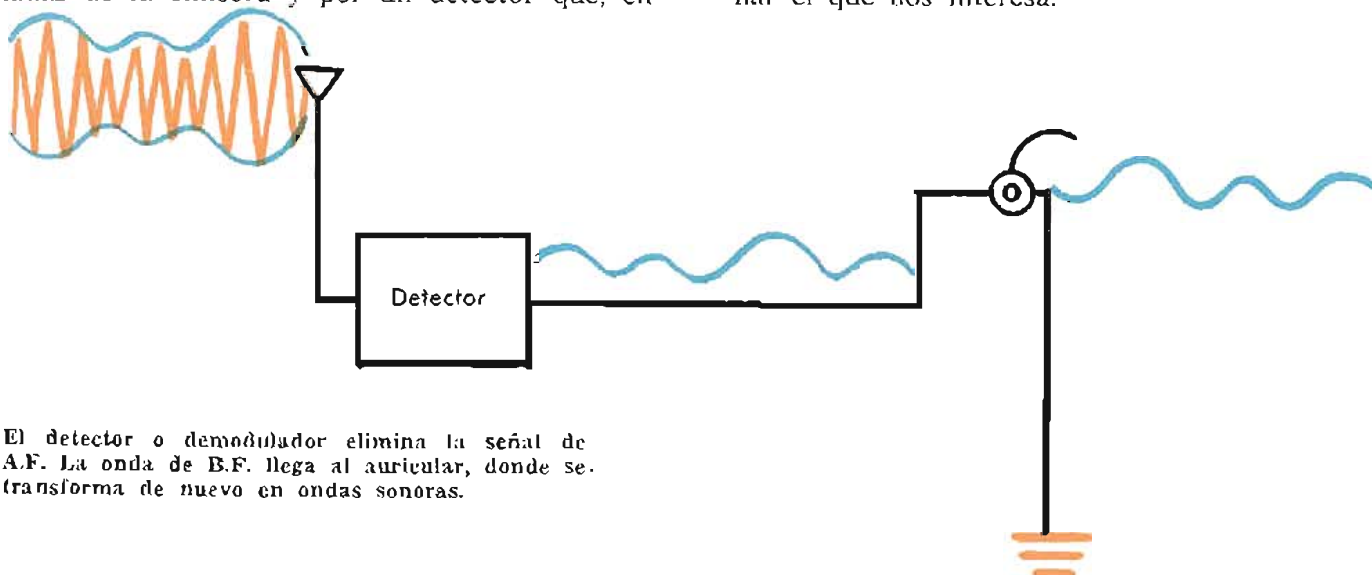
El receptor, en efecto, dispone de un elemento que realiza la función inversa del modulador: extrae la señal de B.F. incorporada a la portadora, eliminando a ésta, que únicamente ha servido de vehículo en su viaje a través del espacio. El dispositivo que cumple con esta misión se llama DETECTOR, y algunas veces también DESMODULADOR.

Un receptor, en síntesis, podría estar formado por una antena para recibir las señales moduladas de la emisora y por un detector que, eli-

minando la señal de A.F. portadora, deja en libertad la onda de B.F. que llega a un auricular, donde se transforma de nuevo en sonido. Antena, detector y auricular formarían el receptor simple.

Sin embargo, un receptor tan elemental presenta gravísimos inconvenientes; es prácticamente inservible.

El más grave es el que deriva del hecho de que la antena receptora recibe las ondas emitidas no por una sola emisora, sino que recibe señales que proceden de una verdadera multitud de emisoras. El resultado es que en el auricular se perciben mezclados todos los sonidos procedentes de todas ellas sin posibilidad de seleccionar el que nos interesa.



El detector o demodulador elimina la señal de A.F. La onda de B.F. llega al auricular, donde se transforma de nuevo en ondas sonoras.

Al receptor elemental se le añade un dispositivo capaz de seleccionar la emisión deseada y de impedir que las demás lleguen al detector. Este dispositivo es el **SELECTOR**.

El selector, pues, se coloca entre la antena y el detector. Según la mayor o menor eficacia de su función, se habla de la mayor o menor selectividad del receptor.

Cada emisora se caracteriza por la frecuencia de su onda portadora. Cuando decimos que tenemos sintonizada tal o cual emisora, queremos decir que, habiendo accionado el mando del selector, éste actúa en el sentido de dejar paso a las ondas cuya frecuencia es la propia de la emisora cuyo programa nos interesa, oponiéndose a las señales de distinta frecuencia para que no lleguen al detector.

Otro importante problema a resolver es el que se deriva de la pérdida de potencia experimentada por la onda de A.F. modulada a medida que se aleja de la emisora. La energía radiada por la antena emisora se propaga cubriendo zonas cada vez mayores y el amortiguamiento de las ondas debilita su intensidad.

Si el receptor está muy lejos de la emisora puede suceder que las corrientes inducidas en su antena sean tan débiles que lleguen al auricular con potencia insuficiente para hacer que funcione.

El remedio está en proveer al receptor de un **AMPLIFICADOR** que restituya su primitiva potencia

a la señal recibida. Este amplificador admite posiciones distintas dentro del conjunto del receptor.

Puede colocarse entre el detector y el auricular, en cuyo caso deberá amplificar la señal de B.F., que será la única que le llegue. Tendremos, pues, un **AMPLIFICADOR DE B.F.**

También puede situarse entre el selector y el detector. Cuando así se hace, las señales que llegan al amplificador son las que corresponden a la frecuencia de la emisora sintonizada, únicas que no elimina el selector (recuerde su función). Son señales de A.F., y por ello el amplificador será también un **AMPLIFICADOR DE A.F.**

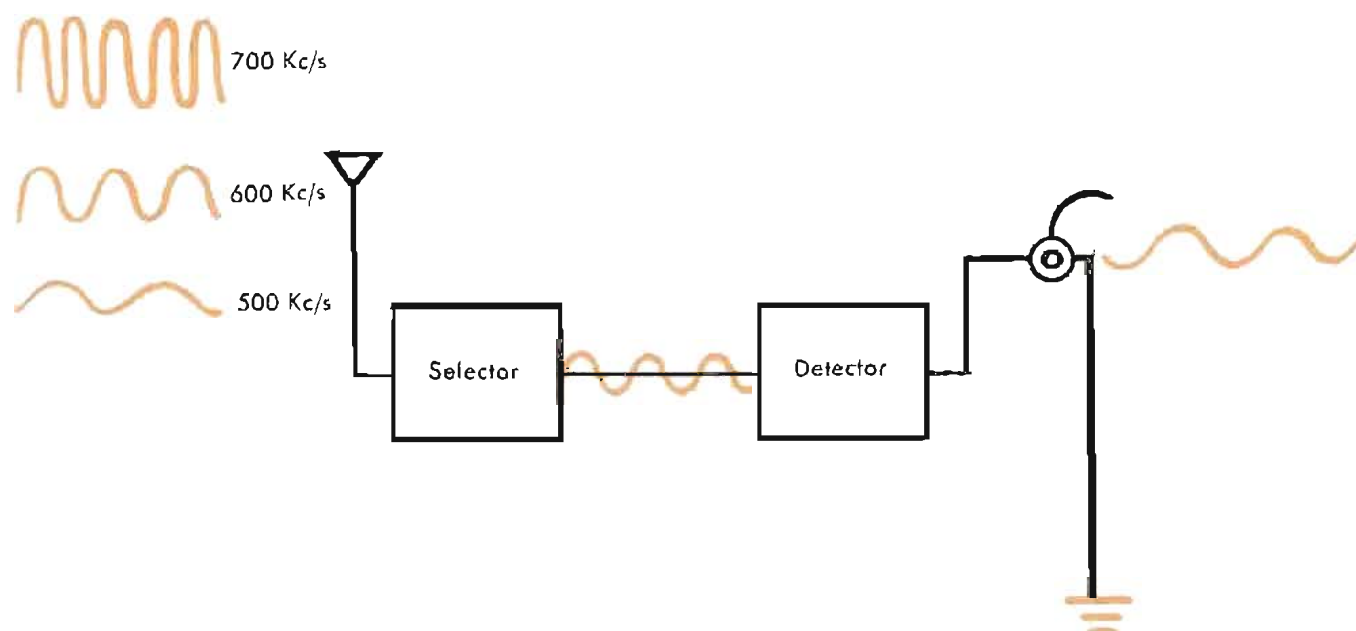
Entre dos aparatos receptores, aquel cuyo amplificador actúe con mayor eficacia ante las señales débiles será el de mayor **SENSIBILIDAD**.

Asimismo, dentro de las cualidades del buen receptor debemos incluir su **FIDELIDAD**, o sea, la virtud del receptor que le permite la reproducción de los sonidos con la mayor exactitud.

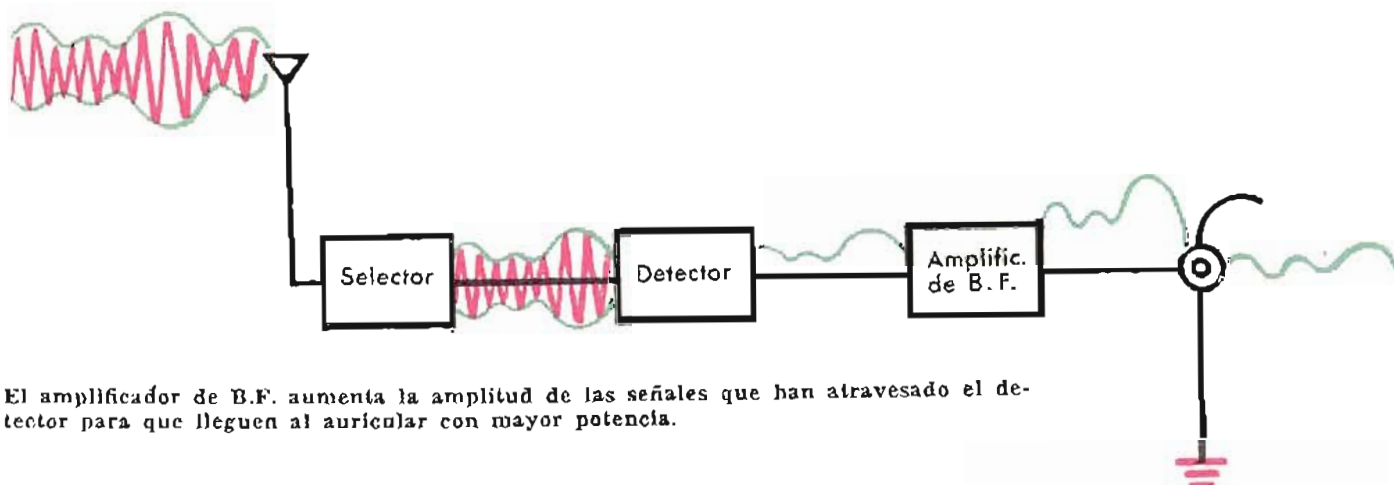
Sensibilidad, selectividad y fidelidad son las cualidades fundamentales de un receptor, y a las que debemos dedicar capítulos especiales.

Hemos dejado para el final un importante dispositivo: LA **FUENTE DE ALIMENTACIÓN**.

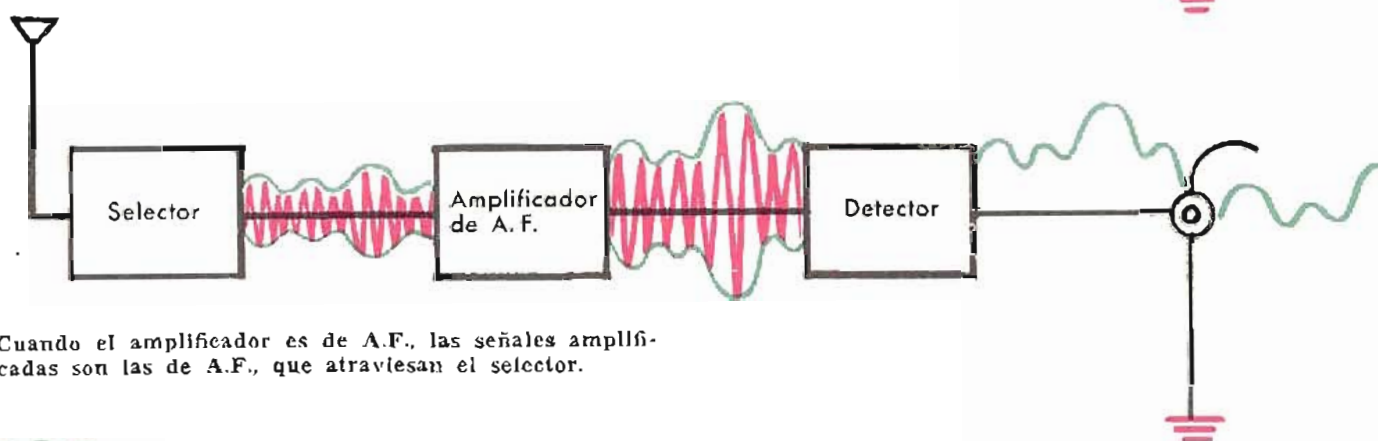
Los receptores actuales, compuestos por los bloques que hemos enumerado, requieren el suministro de energía eléctrica en forma de corriente continua. De ello se encarga la fuente de ali-



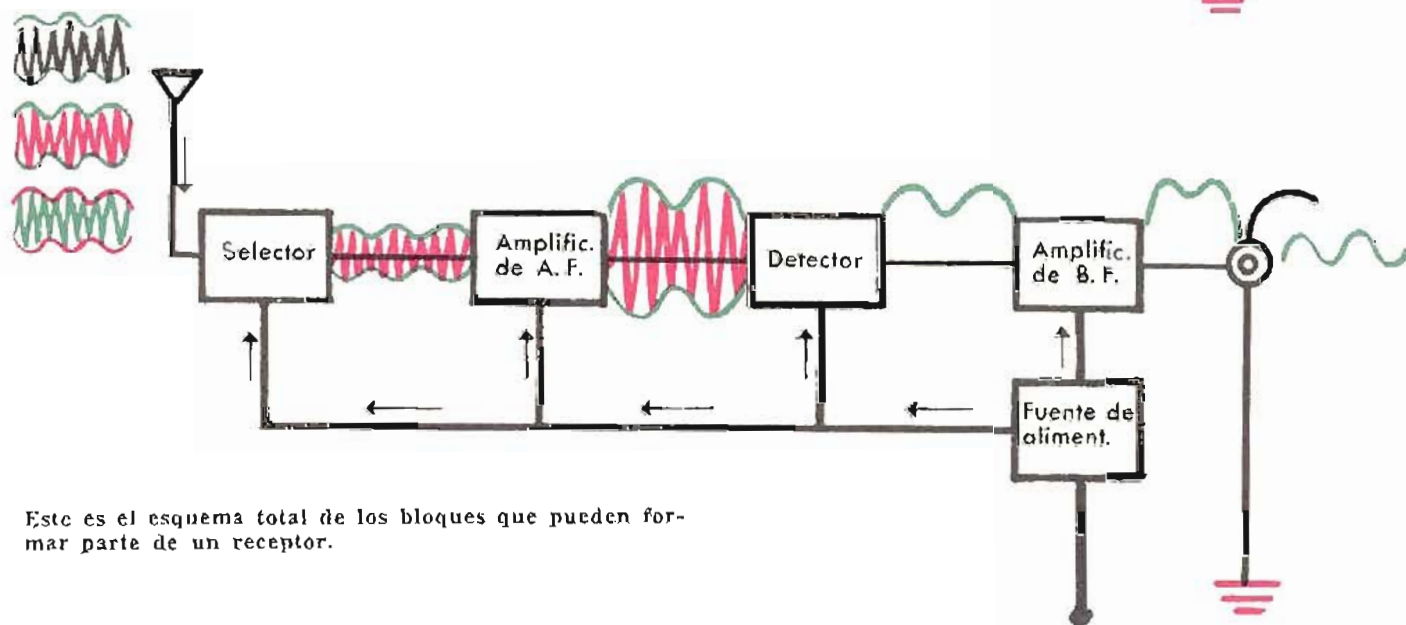
El selector deja pasar únicamente la frecuencia para la que está sintonizado. Esta frecuencia es la única que llega al receptor. Las demás frecuencias que puedan afectar la antena receptora se eliminan directamente a través de la tierra.



El amplificador de B.F. aumenta la amplitud de las señales que han atravesado el detector para que lleguen al auricular con mayor potencia.



Cuando el amplificador es de A.F., las señales amplificadas son las de A.F., que atraviesan el selector.



Este es el esquema total de los bloques que pueden formar parte de un receptor.

mentación o generador, que puede ser una batería de pilas o acumuladores. Pero hoy en día es normal que los receptores vayan provistos de un dispositivo especialmente ideado para transformar en corriente continua la alterna que reciban directamente de la red. Se le llama rectificador, aunque por ser el encargado de alimentar de la corriente idónea todo el circuito se le llama también fuente de alimentación.

Éstas son, en fin, las partes de que se compone un receptor. El estudio de la radio desde el punto de vista de la recepción consiste fundamentalmente en conocer la constitución de estos bloques que simbólicamente hemos representado por simples recuadros. Lo que ahora es a modo de cajas cerradas cuyo contenido ignoramos, aparecerá poco a poco ante nuestros ojos para mostrarnos su íntima naturaleza.

## CAPACIDAD - CONDENSADORES - SUS CLASES

Hemos dejado las cosas preparadas para estudiar con detalle la composición de estos bloques (así hemos quedado en llamarlos) cuyo conjunto forma el aparato receptor. Debemos ver cuáles son sus componentes; cómo y por qué están relacionados de una determinada manera para cumplir la función que se les encomienda. El selector, el detector y los amplificadores constan de una serie de componentes mecánicos y electrónicos que debemos conocer; es condición indispensable.

El estudio de los componentes electrónicos que integran los distintos circuitos de radio lleva consigo una serie de conocimientos y de cálculos que es nuestro propósito dosificar a la medida que aconsejen los progresos que vayamos realizando. Tal dosificación pretende restringir la dificultad que puede derivarse de un estudio demasiado intensivo de estas cuestiones.

Ahora, y como enlace entre lo que acabamos de estudiar sobre las partes constitutivas del radioreceptor y la próxima lección, donde empezaremos el estudio particular de cada una de ellas, vamos a tratar de un nuevo concepto de particular trascendencia en radio: la CAPACIDAD o CAPACITANCIA.

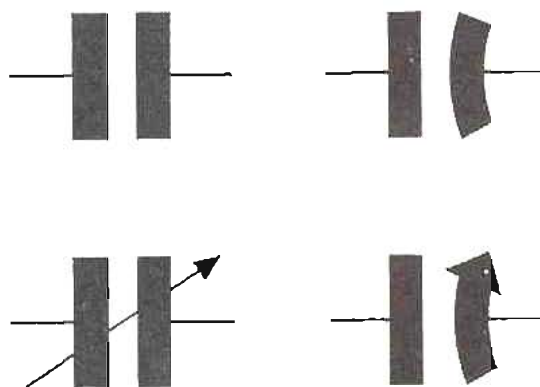
Es un hecho comprobado que, cuando el voltaje de un circuito eléctrico experimenta una variación, el circuito se opone a ella. Es decir: en un

circuito cuya corriente produce un voltaje determinado existe *algo* que tiende a oponerse a cualquier variación del voltaje. A esta oposición la llamamos capacitancia o capacidad. La capacidad no puede verse, pero su efecto está presente en todo circuito en cuanto el voltaje se modifica.

Según eso, cuando en un circuito hay un aumento de voltaje, la capacitancia intenta impedir tal aumento. Y viceversa: cuando el voltaje disminuye, la capacitancia tiende a sostenerlo.

Cuando un circuito actúa con corriente continua, puesto que las variaciones de voltaje sólo acostumbran producirse cuando se abre o se cierra el circuito, la capacidad sólo lo afectará en esos momentos. En cambio, en los circuitos de corriente alterna, debido a que por la misma naturaleza de la corriente el voltaje oscila continuamente, la acción de la capacidad es también continua.

La cantidad de capacitancia de un circuito depende de su constitución y de los dispositivos eléctricos que en él intervengan. En muchas ocasiones, y muy concretamente en radio, interesa obtener circuitos con una determinada capacitancia que evite las variaciones del voltaje. Para ello se utilizan unos dispositivos especiales, llamados CONDENSADORES, cuyo símbolo es éste:



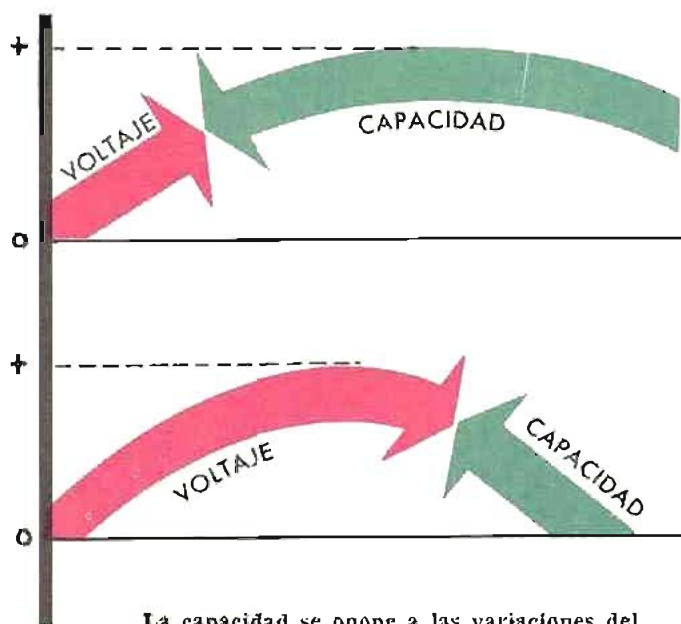
Símbolos para condensadores. Los de la parte superior son condensadores fijos. Los de abajo son condensadores variables.

Si alguna vez lee la palabra CAPACITOR, sepa que no es otra cosa que un condensador. Capacitor significa lo mismo que condensador.

¿Por qué existe la capacitancia...? ¿A qué es debida...?

La capacitancia existe en un circuito porque algunas de sus partes son capaces de almacenar cargas eléctricas. Algunos componentes del cir-

### CAPACIDAD

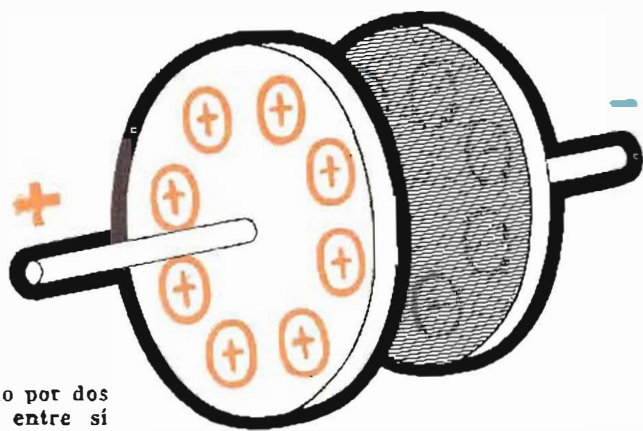


La capacidad se opone a las variaciones del voltaje.

cuito son capaces de condensar en ellos una determinada cantidad de cargas eléctricas, tienen una cierta capacidad de almacenamiento. Estos almacenes de cargas son los condensadores, cuya capacidad depende de varias circunstancias que estudiaremos luego.

Un condensador elemental está formado por dos placas metálicas separadas por un cierto espacio de aire; nada más.

Un condensador está formado por dos placas metálicas separadas entre sí por un medio aislante.



## ACCION DEL CONDENSADOR EN UN CIRCUITO CAPACITIVO DE C.C.

Estudiemos cómo la tensión o voltaje de un circuito queda afectado por su capacitancia. Para ello supongamos un circuito formado por una pila, un interruptor y dos placas de condensador. A este tipo de circuitos con dispositivos destinados a aumentar su capacitancia se les denomina, en general, circuitos capacitivos.

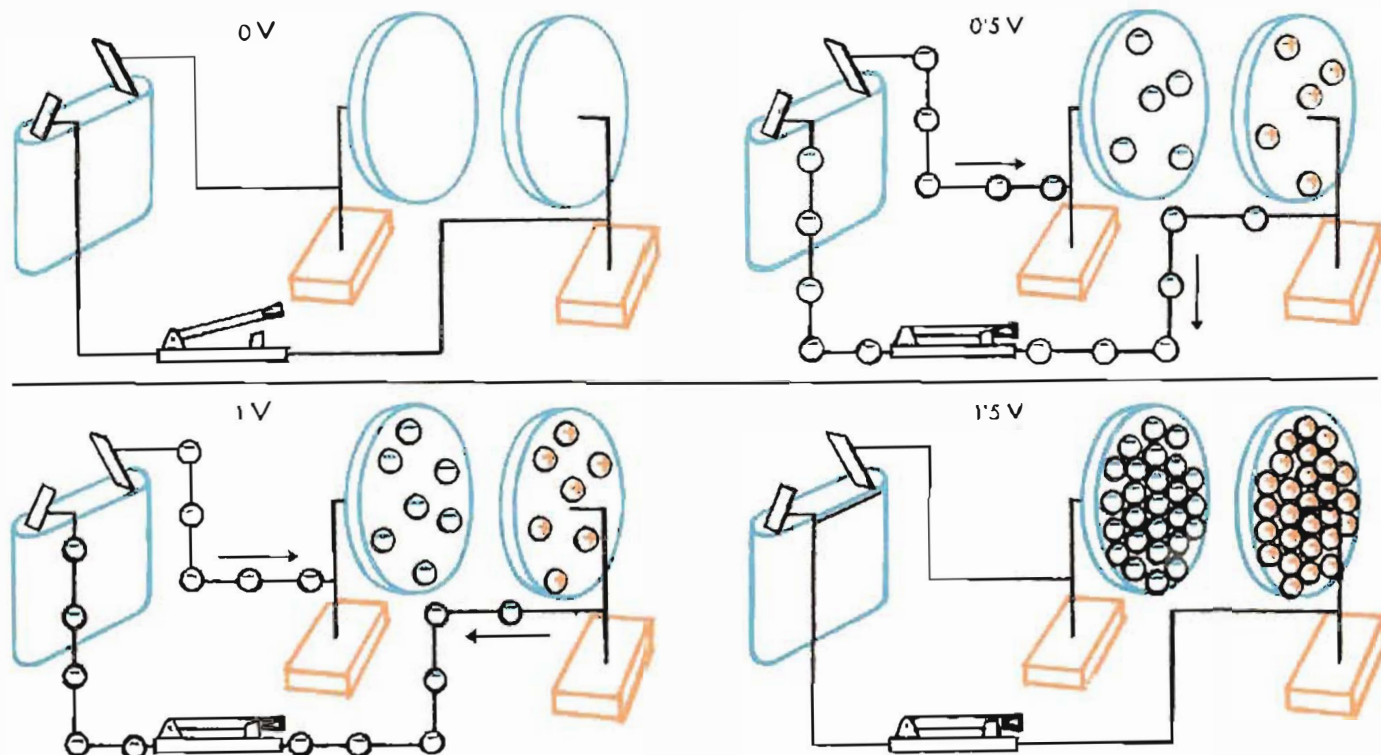
Sea, pues, el circuito capacitivo descrito.

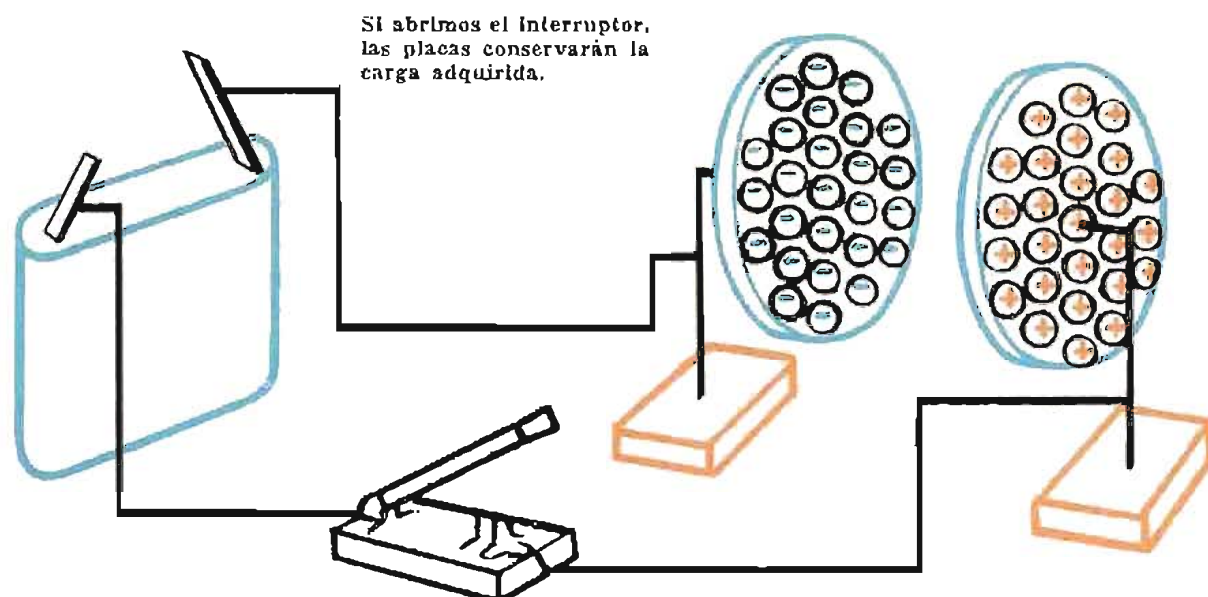
Mientras el interruptor, que será de cuchilla, deje abierto el circuito, no habrá paso de corriente; pero en cuanto cerremos el interruptor, el borne negativo de la pila suministrará electrones a la placa del condensador que está directamente conectada a él y al mismo tiempo retirará electrones de la placa conectada al borne positivo. Las dos placas se cargarán con signo contrario, siendo evidente que su carga no podrá sobrepasar la tensión dada por los bornes de la pila. Es decir:

las dos placas del condensador adquirirán cargas negativas y positivas, respectivamente, hasta que entre ellas podamos medir la misma tensión que entre los bornes de la pila.

Pero la tensión entre placas no llega al máximo de forma inmediata, sino a través del proceso que, suministrando cargas negativas a la placa conectada al borne — de la pila, las resta de la placa conectada al borne + de la misma pila. Esta acción en ambas placas se denomina capacitancia, siendo contraria a la variación del voltaje desde los cero voltios (interruptor abierto) al voltaje máximo de la pila alcanzado cuando las dos placas están cargadas. Observe que esta acción retarda la modificación del voltaje durante un lapso de tiempo determinado, PERO NO LA IMPIDE.

Supongamos el condensador cargado y abramos el interruptor. Las placas quedan cargadas, porque entre ellas no hay ningún camino para una





corriente de descarga. El aire no es conductor; y mientras no se ofrezca una vía de descarga, la tensión entre las dos placas seguirá siendo la que aparece entre los bornes de la pila que las ha cargado.

Según esto, podemos afirmar que en un circuito capacitivo, alimentado por una fuente de corriente continua, la corriente sólo circulará durante el tiempo necesario para cargar el condensador, de tal modo que un amperímetro conectado al cir-

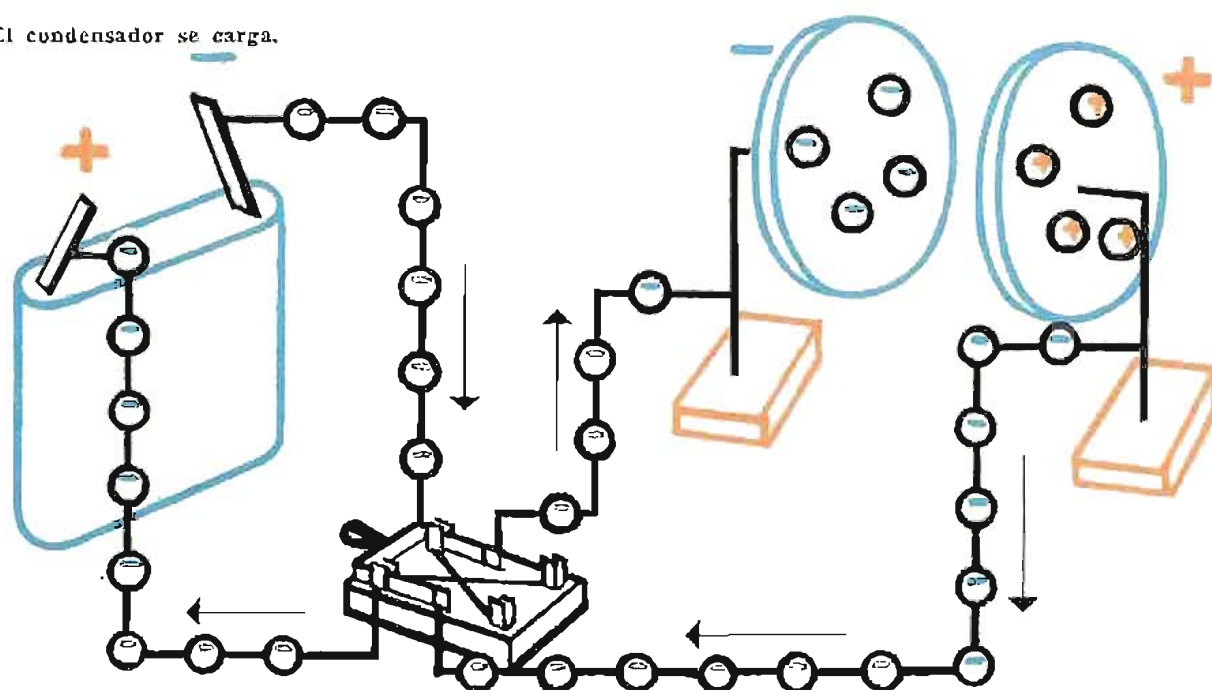
cuito, para medir la intensidad de corriente en el mismo, señalaría una intensidad máxima en el preciso momento de cerrar el circuito, intensidad que iría disminuyendo a medida que aumentase la tensión entre las placas del condensador. Cuando tal tensión alcanzase el voltaje de la pila, el amperímetro dejaría de indicar el paso de corriente. Una vez cargadas las placas, la corriente se detiene, puesto que están separadas por un aislante que no permite el paso de electrones.

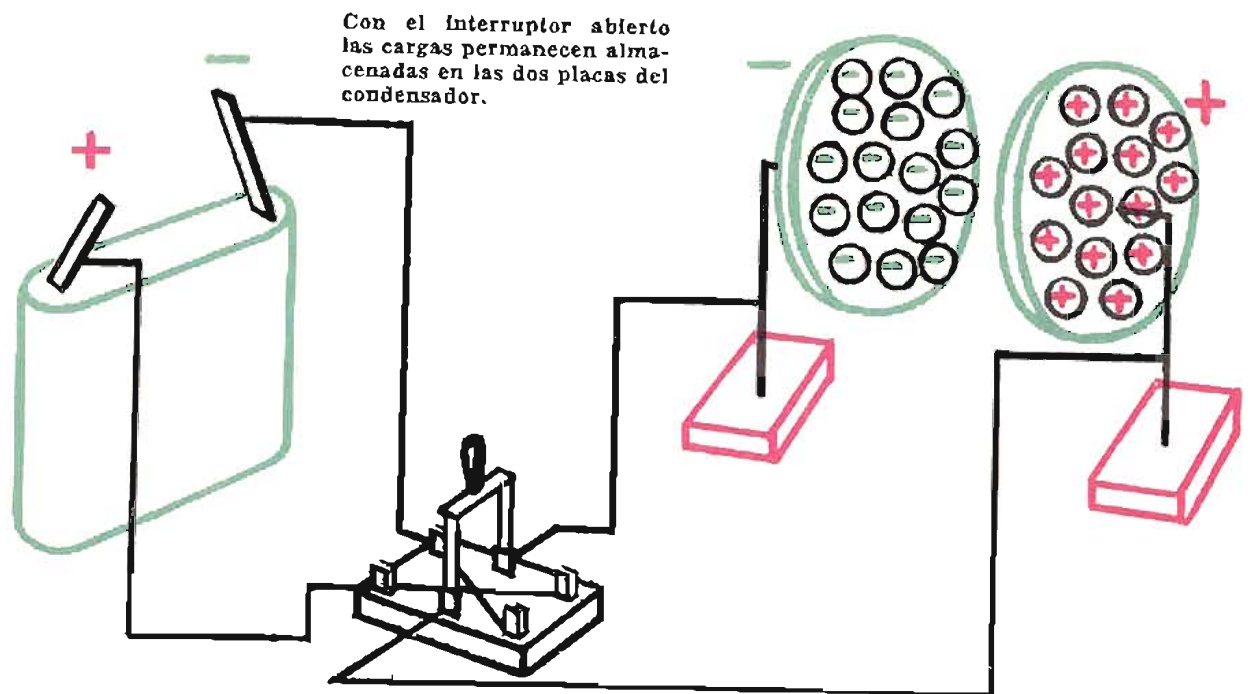
## ACCION DEL CONDENSADOR EN EL CIRCUITO CAPACITIVO DE C. A.

Si bien el condensador bloquea el flujo de electrones en una corriente continua, no ocurre lo mismo cuando la fuente es un generador de corriente alterna. El condensador permite el paso de la corriente alterna. Para comprender este fenómeno,

vamos a repetir el circuito anterior, también con una pila (generador de corriente continua), pero sustituyendo el interruptor simple por un interruptor de cruzamiento. Vea el circuito en su fase inicial:

El condensador se carga.



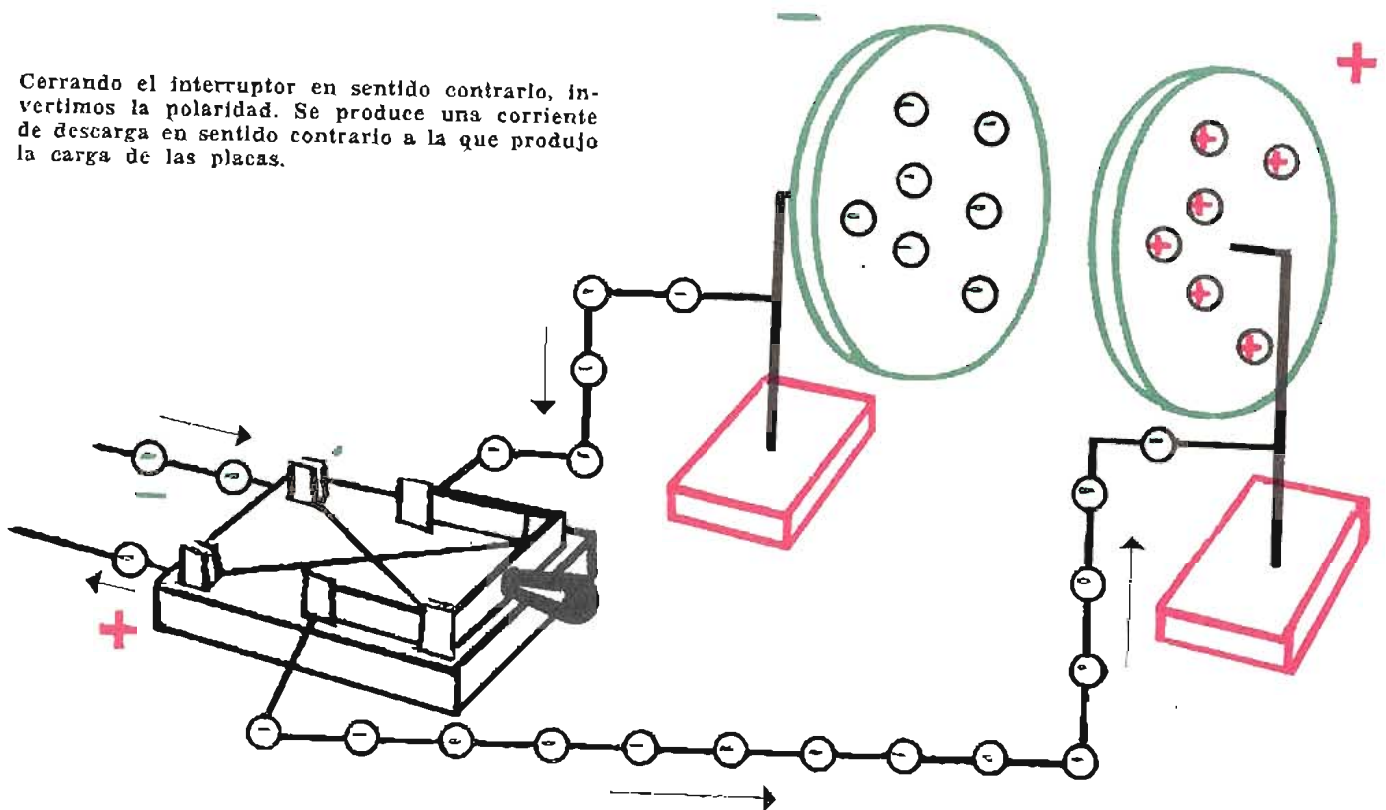


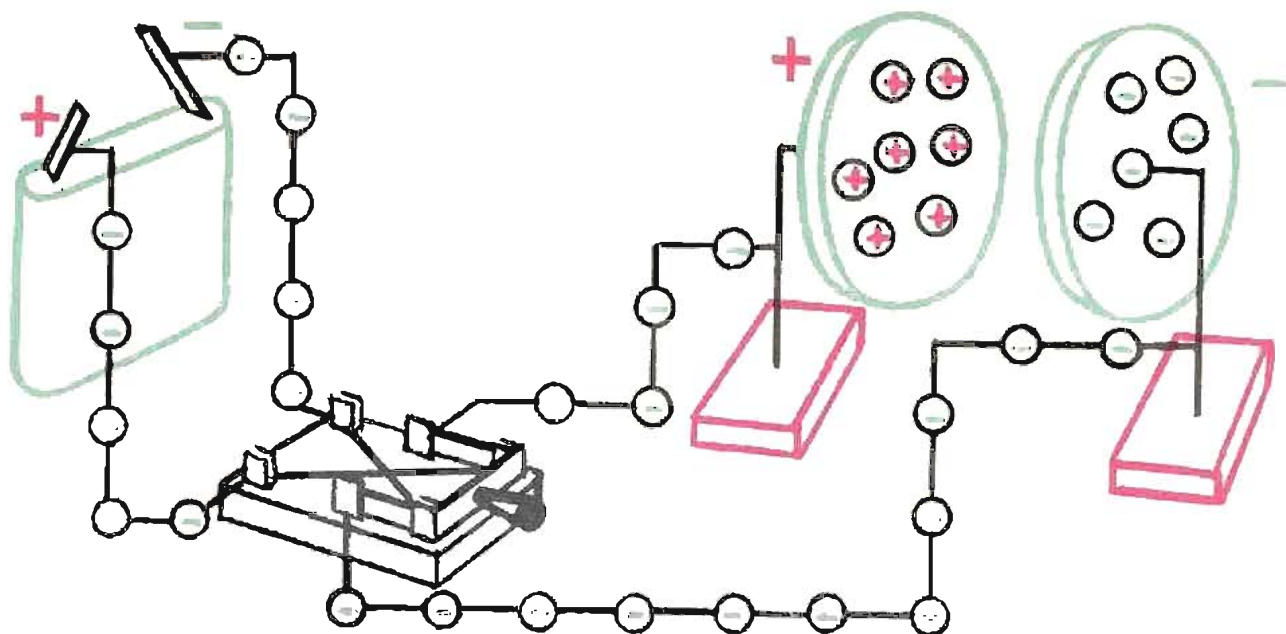
Cerremos el circuito por primera vez. Cada placa del condensador se cargará del signo que corresponde al borne de la pila a que está conectada. Cuando se abra el interruptor, las placas conservarán las cargas adquiridas. Lo mismo ocurrirá cuando cerremos de nuevo el interruptor según su posición primera.

Pero cerremos el interruptor en el sentido

opuesto. Cuando hagamos tal cosa resultará que la placa cargada positivamente queda conectada al borne negativo de la pila; y viceversa, la placa con carga negativa quedará conectada al borne positivo. En estas circunstancias, es inevitable que el condensador se descargue, produciéndose una corriente en sentido contrario a la que provocó la carga del condensador. Y manteniendo el interrup-

Cerrando el interruptor en sentido contrario, invertimos la polaridad. Se produce una corriente de descarga en sentido contrario a la que produjo la carga de las placas.





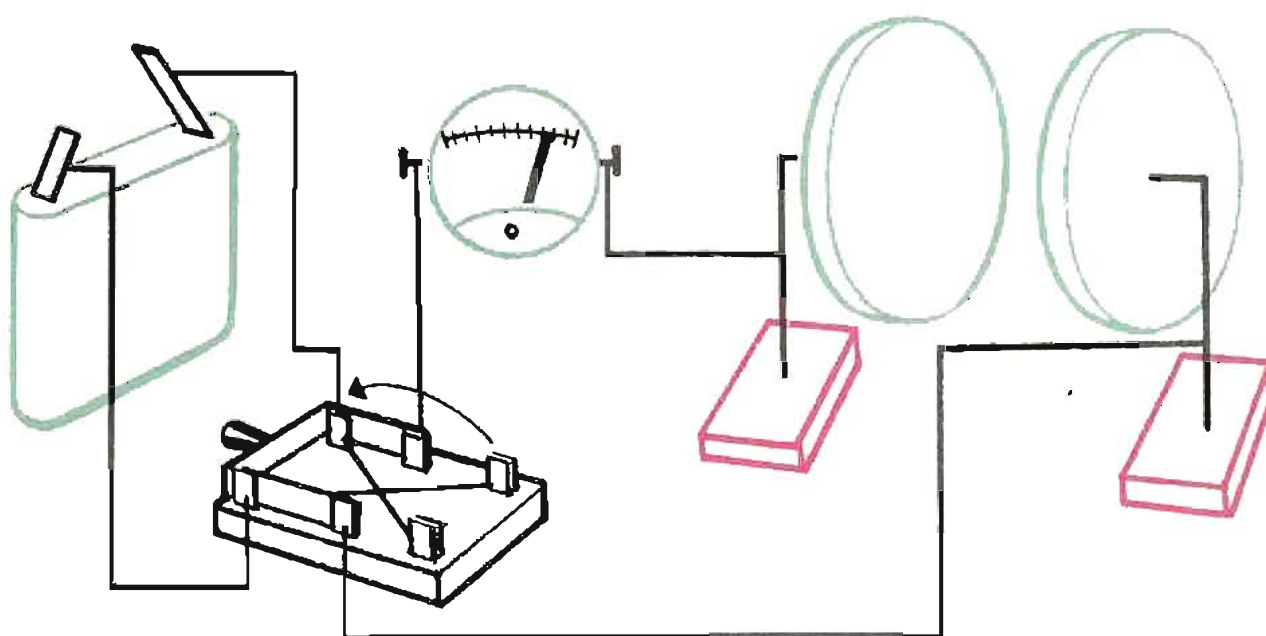
Manteniendo el interruptor en la misma posición, después de la descarga las placas volverían a cargarse, pero con signo contrario al de la primera carga.

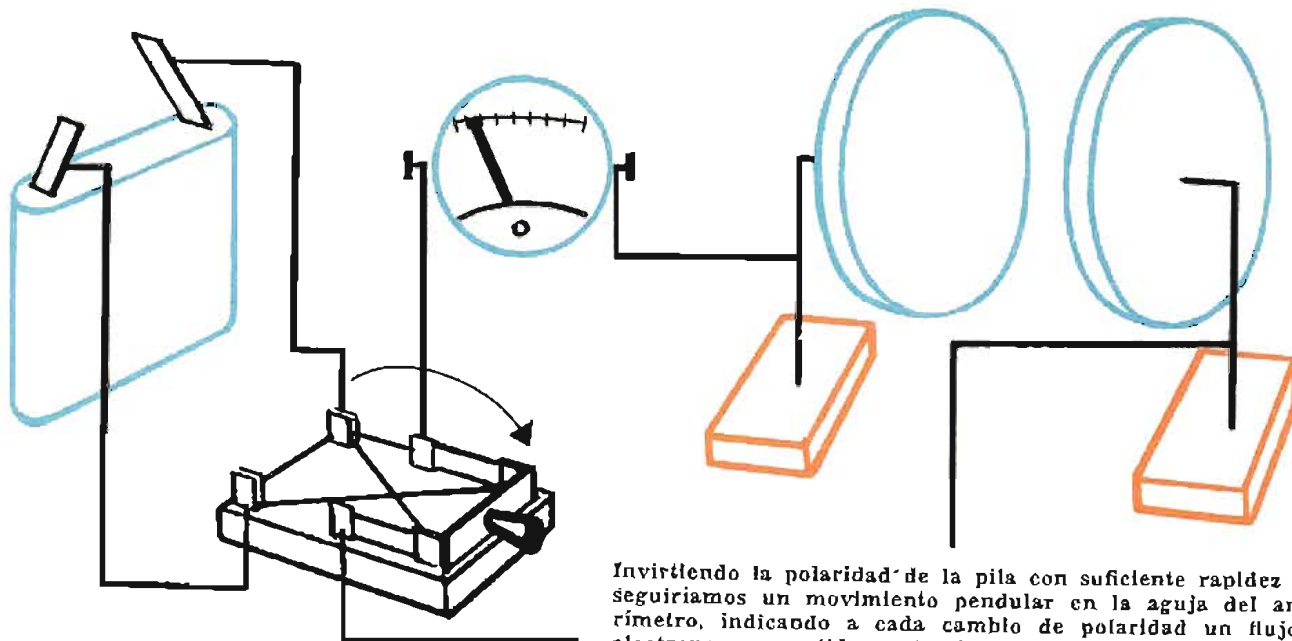
tor en esta segunda posición, una vez descargadas las placas se cargarían con polaridad contraria a la inicial.

Si en este circuito intercalamos un amperímetro con punto cero central (capaz de señalar corrientes en ambos sentidos), cuando cierre el circuito con el interruptor de cruzamiento, indicará el paso de una corriente de carga. Después, cuando invierta el interruptor, se invertirá la polaridad de la pila, iniciándose una corriente de descarga en sentido contrario que seguirá igual mien-

tras el condensador se carga con polaridad opuesta a la de la primera carga.

Si usted fuese capaz de invertir la polaridad de la pila con la rapidez suficiente para que en el instante en que las placas del condensador adquiriesen cargas de una polaridad la de la pila pasase a ser la contraria, la aguja del amperímetro se movería continuamente indicando corrientes de sentido contrario. Y ello, adviértalo, sin que exista paso de electrones por el aire que separa las dos placas del condensador.

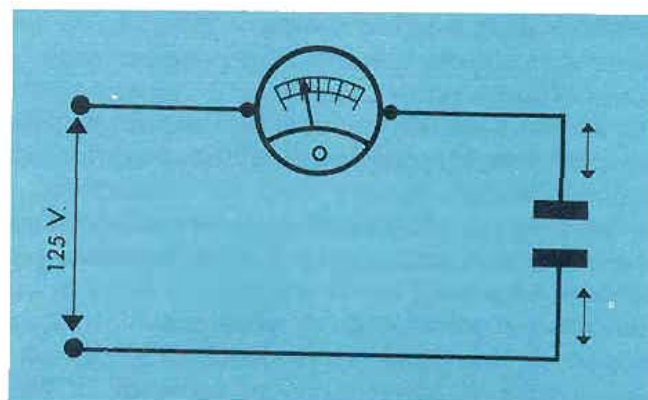




Invertiendo la polaridad de la pila con suficiente rapidez conseguiríamos un movimiento pendular en la aguja del amperímetro, indicando a cada cambio de polaridad un flujo de electrones en sentido contrario.

Y este cambio de polaridad ¿no es lo característico de la corriente alterna?

Sí, en vez de con una pila seca y del interruptor, alimentamos el circuito con un generador de corriente alterna, la polaridad del generador se invertirá automáticamente cada medio ciclo (repase el concepto de corriente alterna) y lo mismo la carga y descarga del condensador. Sustituycamos también el amperímetro por otro especial para medir corrientes alternas, y continuamente señalará el paso de una corriente que, recuérdelo, será debida al flujo continuo debido a la carga y descarga ininterrumpida de las placas del condensador.



En un circuito capacitivo de corriente alterna, un amperímetro especial para este tipo de corriente indicará una intensidad constante debida a la carga y descarga ininterrumpida del condensador.

## UNIDADES DE CAPACIDAD

Todo circuito tiene una cierta capacitancia, cuyo valor depende de la capacidad del circuito para almacenar cargas. La acción de la capacidad consiste en almacenar una determinada carga, aumentándola cuando aumenta el voltaje y descargándola cuando el voltaje disminuye.

La capacidad, como factor a tener en cuenta en los fenómenos eléctricos, y exactamente igual a como ocurre con la intensidad y el voltaje, por ejemplo, tiene su unidad. Esta unidad puesto que la capacidad, como acabamos de ver, viene condicionada por el voltaje debe depender de tal factor. En efecto: la unidad de capacidad es EL FARADIO, que definimos diciendo que CORRESPONDE A LA CAPACIDAD DE UN CONDENSADOR QUE CONECTADO A UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL DE UN VOLTIO, ADQUIERE LA CARGA DE UN CULOMBIO .

Recordando que un amperio es igual a un coulombio por segundo, también podemos decir que el faradio es la capacidad de un condensador entre cuyas placas medimos una tensión de un voltio cuando la corriente de carga es de un amperio (culombio por segundo.)

El faradio, empero, resulta una unidad demasiado grande, prácticamente inservible, por lo que se emplean para capacidades normales dos submúltiplos:

El microfaradio, equivalente a una millonésima de faradio ( $1 \text{ F} = 1.000.000 \mu\text{F}$ ).

El micromicrofaradio, igual a una billonésima de faradio ( $1 \text{ F} = 1.000.000.000.000 \mu\mu\text{F}$ ).

Este último submúltiplo del faradio ( $\mu\mu\text{F}$ ) se llama también *pico*faradio, representándose por pF.

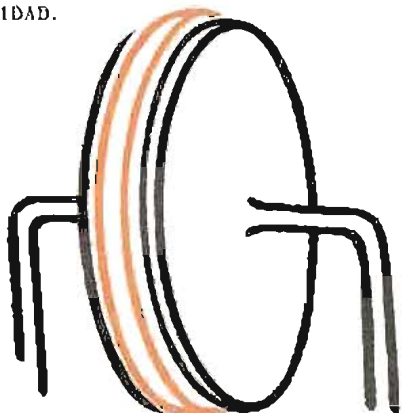
## DE QUE DEPENDE LA CAPACIDAD DE UN CONDENSADOR

Los condensadores, fundamentalmente, están formados por dos láminas metálicas capaces de adquirir una carga eléctrica y por otra sustancia aislante, llamada dieléctrico, que ocupa el espacio comprendido entre ellas. Ya veremos la forma que pueden adquirir ambos componentes.

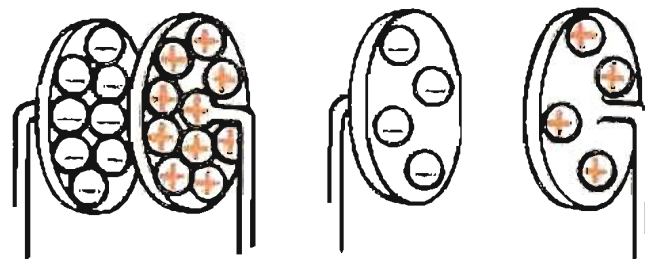
Placas y dieléctrico, pues, son los elementos que proporcionan la posibilidad de un almacenamiento de cargas. Como la cantidad de cargas almacenadas (capacidad) varía de un condensador a otro, llegamos a la conclusión de que el factor capacidad depende de las placas y del dieléctrico. Pero ¿en qué sentido pueden ambas cosas condicionar la capacidad del condensador...?

La capacidad está determinada en primer lugar por la superficie de las placas. A MAYOR SUPERFICIE, MAYOR CAPACIDAD.

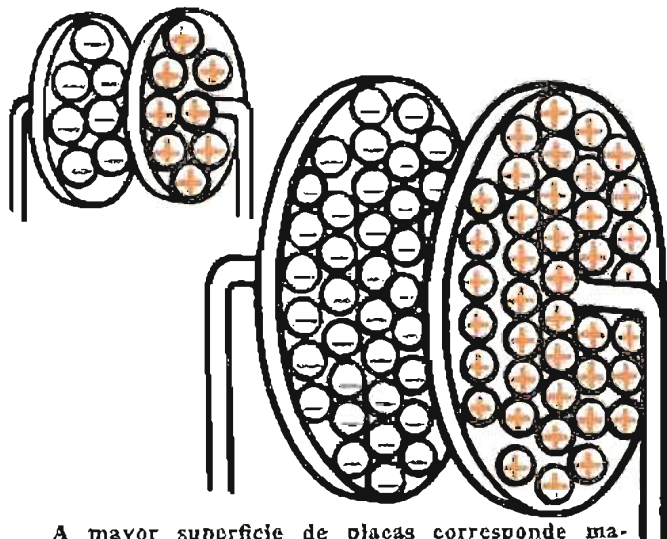
También depende de la separación existente entre ellas, o sea: depende del espesor del dieléctrico. A MAYOR DISTANCIA ENTRE LAS PLACAS, MENOS CAPACIDAD.



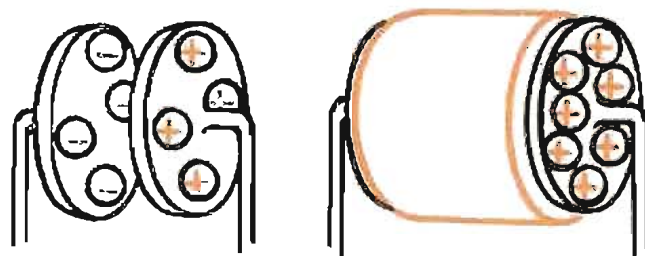
El medio intercalado entre las dos placas de un condensador se llama dieléctrico.



La capacidad disminuye al aumentar la separación entre placas.



A mayor superficie de placas corresponde mayor capacidad.



La capacidad depende de la naturaleza del dieléctrico.

## TABLA DE CONSTANTES DIELECTRICAS

Aceite de oliva ... ..	3 a 3'3
Aceite de petróleo ... ..	2 a 2'2
Aceite de ricino ... ..	4'5 a 4'8
Aceite de transformadores ... ..	2'2 a 2'7
Acetona ... ..	21
Acido acético ... ..	6'5
Agua destilada ... ..	81
Agua a 14.° C ... ..	83'8
Aire a 700 mm de mercurio de presión. 1	
Aire a 100 atmósferas de presión ...	1'05
Aire a 5 mm de mercurio ... ..	0'99941
Alcohol amílico ... ..	15 a 16
Alcohol etílico ... ..	24 a 27
Alcohol metílico ... ..	32,6
Alcohol propílico ... ..	22'8
Anhídrido carbónico ... ..	1'0004
Anilina ... ..	7'5
Azufre ... ..	2'6 a 3'9
Bakelita C. ... ..	4 a 8'5
Bakelita dielectro ... ..	5 a 7'5
Bakelita micarta ... ..	4'5 a 6
Barnices ... ..	4'5 a 5'5
Bencina ... ..	2'3
Benzol ... ..	2'4
Caucho puro ... ..	2'1 a 2'5
Caucho vulcanizado blando ... ..	2 a 2'9
Caucho vulcanizado duro ... ..	2 a 3'5
Celuloide ... ..	1'8
Cera amarilla ... ..	1'8
Cera ceresin ... ..	2'5
Cera virgen ... ..	3 a 3'2
Colodión ... ..	3'7 a 4
Cristal ... ..	5'8 a 7'6
Cuarzo ... ..	4'5 a 5
Ebonita ... ..	2'3 a 3'2

Fibra dulce roja ... ..	2
Fibra dura gris ... ..	1'19
Fibra dura negra ... ..	2'7
Fibra roja ... ..	5 a 8
Flint doble ... ..	6'6 a 6'9
Glicerina ... ..	56
Goma laca ... ..	3'1
Gutapercha ... ..	3'3 a 4'9
Hidrógeno ... ..	0'997
Hielo de 0° centígrados ... ..	78
Hielo de —130° C ... ..	11,6
Hielo de —160° C ... ..	4'04
Hielo de —198° C ... ..	2'83
Isolantite ... ..	3'6
Maderas blandas ... ..	2 a 3
Maderas duras ... ..	3 a 6
Mármol ... ..	9'5 a 11'5
Mica ... ..	5 a 8
Micarta ... ..	8
Papel azulado ... ..	2 a 3'2
Papel seco ... ..	2 a 2'5
Papel parafinado ... ..	3'6
Parafina ... ..	1'98 a 2'3
Parafina y cera ... ..	1'9 a 2'3
Petróleo ... ..	2 a 2'2
Placa fotográfica (film) ... ..	6'8
Porcelana ... ..	4'4 a 6'8
Resina ... ..	2'5 a 2'6
Seda ... ..	4'6
Selenio ... ..	10'2
Sulfuro de carbono ... ..	2'8
Vaselina ... ..	2
Vidrio ... ..	5 a 10
Vidrio pirex ... ..	5 a 6

## CALCULO DE CONDENSADORES

Ahora que ya tenemos una idea general de lo que es un condensador, de su función dentro de un circuito capacitivo y de los factores que determinan su capacidad, vamos a dar las fórmulas básicas que nos permitan calcular el valor de la misma, tanto si consideramos un solo condensador como si consideramos un sistema de dos o más.

La fórmula que permite calcular la capacidad del condensador relaciona la superficie de las placas, el número de las mismas (existen condensadores con más de dos placas), el espesor del dieléctrico y la constante dieléctrica que le corresponde. La fórmula es:

$$C = \frac{0'0885 \times S \times (n-1) \times \epsilon}{10^4 \times d}$$

En esta fórmula es:

C = capacidad del condensador en microfaradios.

S = superficie de una placa en cm<sup>2</sup>.

n = número total de placas.

d = espesor del dieléctrico en cm.

$\epsilon$  = constante dieléctrica.

Los demás factores son constantes aritméticas.

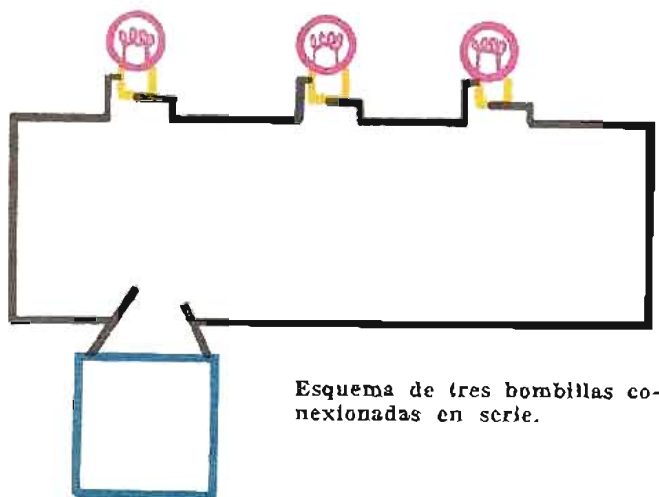
## CONEXIONES EN SERIE Y EN PARALELO

Antes de estudiar el cálculo de los sistemas de condensadores, debemos detenernos un momento para considerar cómo puede quedar conexionado cualquier elemento en un circuito.

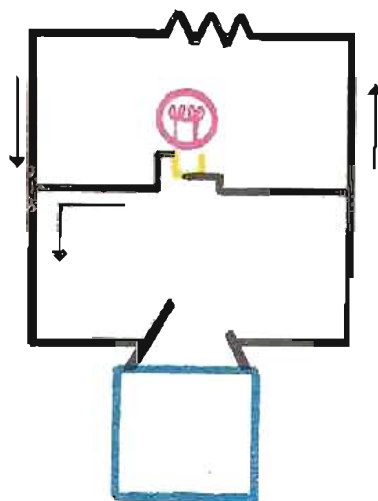
Todo receptor de corriente puede conexionarse en serie y en paralelo; o bien, y considerando más de dos de estos receptores, mediante una combinación de ambos sistemas de conexionado.

Decimos que un receptor está en serie con el circuito cuando por él pasa la totalidad de la corriente producida por el generador. Es decir: por una bombilla conexionada en serie pasará toda la intensidad de la corriente.

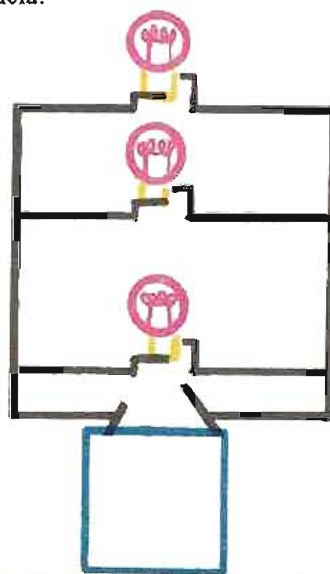
Por contra, cuando un elemento queda conexionado en paralelo sólo se verá afectado por una parte de la intensidad de la corriente. Vea los gráficos, que son muy explícitos.



Esquema de tres bombillas conexionadas en serie.



Bombilla conexionada en paralelo con una resistencia.



Esquema de tres bombillas conexionadas en paralelo o en derivación.

## CONDENSADORES EN SERIE

Cuando conexiionamos dos o más condensadores en serie (estarán uno a continuación de otro), la capacidad total del sistema es menor que la capacidad de cada uno de los condensadores.

¿Por qué es así...? Recuerde que la capacidad de un condensador disminuye a medida que aumentamos el espesor del dieléctrico. Si consideramos, por ejemplo, dos condensadores en serie, podemos observar que la superficie de las placas es la misma que si consideramos uno sólo de los dos condensadores, pero no así el espesor del dieléctrico, que se suma. Por tanto, el sistema de condensadores se comporta como un solo condensador, cuya superficie de placas es la misma, pero cuyo dieléctrico aumenta de espesor. Es lógico que la capacidad disminuya.

## CONDENSADORES EN PARALELO

LA CAPACIDAD TOTAL DE DOS O MÁS CONDENSADORES CONEXIONADOS EN PARALELO ES IGUAL A LA SUMA DE LAS CAPACIDADES DE CADA UNO DE LOS CONDENSADORES DEL SISTEMA.

Basta observar el esquema de un sistema de condensadores en paralelo, para comprender que el espesor del dieléctrico no influirá en la capacidad total, que, en cambio, vendrá afectada por la suma de las superficies de placa. Éste es el factor que se modifica en la conexión en paralelo de dos o más condensadores. Y ya sabemos que a MAYOR SUPERFICIE DE PLACA, MAYOR CAPACIDAD DEL CONDENSADOR.

La fórmula que da la capacidad total de un sistema de condensadores en paralelo es:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \text{ etc.}$$

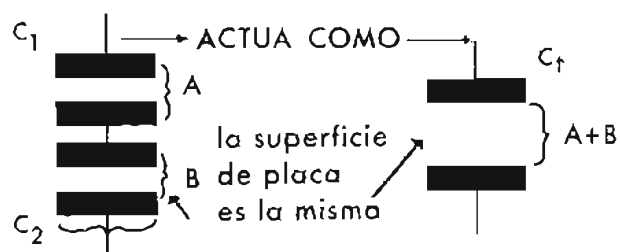
## TIPOS DE CONDENSADORES USADOS EN RADIO

En radiotecnía se emplean condensadores de distintas capacidades y con distintos dieléctricos.

En principio, estableceremos una clasificación general diciendo que los condensadores pueden ser fijos y variables.

Un condensador fijo es aquel que mantiene inalterable el valor de su capacidad. Un condensador variable es el que, mediante una variación en la superficie de las placas o en el espesor del dieléctrico, modifica su capacidad.

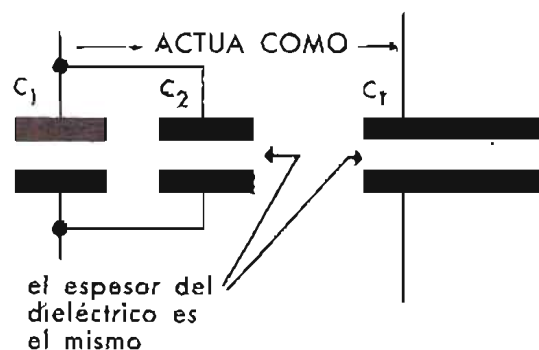
Los condensadores de radio actúan generalmente por uno de estos tres dieléctricos: aire, papel o mica. Recientemente están adoptándose en profusión cada vez mayor los condensadores con dieléctrico cerámico y otros con dieléctrico de material plástico (condensadores de políester).



La capacidad de un sistema de dos condensadores en serie viene dada por la siguiente expresión:

$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

En esta fórmula,  $C_t$  representa la capacidad total del sistema;  $C_1$  y  $C_2$ , la capacidad de los condensadores 1 y 2, del sistema.



Como antes es  $C_t$  la capacidad total buscada;  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , etc., la capacidad de cada uno de los condensadores del sistema.



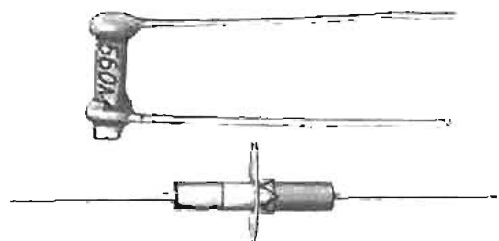
Condensador fijo de papel.



Condensadores fijos de políester.



Condensador fijo de mica.



Condensadores cerámicos fijos



Condensador de Styroflex.

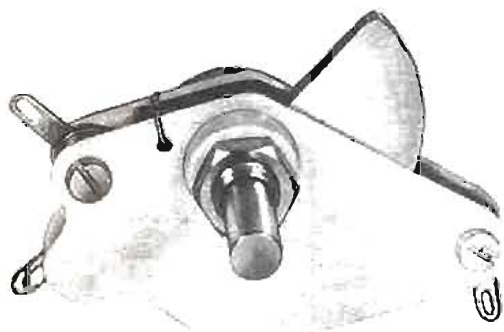
Los condensadores de papel se fabrican en forma de cilindros en cuyo interior se alternan delgadas láminas de aluminio (son las placas) y hojas de papel encerado. Estos cartuchos tienen la ventaja de abultar poco, con lo cual pueden obtenerse notables capacidades en muy poco espacio.

Algunos condensadores de papel llevan una cubierta moldeada en materiales plásticos que los hace mucho más resistentes al calor, evitando que la cera usada en el dieléctrico de papel, que funde cuando la temperatura se hace demasiado elevada, escape a través del normal recipiente de cartón.

Los condensadores fijos de mica se presentan en forma de pequeñas pastillas de baquelita. Están formados por placas muy delgadas de estaño, aluminio, cobre, etc., intercalando entre ellas el dieléctrico, que es de mica.

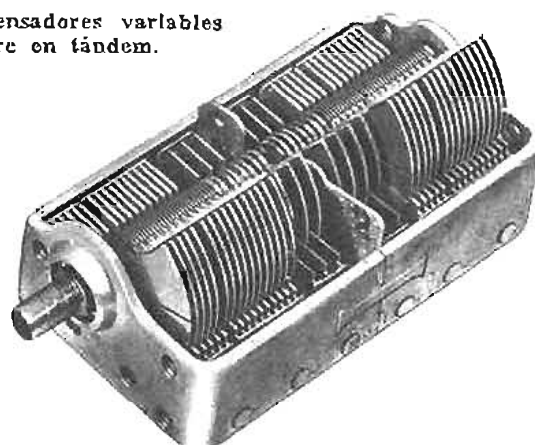
Dentro de los condensadores fijos, los cerámicos presentan la ventaja de su reducido tamaño. Se les da una forma circular, cilíndrica o rectangular, según los casos.

También existen condensadores cerámicos variables, aunque su aplicación en radio es escasa.



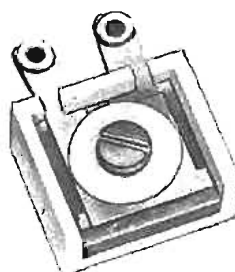
Condensador variable con dieléctrico de papel.

Condensadores variables de aire en tandem.

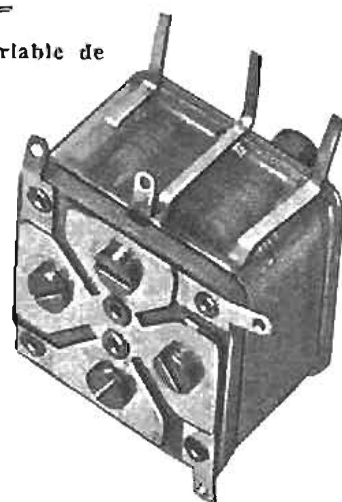


Condensador variable de cerámica.

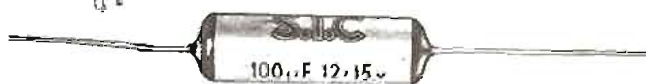
Condensador variable de mica.



Condensador variable de mica de los llamados padders.



Condensadores electrolíticos. Se construyen en variados modelos y capacidades.



Los condensadores variables presentan la particularidad de tener uno de sus grupos de placas o armaduras capaz de girar sobre un eje de forma que la superficie de placa de la armadura móvil que se enfrenta con la armadura fija (el otro juego de placas) pueda variar dentro de ciertos límites. El dieléctrico, generalmente, es el aire.

Los condensadores variables pueden ser simples o en TÁNDEM, llamados así cuando sobre un mismo armazón se montan dos o más condensadores de este tipo. El tándem es normal en todos los aparatos modernos, en los que se usan varios circuitos sintonizados.

Algunos condensadores variables sencillos se construyen con dieléctrico de papel, cosa que simplifica enormemente el montaje, puesto que desapa-

rece el problema mecánico que representa mantener constante la separación entre las placas fijas y las móviles.

Otro tipo de condensadores variables son los llamados *trimmers* y *padders*, nombres muy generalizados. Son condensadores de mica de tamaño muy pequeño y que se usan en circuitos sintonizados, ajustándolos una sola vez. El ajuste se efectúa mediante un tornillo que actúa sobre las armaduras (elásticas en estos casos), acercándolas más o menos, con lo cual se altera el espesor del dieléctrico. De ahí que sean condensadores variables.

Otro tipo de condensador muy empleado es el electrolítico, del que hablaremos en el momento oportuno.

## INDICACION DE LA CAPACIDAD Y TENSION EN LOS CONDENSADORES








Los condensadores empleados en radio tienen una capacidad que oscila entre los 47 pF y los 0'1  $\mu$ F. Este valor, así como el de la tensión máxima que puede aplicarse a sus terminales sin que el aislante o dieléctrico se deteriore, aparece indicado en la cubierta del condensador. Esta indicación algunas veces viene dada por una inscripción normal; pero otras veces se da mediante un código internacional de colores que, bien en forma de topos de color, bien en forma de franja en los condensadores tubulares, forman una contraseña para descifrar la capacidad, el tanto por

ciento de tolerancia bajo la que se ha fabricado el condensador y la tensión máxima de c.c. que puede soportar.

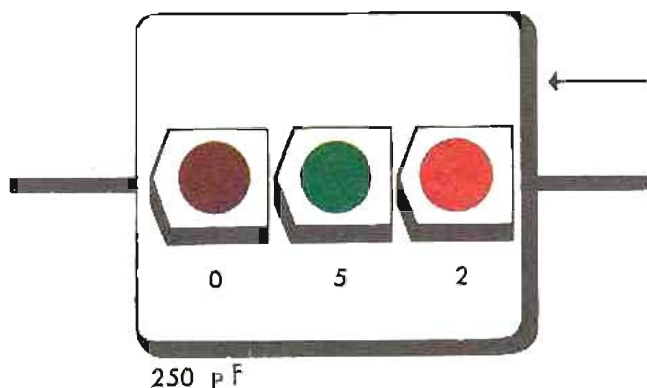
En este código internacional, cada color representa un número. Desde el cero al nueve, hay un color representativo que leídos de izquierda a derecha, o bien en la dirección que indica una flecha en la que están contenidas las manchas de color, dan sucesivamente, la capacidad, la tolerancia y la tensión.

Vea este código internacional.

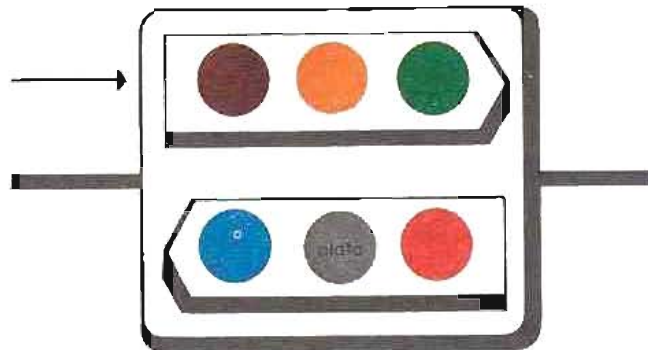
## CODIGO DE COLORES DE LOS CONDENSADORE

COLOR	N.º	TOLERANCIA	TENSION
	0	—	—
	1	1 %	100
	2	2 %	200
	3	3 %	300
	4	4 %	400
	5	5 %	500
	6	6 %	600

COLOR	N.º	TOLERANCIA	TENSION
	7	7 %	700
	8	8 %	800
BLANCO	9	9 %	900
DORADO	—	5 %	1.000
PLATEADO	—	10 %	2.000
SIN COLOR	—	20 %	—



Notación por tres colores.



Notación por seis colores.

El orden en que los distintos fabricantes indican los colores sobre el cuerpo de los condensadores puede variar. Lo normal es que si no hay ninguna indicación sobre el orden con que deben verse los colores, la lectura se realice normalmente de izquierda a derecha. Para ello se pondrá el condensador de modo que pueda leerse su nombre de marca y se procederá a la lectura de los valores que indican las manchas de color. Otras veces los topes coloreados vienen situados dentro de una flecha, en cuyo caso la lectura se efectuará según la dirección indicada por la misma.

El código más simple consiste en tres puntos de color, de los cuales los dos primeros (según el orden de lectura) indican las primeras cifras del valor de la capacidad; y el último, el número de ceros que debe añadirse a estas cifras para obtener

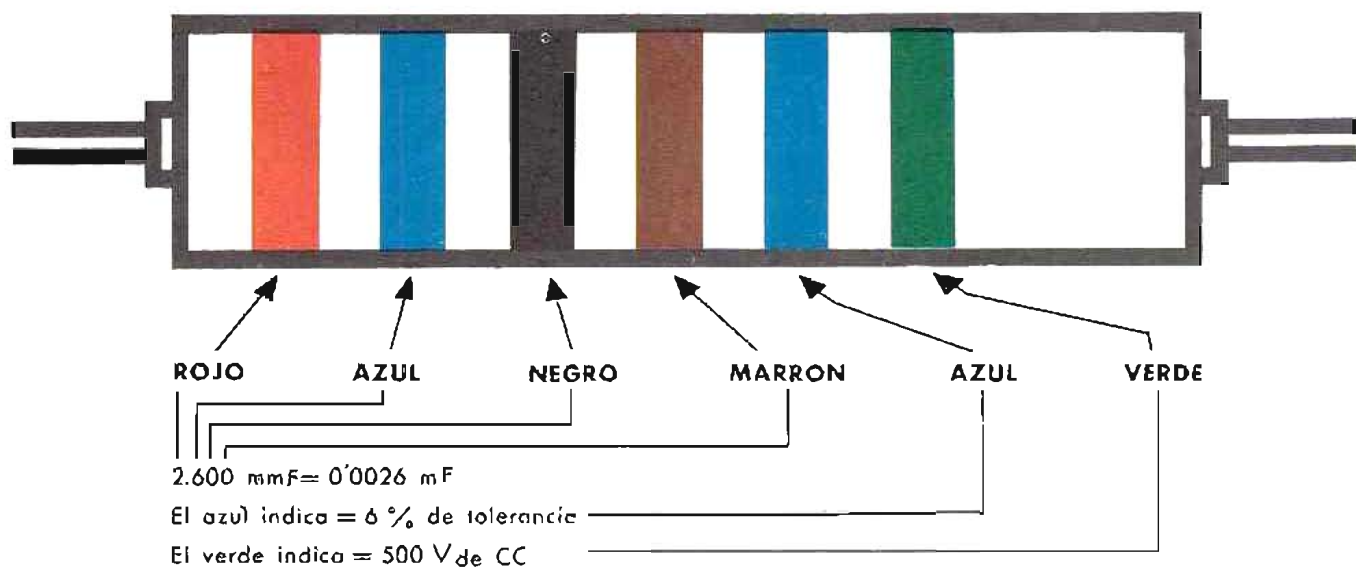
la capacidad del condensador en micromicrofaradios o picofaradios (pF).

Así, en nuestro primer ejemplo, el valor de la capacidad del condensador sería: Rojo = 2, verde = 5 y marrón = un cero, o sea, 250 pF. Si deseamos expresar ese valor en microfaradios, debemos hacer la oportuna reducción:  $250 \text{ pF} = 0.000250 \text{ mF}$ .

Cuando la notación por código viene en seis manchas de color, las tres últimas (siempre suponiendo el orden correcto de la lectura) indican sucesivamente la cantidad de ceros, la tolerancia (tanto por ciento de exactitud) y la tensión máxima que se les puede aplicar.

En nuestro ejemplo, el valor sería de 13.500 pF, con una tolerancia del 10 % y un voltaje de 600 voltios.

## IDENTIFICACION EN BANDAS PARA CONDENSADORES DE PAPEL DOBLADO



En los condensadores de papel de forma cilíndrica se sustituyen los puntos de color por bandas que los circunscriben.

Veamos nuestro ejemplo.

En él, y en todas las anotaciones similares, se empieza a leer empezando por la banda más cercana a uno de los extremos del condensador, que lo mismo puede ser uno que otro. Por lo tanto, según los colores que vamos encontrando tendremos tres cifras significativas; una banda que expresará el número de ceros a añadir; otra que indicará la tolerancia en tanto por ciento, y por último la que dirá la tensión máxima admisible. Leamos el valor de este condensador que nos sirve de ejemplo:

En primer lugar encontramos una banda roja: corresponde al número 2. A continuación viene una banda azul: el número 6. Sigue una banda negra: es el cero.

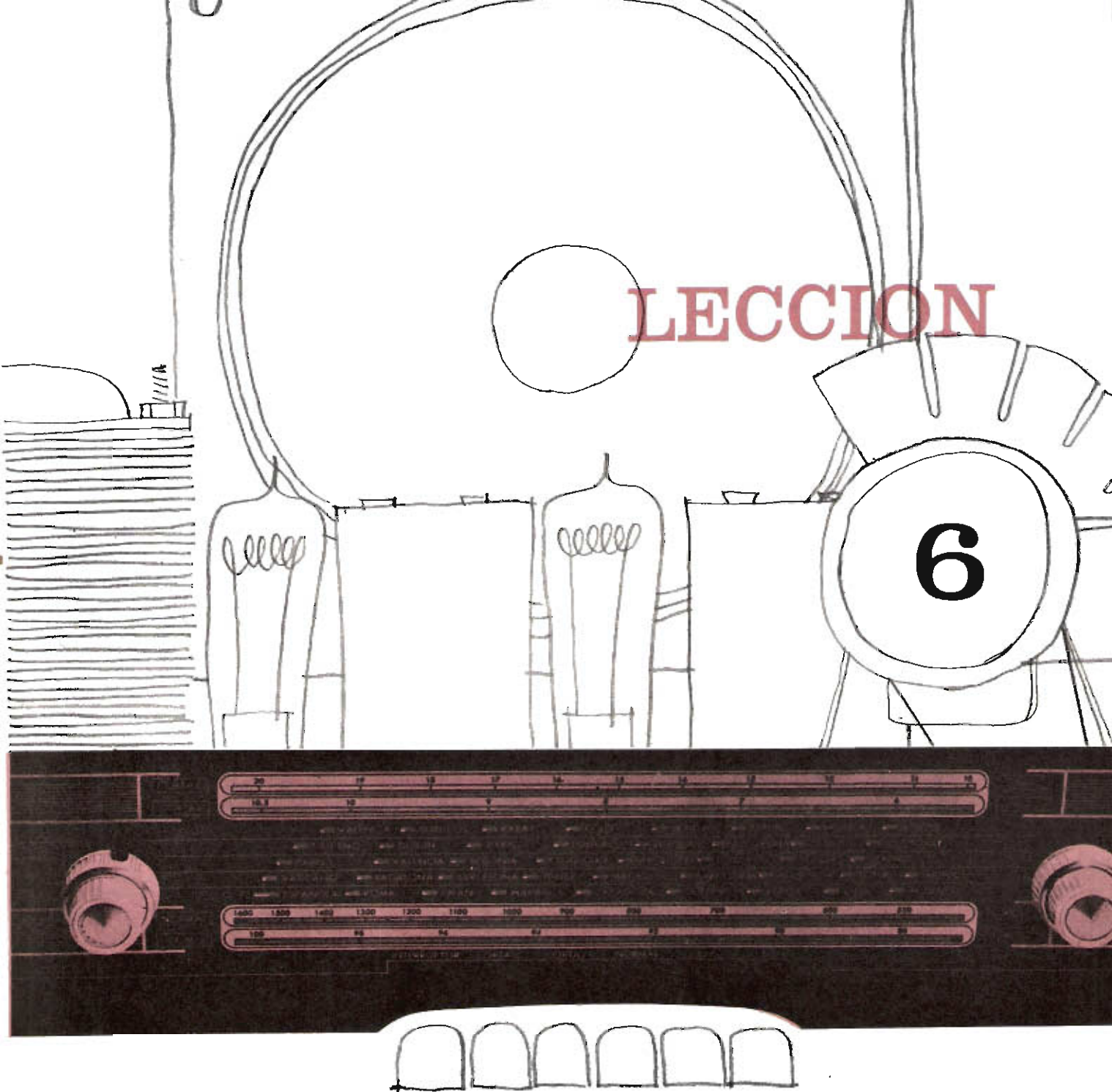
Hasta aquí las cifras significativas. Seguimos con la banda de ceros. Como que es de color marrón, sólo deberemos añadir un cero. Se tratará de un condensador de 2.600 pF.

En cuanto a la tolerancia, como viene represen-

tada por una banda azul, será del 6 %. La tensión, simbolizada por la banda verde y última, será de 500 voltios.

Como ve, la interpretación del valor de un condensador por medio del código de colores resulta fácil. Lo único que requiere es conocerlo, cosa que tampoco entraña gran dificultad. Puede parecer que aprenderse de memoria el significado de cada color es tarea ardua e ingrata. Todo es cuestión de costumbre; por otra parte, debe tenerse en cuenta que nadie nos obliga a retener en la mente tanto color y tanta cifra. Para solucionar los posibles casos de identificación que puedan presentárenos, basta disponer de un cartoncito con el código anotado y situarlo en un lugar visible de nuestro puesto de trabajo. Con muy poco esfuerzo, cualquier identificación es posible.

Sabemos también que muchísimos condensadores se expenden con su valor directamente grabado en el cuerpo que los cubre, lo cual simplifica mucho el problema, reduciendo en consecuencia los casos en que deberá tenerse en cuenta la notación cifrada.



# LECCION

6

**Los bloques funcionales del receptor**

**El sistema antena-tierra**

**La detección**

**Diodo de cristal**

**El selector-Resonancia**

**Amplificador de A.F.**

**El receptor elemental**



# radiotecnica

**Primera descripción de los bloques del receptor - Estudio de los mismos en el receptor elemental con detección por diodo de cristal - La selección - El circuito resonante - La amplificación de A.F.**

Aquí empieza, realmente, el estudio de la radio. Supuestos unos conocimientos básicos imprescindibles por parte del estudiante (ley de Ohm, teoría ondulatoria, noticias de los sistemas de comunicación alámbrica, etc.), llega para él el momento de escudriñar el interior de un receptor de radio, de analizar su composición, de conocer el cómo y el porqué de cada uno de sus componentes.

Sabemos de la existencia de unos bloques funcionales cuya misión nos es conocida; el objeto de esta lección es el estudio elemental de su funcionamiento. La efectividad del bloque detector, del selector o del amplificador se consigue de maneras diversas, con más o menos complicaciones. Empezaremos por estudiar las soluciones más elementales, aquellas que nos ilustran con mayor simplicidad sobre los resultados que deben esperarse de un detector o amplificador, por ejemplo.

Será después de estudiar las válvulas de radio cuando podremos ampliar el estudio que empezamos.

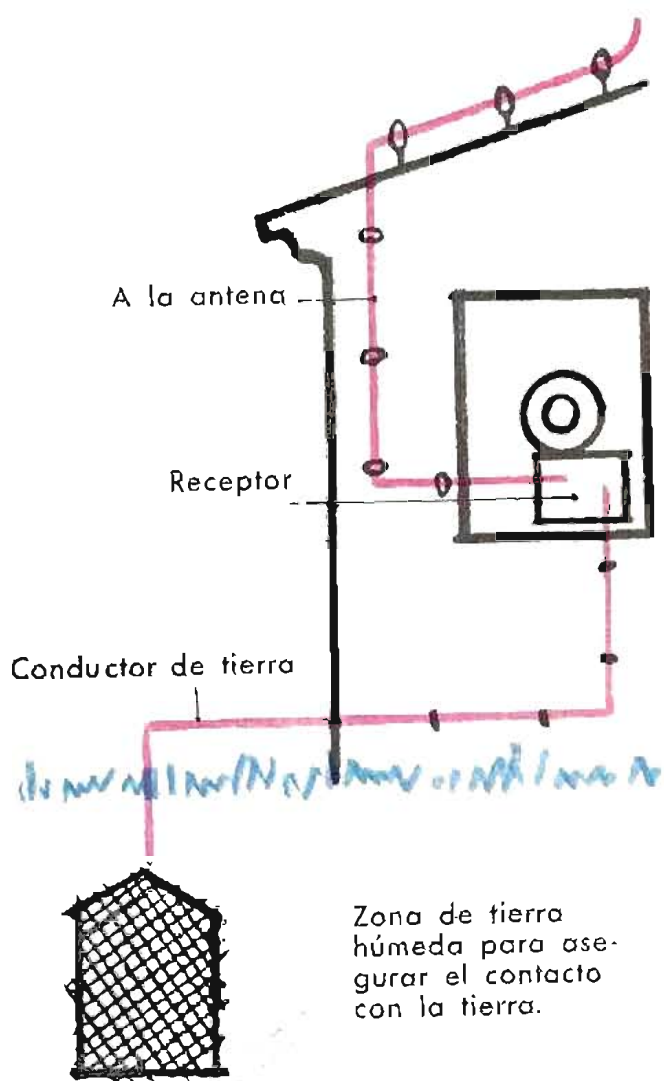
## DESCRIPCION DE LOS BLOQUES

### El sistema antena - tierra

#### La toma de tierra

Sabemos que la transmisión telefónica y telegráfica utiliza la tierra como vía de retorno para las corrientes que atraviesan el receptor. También la radio emplea el suelo para ello. Las pequeñas corrientes que las ondas electromagnéticas (ondas hertzianas) engendran en la antena receptora encuentran su camino de regreso en la tierra.

Es necesario, pues, disponer de un contacto seguro y perfecto entre el receptor y el suelo, contacto al que llamamos una TOMA DE TIERRA.



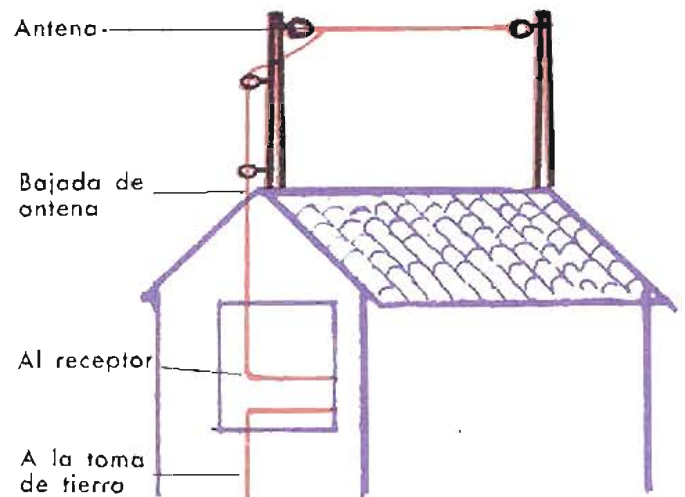
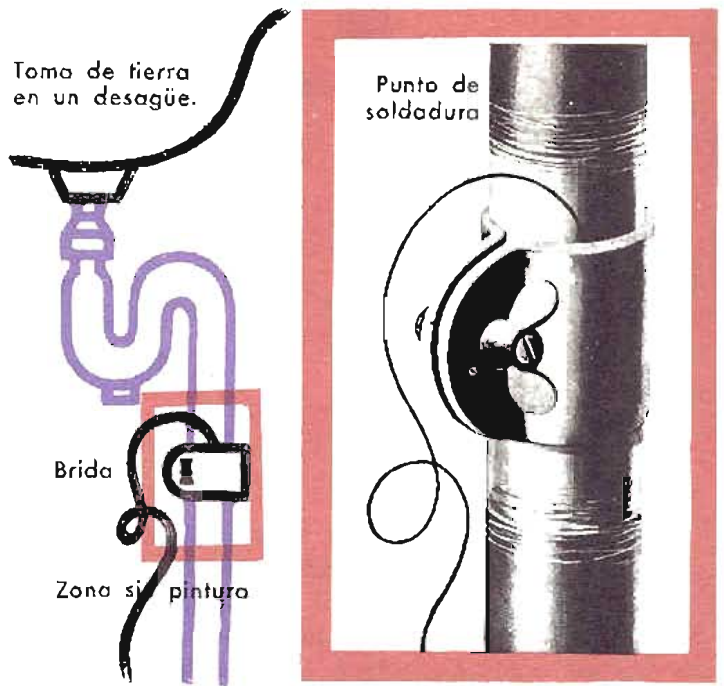
Para los que viven en el campo es fácil conseguir una buena toma de tierra.

Para quienes viven en el campo, el problema se resuelve con suma facilidad. Basta con enterrar en el suelo un trozo de malla metálica a la que se habrá soldado un hilo conductor que llegará al receptor. A fin de asegurar el perfecto contacto entre la malla metálica y la tierra que la rodea, convendrá mantener húmeda la zona donde se haya situado la toma de tierra.

Para los que viven en una ciudad, a menos que dispongan de jardín, esta solución no es posible; lo cual no es motivo para que no pueda solventarse la necesidad de una toma de tierra, aun con ventaja sobre el sistema clásico. Cualquier tubería de distribución de agua o gas es una toma de tierra realmente eficaz. Estas conducciones metálicas —por estar conectadas a la red general de distribución cuyo recorrido transcurre en gran parte bajo tierra— garantizan un contacto perfecto con el suelo.

Respecto a estas tomas de tierra es necesario advertir que en algunas casas de vecindad se hallan intercalados, entre las tuberías de conducción del agua y la red general de distribución, los depósitos reguladores localizados en las azoteas, que se fabrican con materiales aislantes. Es decir: entre la tubería de entrada del depósito y la tubería de salida, queda una zona aislante.

En estos casos y para asegurar una buena toma de tierra, deberemos unir las tuberías de entrada y salida con un hilo conductor, salvando así la zona aislante.



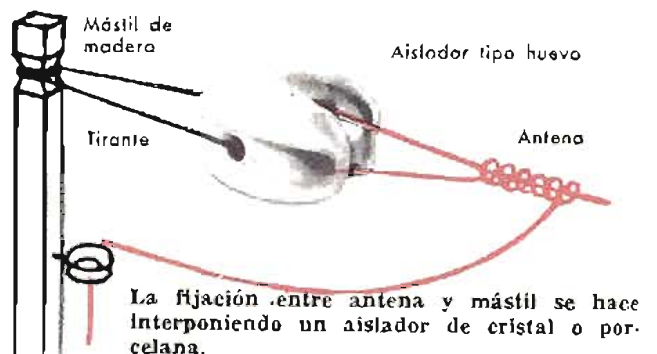
## La antena

En su forma más simple, está constituida por un simple hilo conductor tendido entre dos mástiles y colocada en la parte más alta y despejada de los edificios.

Una antena, empero, no puede colocarse sin determinadas precauciones que aseguren su perfecto aislamiento del suelo o de zonas conductoras que indirectamente puedan comunicarla con él. Las corrientes que las ondas de radio engendran en la antena deben atravesar el receptor antes de alcanzar el suelo; en caso contrario, se comprende, la antena pierde su efectividad.

Por consiguiente, para amarrar una antena no se hará directamente a sus mástiles, aunque sean de madera. La madera, cuando absorbe humedad, también es conductora. La fijación entre la antena y sus correspondientes mástiles se hace intercalando un elemento aislante. Acostumbra ser un aislador de vidrio o porcelana que, por su forma, se conoce como aislador tipo *huevo*.

Una antena, en su forma más corriente, es un hilo conductor tendido entre dos mástiles situados en la parte más alta del edificio.



De uno de los extremos de la antena arranca el conductor que llega al aparato receptor. Este conductor será un hilo o cable de cobre recubierto por una envolvente aislante. Desde la antena al receptor no puede existir el menor contacto eléctrico. Por ello, y a pesar del recubrimiento aislante del conductor, es conveniente mantenerlo separado de las paredes cosa de unos 20 cm mediante piezas empotradas en la pared, en cuyo extremo exterior llevan una corona de porcelana por donde pasa el hilo de antena. Cuando este hilo debe atravesar una pared se proveerá el orificio practicado de un tubo aislante.

Es inútil advertir que cualquier deficiencia en el aislamiento de la antena hace disminuir grandemente su rendimiento, ya que cualquier contacto con las paredes del edificio deriva las corrientes de antena directamente a tierra sin que afecten al receptor.

El rendimiento de una antena es tanto mayor cuanto más elevado sea su emplazamiento. En cuanto a su longitud, depende de la frecuencia de la emisora a sintonizar. Lo corriente es que por medio de una antena se desee sintonizar distintas emisoras, por cuyo motivo debe pensarse en una longitud de antena que oscile entre diez y veinte metros.

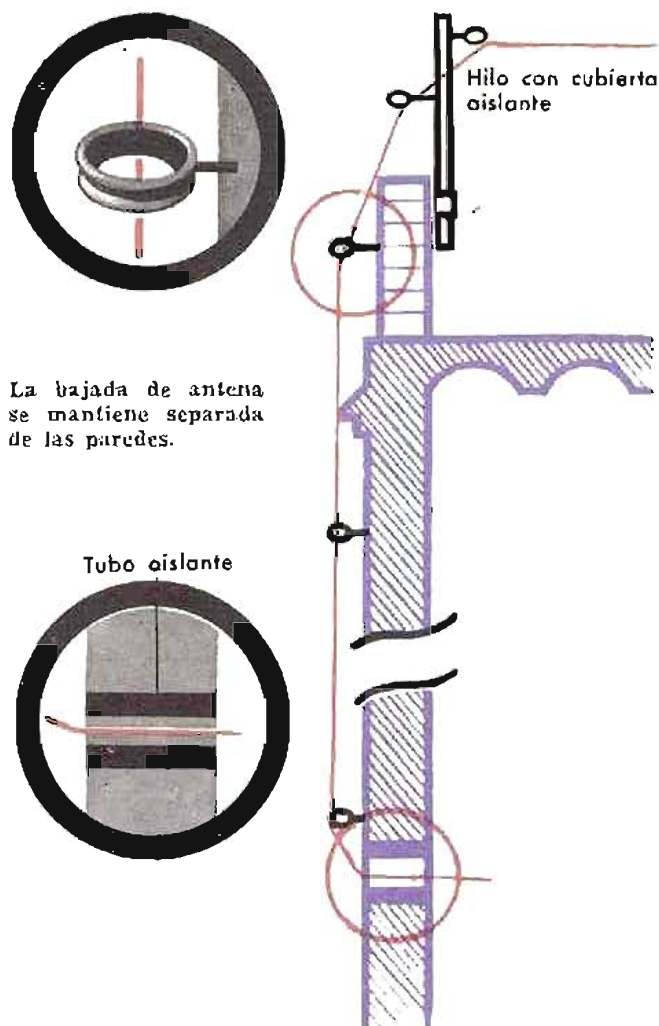
Después de esta explicación cabe preguntarse si el sistema antena-tierra es imprescindible en todo aparato receptor. Usted puede objetar, en contra de esta necesidad, que dispone de un receptor que funciona estupendamente sin necesidad de la complicación que representa instalar una antena y adoptar una toma de tierra.

Es cierto que en los receptores modernos, debido a su gran sensibilidad, es posible suprimir la clásica antena de tejado. Muchas veces es suficiente un simple hilo conductor de un metro de largo. Otras veces basta una lámina metálica alojada en el interior del mueble para tener una antena suficiente.

En cuanto a la toma de tierra, suele aprovecharse uno de los polos de la red de distribución eléctrica. El contacto se establece en uno de los hilos que suministran corriente alterna a la fuente de alimentación del aparato, ya que uno de los

## La detección

Recuerde las partes del receptor elemental: el sistema antena-tierra, el detector y el reproductor, que era un auricular. Advertimos los inconvenientes de este receptor: falta de sensibilidad y falta de selectividad. Sin embargo, un receptor



La bajada de antena se mantiene separada de las paredes.

Cuando el conductor de antena debe atravesar una pared se reviste el taladro con un tubo aislante.

polos de la red de distribución está conectado a tierra.

La supresión de la antena y de la tierra es más aparente que real. Se suprime, eso sí, el aparato externo; aunque por satisfactorio que sea el rendimiento de un receptor siempre lo será más si lo proveemos de un grupo antena-tierra similar al que hemos descrito.

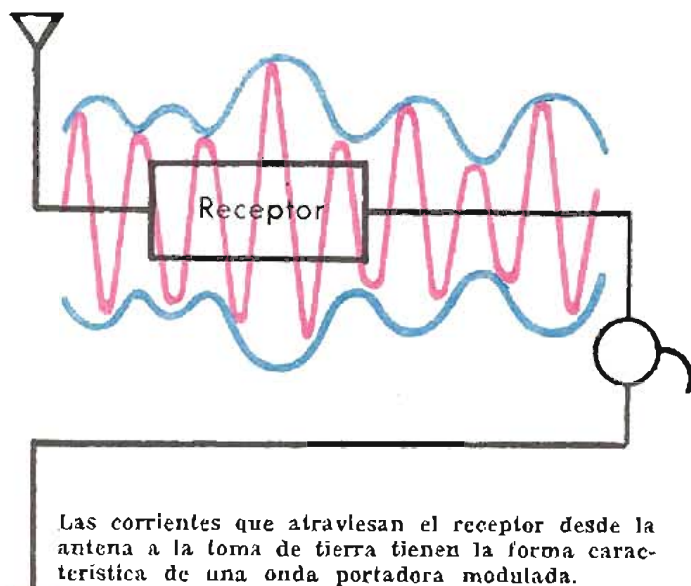
De ordinario, todo receptor va provisto de una plaquita con dos contactos metálicos en la que se han grabado las iniciales A-T o bien los símbolos representativos de la antena y de la toma de tierra. En estos contactos deben introducirse los bornes finales del conductor de antena y de la toma de tierra.

tan elemental puede funcionar satisfactoriamente cuando se encuentre en las proximidades de una emisora potente. La razón es simple:

A pesar de su poca sensibilidad, la señal de la emisora captada por la antena, por razón de

su proximidad, tiene suficiente potencia para accionar el auricular sin necesidad de amplificación. Por otra parte, la misma falta de sensibilidad inmuniza al receptor contra las señales de emisoras más lejanas o menos potentes, que por ser demasiado débiles no conseguirán accionar el auricular, lo que soluciona automáticamente la falta de selectividad del receptor. Mejor dicho: el aparato sigue sin selectividad; pero por causa de su escasa sensibilidad selecciona la emisora cuya señales llegan a la antena con mayor potencia.

Conociendo la estructura del sistema antena-tierra y conociendo también el auricular, bastará descubrir el detector más simple para tener un conocimiento completo del funcionamiento del receptor elemental y para que quien goce de la proximidad de una emisora algo potente pueda realizar su primera experiencia de radio recepción.



La frecuencia con que emiten la mayoría de las emisoras es superior a los 500 Kc/s; la amplitud de esta señal varía de acuerdo con la señal de B.F. que se pretende transmitir. Las corrientes que desde la antena a la toma de tierra atraviesan el receptor tienen el aspecto característico de una *onda portadora modulada*.

Consideremos qué iba a ocurrir si aplicásemos esta corriente directamente al auricular. Para concretar, digamos que la emisora transmite con una frecuencia de 1 Mc/s.

Con esta frecuencia la corriente que atravesaría el auricular variaría de polaridad cada millonésima de segundo. Por lo tanto, si en un instante dado la lámina fuese atraída por el imán, al cabo de una millonésima de segundo sería repelida con igual fuerza, y así sucesivamente.

Ciertamente, la corriente variaría de intensidad de acuerdo con la señal de B.F. transmitida; pero siempre a una atracción de la lámina seguirá una repulsión de la misma magnitud, con un intervalo de tiempo tan insignificante como es 1/1.000.000 seg. Es decir: las atracciones y repulsiones se encaminarían a hacer vibrar la lámina con una frecuencia de 1 Mc/s y una amplitud que variaría según la señal de B.F.

¿Percibiríamos tales vibraciones...? Rotundamente, no. Primero porque, en el supuesto de que la lámina llegase a vibrar, las frecuencias del orden de 1 Mc/s no son audibles; y segundo porque ocurre que la lámina no vibra, permanece estática, por dos razones. Su propia inercia se lo impide; ésta es una razón. La otra está en el hecho de que las bobinas del auricular son sendas autoinducciones que presentan al paso de una corriente alterna una oposición proporcional a la frecuencia de la misma; y tratándose aquí de una frecuencia de 1 Mc/s, tal oposición es enorme. El resultado es que las corrientes que atraviesan realmente el auricular son debilísimas, incapaces de mover la lámina vibrante.

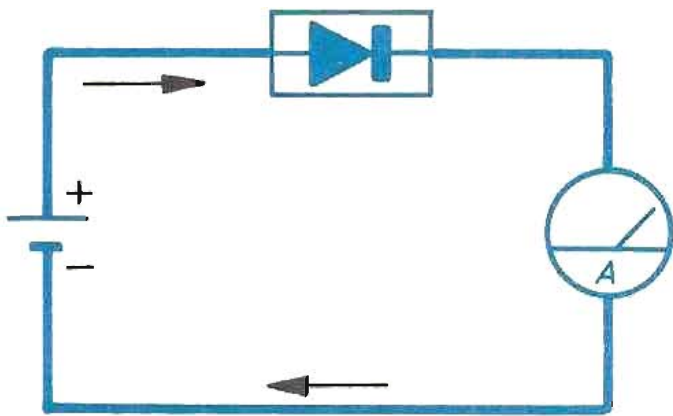
Supongamos ahora que por una venturosa circunstancia se nos proporciona un dispositivo tal que permite el paso de la corriente a su través, sólo en un sentido. En cuanto un impulso eléctrico pretende atravesarlo en sentido contrario, este dispositivo se lo impide.

Veremos inmediatamente cómo al intercalar nuestro ingenio entre la antena y el auricular las cosas cambian radicalmente; la audición se hace posible gracias a él: es el detector, cuyo símbolo es éste:

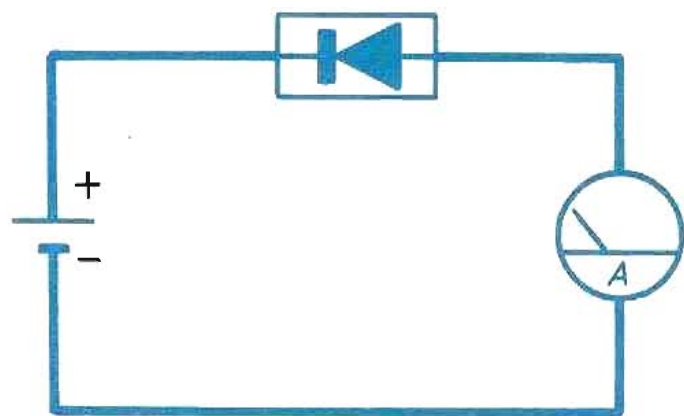


Símbolo del detector. La corriente puede atravesarlo según el sentido que indica la flecha.

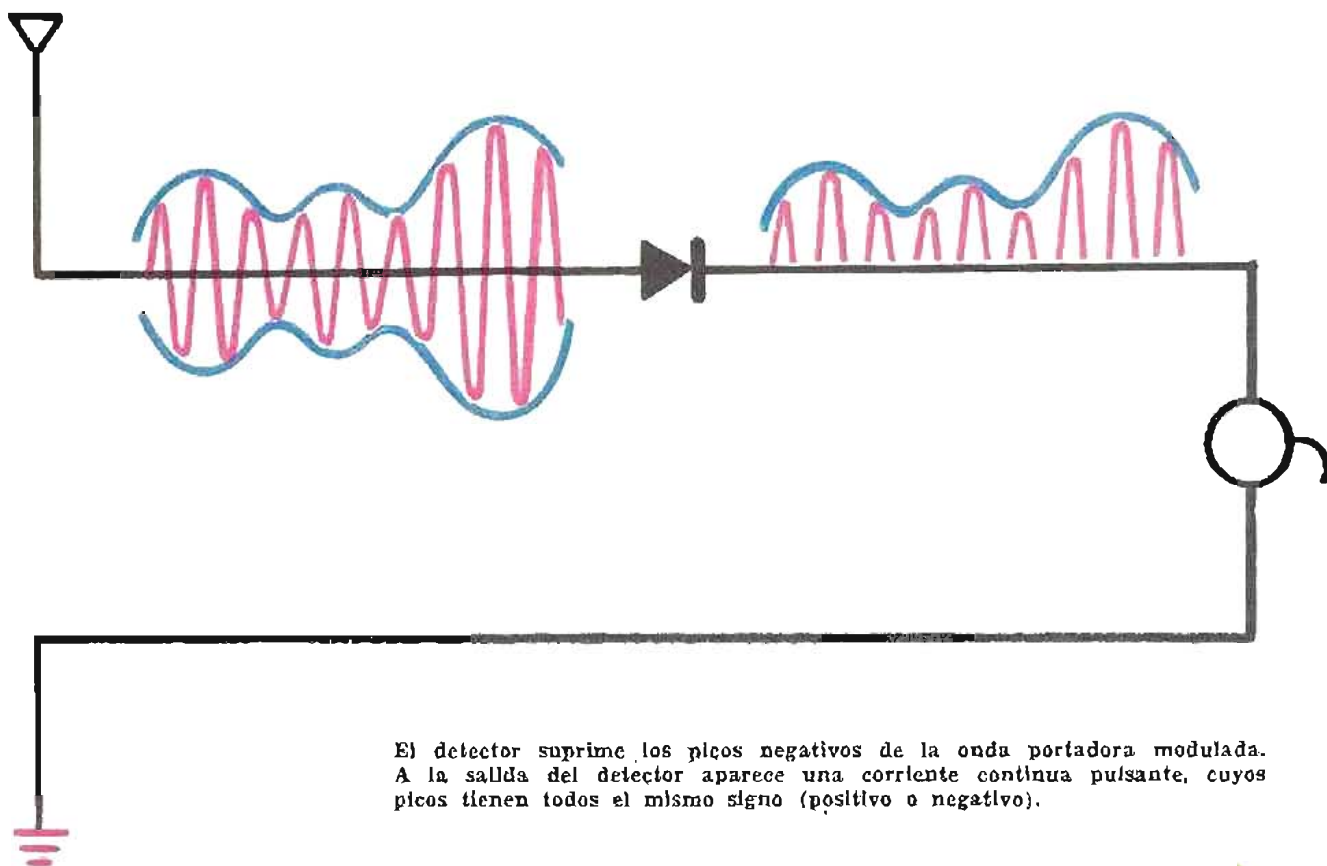
Estudiemos el cambio que se opera cuando entre la antena y el auricular intercalamos uno de estos elementos. Este cambio está en la naturaleza de la corriente que llega al auricular. En efecto; la corriente que lo atraviesa tiene ahora sólo picos positivos; sólo puede pasar de la antena hacia tierra y no en sentido contrario.



El amperímetro indicará el paso de una corriente.



Invertiendo el detector la aguja del amperímetro no acusa corriente alguna.



El detector suprime los picos negativos de la onda portadora modulada. A la salida del detector aparece una corriente continua pulsante, cuyos picos tienen todos el mismo signo (positivo o negativo).

Luego la lámina del auricular se verá sometida a una sucesión de impulsos, todos en el mismo sentido, pero cuya amplitud irá variando según mande la señal de B.F. que se transmite. De no existir la modulación, en cuyo caso todos los impulsos serían iguales (todos los *picos* de la representación gráfica de la corriente tendrían la misma amplitud), la lámina del auricular quedaría permanentemente desplazada hacia afuera o hacia adentro. Es lo que ocurriría si le aplicáse-

mos una rapidísima sucesión de golpes de igual intensidad y sin darle tiempo a retroceder. Pero cuando variemos lentamente la fuerza de los golpes la curvatura de la lámina se hará mayor o menor siguiendo esas variaciones. Exactamente igual ocurre con los impulsos eléctricos que recibe: todos van en el mismo sentido, pero no con la misma intensidad. La amplitud de los picos de la corriente sigue la variación que corresponde a la señal de baja frecuencia.

Resulta, pues, que ahora el auricular pierde la tendencia a reproducir la señal de A.F.; sino que reproduce, mediante impulsos sucesivos, la onda de B.F. que la modula, onda que originalmente corresponde a un sonido. El auricular, gracias a la intervención del detector, reproduce los sonidos originales.

Advierta que la corriente que sale del detector no es ya una corriente alterna, puesto que sólo circula en un sentido. Se trata de una corriente continua interrumpida periódicamente, idéntica a la que proporcionaría una pila que alimentase un circuito a cuya entrada conectásemos un interruptor capaz de abrirse y cerrarse alternativamente a gran velocidad. A estas corrientes se les llama **CORRIENTES CONTINUAS PULSANTES**.

Por tratarse de una corriente continua disminuyen los efectos de autoinducción en las bobinas del auricular, y se elimina también la segunda de las dificultades que lo inutilizaban cuando la radorrecepción se efectuaba sin el detector incorporado.

La detección puede lograrse por distintos procedimientos, dirigidos siempre a la eliminación de los picos de un determinado signo. El sistema de detección que hemos supuesto, y que por ahora nos ha solucionado el problema, es posible gracias al dispositivo que conocemos con el nombre de **DIODO**. Ya conoce su símbolo: un pequeño rectángulo con dos terminales, en uno de los cuales se añade una punta de flecha indicativa del sentido en que la corriente podrá atravesar el detector.

En principio, pues, hablaremos de la detección por diodo.

## DIODOS DE CRISTAL

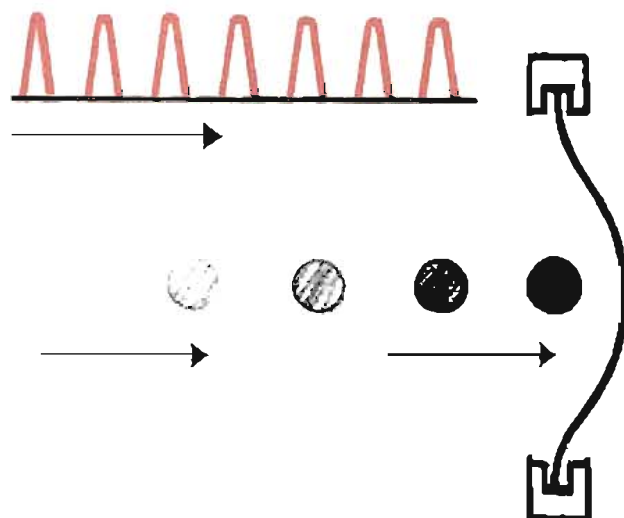
Existen dos tipos de diodos: los de cristal y los termoiónicos, a cuyo estudio dedicamos la próxima lección.

Adentrémonos en el estudio de los diodos de cristal:

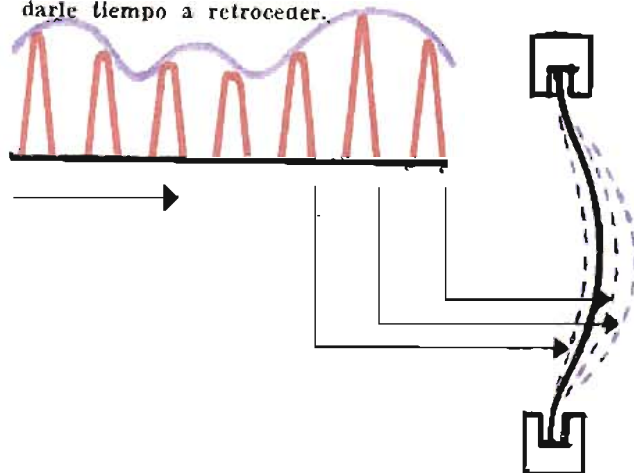
Durante muchos años tuvieron gran popularidad los diodos de galena. ¿Quién no ha oído hablar de las *radios de galena*?

La galena es un mineral cristalizado de plomo y azufre, cuya aplicación como detector proviene del hecho de que, intercalado entre los conductores, permite el paso de la corriente en un único sentido.

Los diodos de galena están formados por una cazoleta que aloja el mineral y de la cual arran-



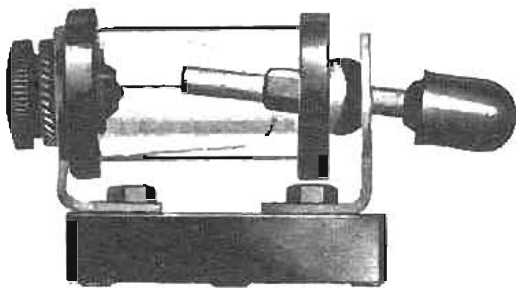
Una corriente pulsante sin modulación actuaría sobre la lámina vibrante como una sucesión de golpes, todos de la misma intensidad y sentido, sin darle tiempo a retroceder.



Acción de una corriente pulsante modulada sobre la lámina del auricular. Los impulsos son todos en el mismo sentido, pero de intensidad variable.

ca uno de los conductores. El otro conductor termina en una punta metálica que se apoya en la galena. En este dispositivo, la corriente puede pasar de la galena a la punta, pero no al revés. La presentación más corriente de este detector es aquella que adopta como protección contra el polvo un recipiente de vidrio con dos tapas y en cuyo interior, debidamente conectadas al exterior, se encuentran la galena y la punta metálica.

Su empleo resultaba engorroso, puesto que su buen funcionamiento dependía de que la presión de la punta metálica sobre la galena se aplicase exactamente sobre un punto sensible, condición que debía acertarse por puro tanteo. La operación debía repetirse con bastante frecuencia.



Detector de galena. Durante muchos años ha sido el único diodo de cristal empleado como detector.

Con el descubrimiento de las válvulas termiónicas los diodos de cristal quedaron relegados al olvido; hasta que modernamente, y gracias a laboriosas investigaciones llevadas a cabo en los departamentos de Física de algunas de las grandes compañías de productos electrónicos y en los laboratorios de algunas universidades, ha sido posible construir diodos de cristal que junto a una total garantía de funcionamiento unen la ventaja de su tamaño extraordinariamente reducido.

En estos diodos el cristal de galena se sustituye por cristales de germanio o silicio, convenientemente tratados, acoplados de tal forma al conjunto que desaparece el inconveniente de los primitivos detectores: funcionan sin necesidad de ninguna manipulación.

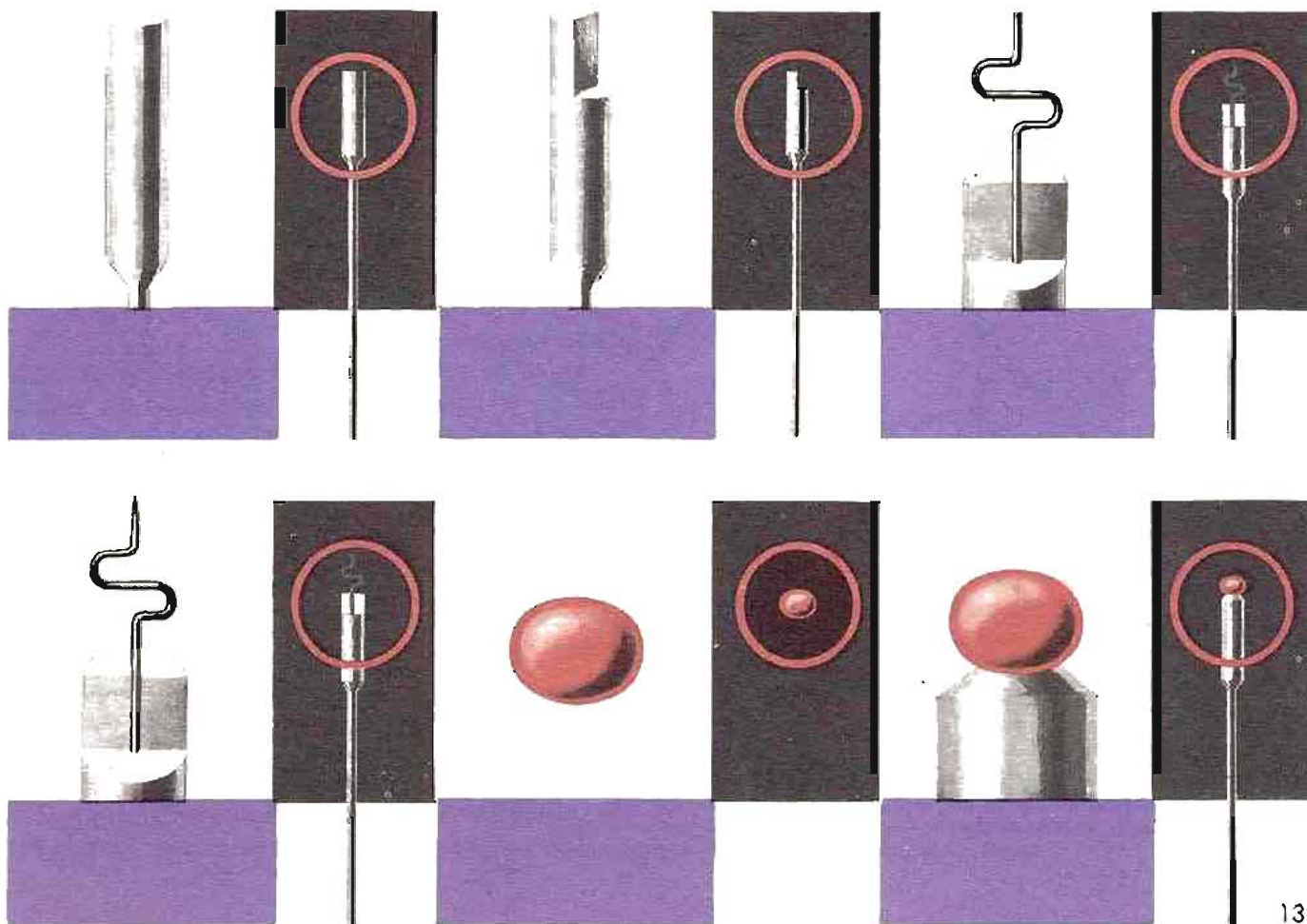
Su utilización se ha extendido de modo extraordinario, no sólo en radio y TV, sino en todos los campos de la electrónica.

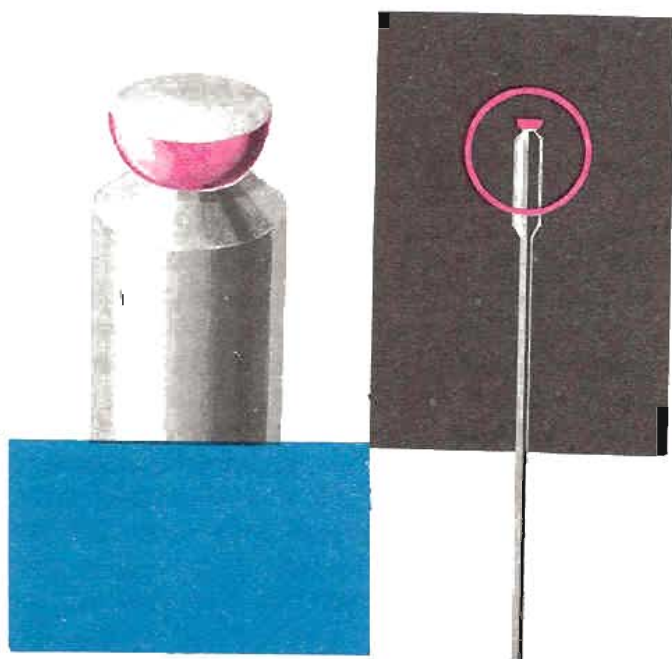
Su estructura interna, pese a las modificaciones implantadas por la técnica moderna, sigue siendo la que caracteriza al diodo de galena: un cristal y una punta de presión.

Ambos elementos se encierran en un cilindro de cristal cuyo diámetro es, aproximadamente, de 6 mm y su longitud de unos 12 mm. De los extremos de este pequeño cilindro emergen los dos terminales, uno conectado al cristal de germanio o silicio y otro conectado a la punta de presión.

Los dos elementos básicos del diodo (cristal y punta de presión) tienen una nomenclatura similar a la que encontramos al referirnos a los bornes de una pila.

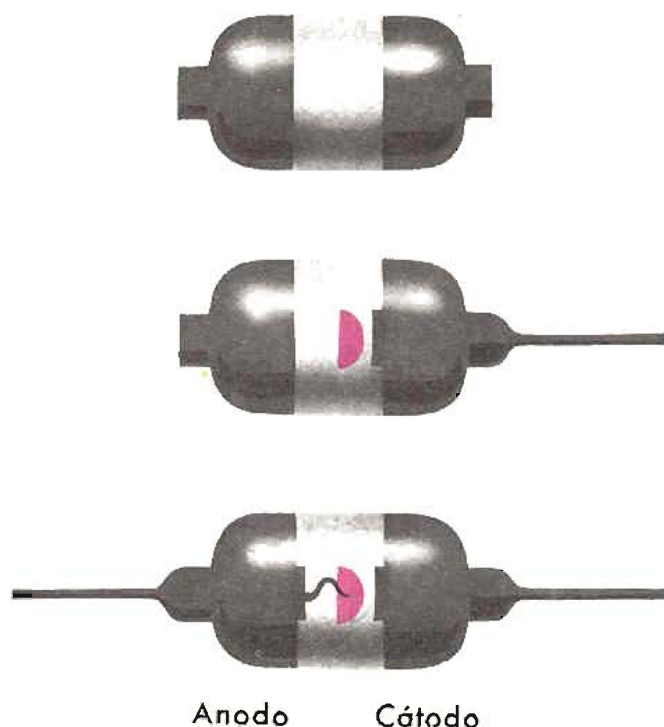
## PROCESO DE CONSTRUCCION DE UN DIODO DE GERMANIO (Información Philips)





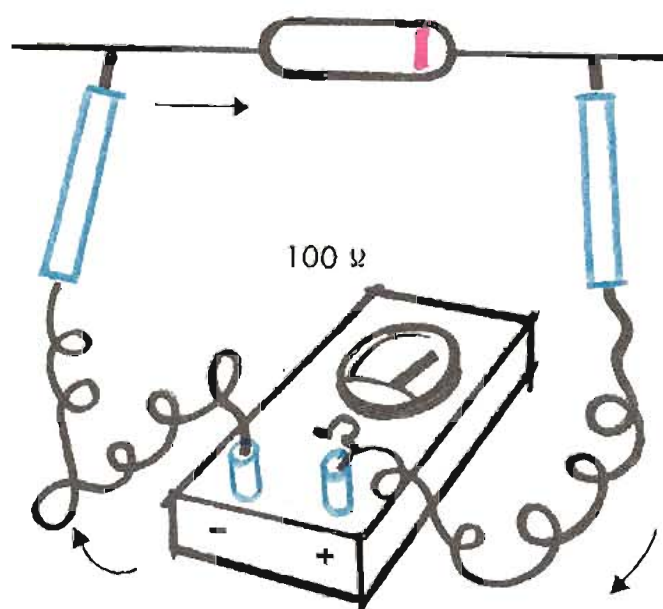
LLAMAMOS CÁTODO AL CRISTAL Y ÁNODO A LA PUNTA METÁLICA; y afirmamos que EN LOS DIODOS, LA CORRIENTE PUEDE PASAR EXCLUSIVAMENTE DE ÁNODO A CÁTODO.

Se comprende que sea imprescindible saber cuál es el conductor de ánodo y cual el de cátodo.



La identificación es posible gracias a los grafismos marcados sobre el cuerpo del diodo. En ocasiones se graba el símbolo correspondiente al diodo, orientándolo de acuerdo con la realidad. Otras veces la identificación es posible porque en el extremo del diodo correspondiente al cátodo se ha grabado una franja o puntito de color.

## COMPORTAMIENTO REAL DEL DIODO DE CRISTAL



Midiendo la resistencia directa de un diodo de cristal. La corriente entra por el ánodo y el ohmímetro señala una resistencia aproximada de  $100 \Omega$ .

Nos ha interesado conocer la función del diodo como detector; y la forma más eficaz de conseguirlo ha sido suponer que su acción de semiconductor (conductor en un solo sentido) era absoluta. Con un diodo que se ajuste a esta suposición podemos eliminar todos los picos negativos de una corriente. Pero ¿es eso lo que realmente ocurre...?

Antes de seguir, conviene profundizar un poco más en el comportamiento del diodo de cristal.

Empecemos por decir que la palabra diodo es un vocablo compuesto de dos voces griegas que significan *dos caminos*. Así, pues, cuando hablamos de triodos nos referimos a un dispositivo que proporciona tres caminos a una corriente. Si de tetrodos, serán cuatro los caminos posibles; si de pentodos, cinco caminos posibles.

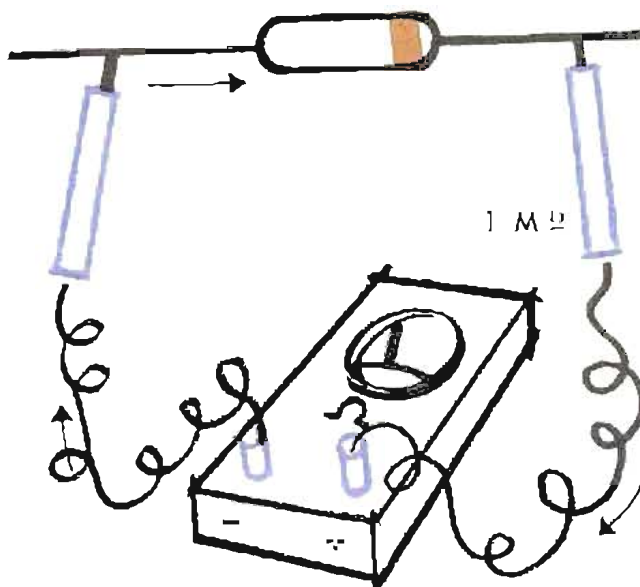
En un diodo, pues, hay dos caminos posibles en su interior: el que va de ánodo a cátodo y el que va de cátodo a ánodo. Hablando con rigor científico, deberemos decir que un diodo, cuando la corriente va por el camino de ánodo a cátodo, se comporta como un buen conductor; a pesar de lo cual tiene su resistencia, como todos los

conductores. Esta resistencia es la RESISTENCIA DIRECTA DEL DIODO, que para los de germanio es del orden de los  $100 \Omega$ . Cuando la corriente va de cátodo a ánodo, la resistencia del diodo aumenta extraordinariamente; el diodo se comporta como un aislante, aunque no perfecto. La resistencia del diodo, en el supuesto de un sentido cátodo-ánodo, se llama RESISTENCIA INVERSA DEL DIODO; es para los de germanio del orden de  $1.000.000 \Omega$ , o sea  $1 M \Omega$ .

Con estas verdades por delante, es fácil comprender que lo que realmente ocurre no es que la corriente pase *exclusivamente* en un solo sentido, sino que en un sentido (el que corresponde a la resistencia directa) lo hace con mucha mayor facilidad que en el otro (sentido de la resistencia indirecta.) De ánodo a cátodo sólo encuentra una resistencia de  $100 \Omega$ , mientras que al revés, de cátodo a ánodo, la resistencia es de  $1.000.000 \Omega$ .

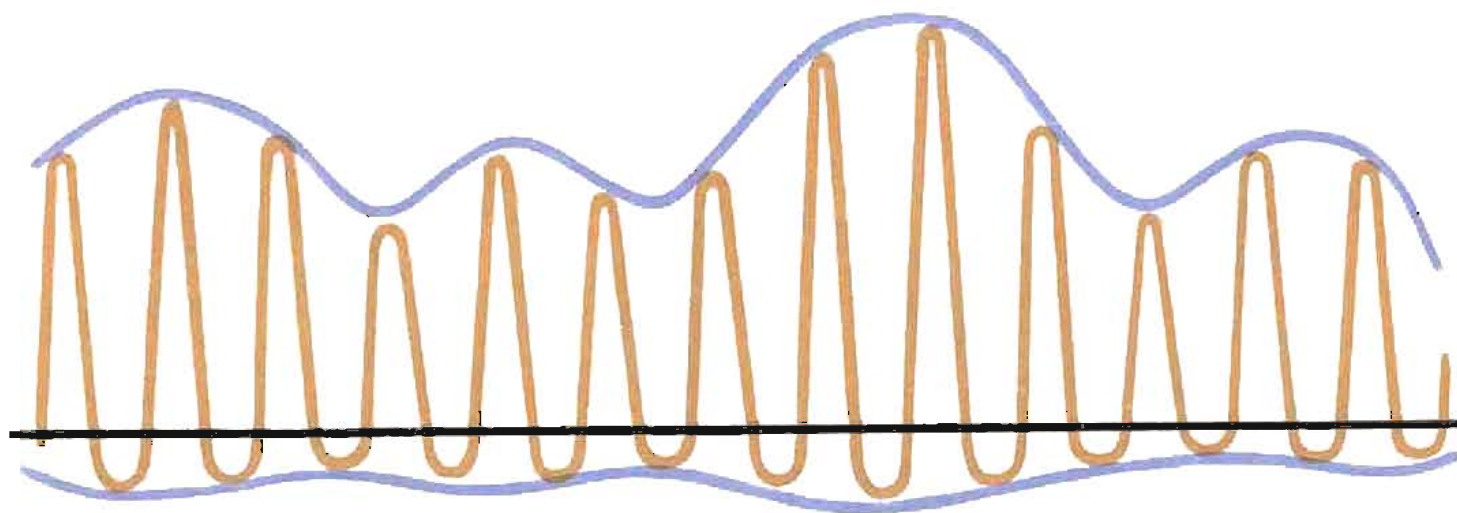
Por lo tanto, las señales aplicadas al auricular no están totalmente desprovistas de impulsos negativos; sino que estos impulsos, debido a la mayor resistencia, corresponderán a una corriente de intensidad mucho menor. Los picos negativos de la representación gráfica tendrán una amplitud mucho menor que los picos positivos, siendo esta diferencia de potencia la que acciona el auricular como si no existieran impulsos negativos.

Hemos supuesto que los impulsos que afectan al auricular son los positivos; pero debemos ad-



Midiendo la resistencia inversa de un diodo de cristal. La corriente entra por el cátodo y la resistencia aproximada es de  $1 M \Omega = 1.000.000 \Omega$ .

vertir que en caso de invertir la dirección del diodo, colocándolo en el circuito al revés de como lo hemos dibujado, los resultados serían los mismos. Las señales capaces de accionar el auricular serían las negativas, evidentemente; pero como la amplitud varía exactamente igual a como varía en los impulsos positivos, los movimientos de la lámina del auricular siguen traduciendo la señal de B.F.



Gráfica de las corrientes que realmente llegan al auricular. Los picos negativos no se eliminan totalmente, pero carecen de la amplitud necesaria para ejercer efecto en las bobinas del electroimán.

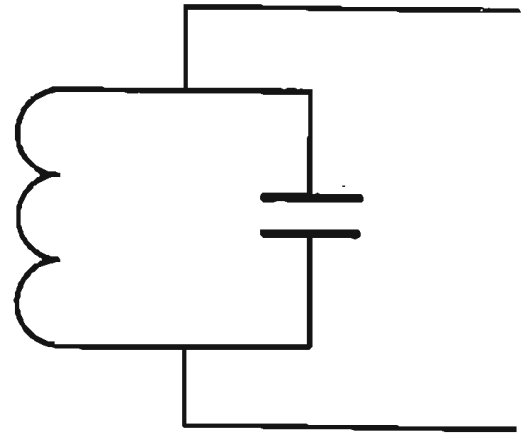
## EL SELECTOR - RESONANCIA

Vamos a enfocar el problema de la selección. Nuestro receptor elemental debe capacitarse para seleccionar la señal de una emisora; aquella que deseamos sintonizar.

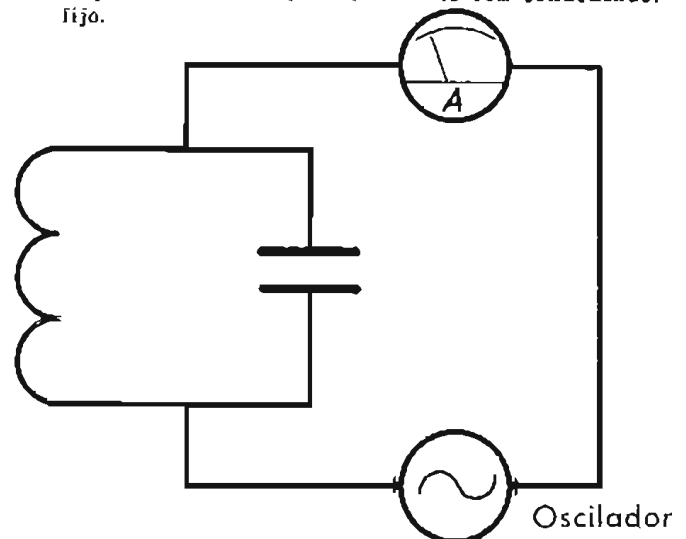
El dispositivo que proporciona selectividad a nuestro receptor está formado simplemente por una bobina y un condensador con sus terminales unidos en paralelo con el circuito. Este conjunto, que recibe el nombre de CIRCUITO RESONANTE, presenta una propiedad especialísima cuyo estudio requiere el concurso de un generador de corriente alterna con una frecuencia que pueda variar a voluntad (será un oscilador) y el concurso de un amperímetro.

Dispongamos el oscilador, el circuito resonante y el amperímetro formando un circuito en serie. Si mantenemos fija la d.d.p. entre los bornes del generador, pero vamos variando la frecuencia de la corriente que produce, observaremos que para una frecuencia determinada (la llamaremos  $f_0$ ) el amperímetro señala una corriente casi nula, y que a medida que variamos la frecuencia de la corriente producida por el oscilador, haciéndola mayor o menor, la intensidad que atraviesa el amperímetro aumenta; se hace mayor, tanto más cuanto más nos hayamos apartado de la frecuencia  $f_0$  en uno u otro sentido.

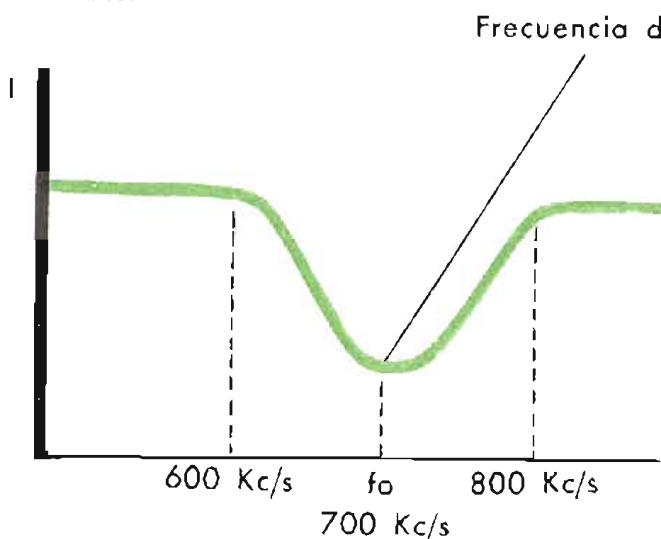
El circuito resonante, pues, se comporta como una resistencia cuyo valor es distinto según sea la frecuencia de la corriente que lo atraviesa, resistencia que alcanza su valor máximo para una frecuencia  $f_0$ . Para corrientes cuya frecuencia sea mayor o menor que  $f_0$  la resistencia baja radicalmente.



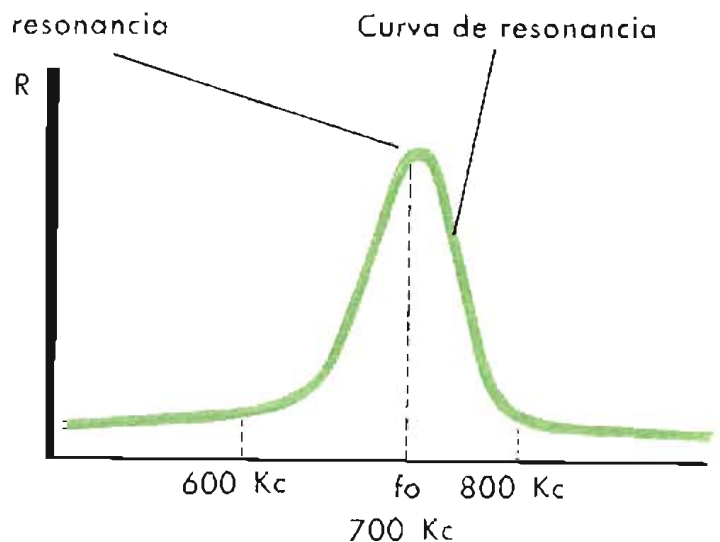
Esquema de un circuito resonante con condensador fijo.



Circuito formado por un circuito resonante, un amperímetro y un oscilador.



Curvas características del circuito resonante. Para una frecuencia determinada (700 Kc/s, por ejemplo) el amperímetro señala una corriente muy débil; la intensidad es mínima. La curva expresa gráficamente esta circunstancia.



Si en vez de la intensidad consideramos la resistencia del circuito, para la frecuencia de resonancia dicha resistencia estará muy por encima de la que corresponde a las frecuencias mayores o menores a la  $f_0$ .

La gráfica correspondiente a este fenómeno demuestra con toda claridad las variaciones de la resistencia del circuito resonante a medida que se producen variaciones en la frecuencia de la corriente que lo atraviesa.

La curva que valoriza estas variaciones es la CURVA DE RESONANCIA; la frecuencia  $f_0$  para la cual la resistencia es máxima es la FRECUENCIA DE RESONANCIA.

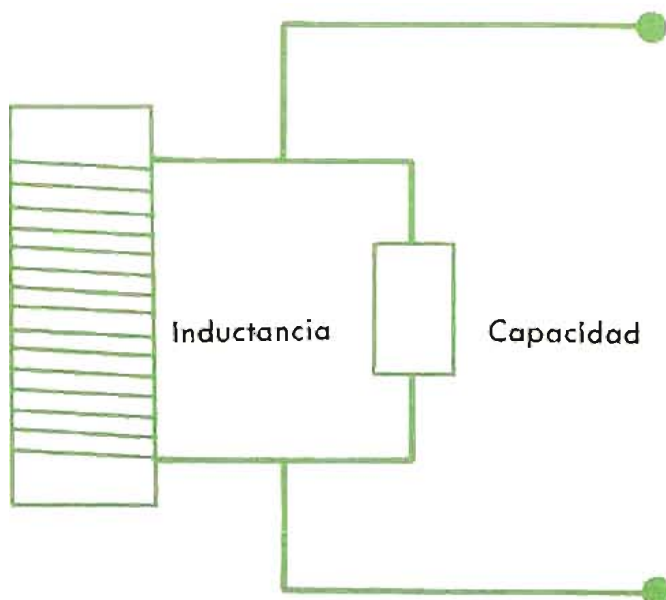
La frecuencia de resonancia depende de dos factores básicos: la autoinducción de la bobina y la capacidad del condensador. Conocidos ambos datos, se calcula  $f_0$  a partir de la llamada fórmula de Thompson. Es ésta:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C}} = \frac{1}{6.28\sqrt{L \times C}}$$

$f_0$  es la frecuencia de resonancia, medida en ciclos por segundo.

$L$  es la autoinducción de la bobina, en henrios.

$C$  es la capacidad del condensador, en faradios.



La frecuencia de resonancia depende del valor de la autoinducción de la bobina y del valor de la capacidad del condensador.

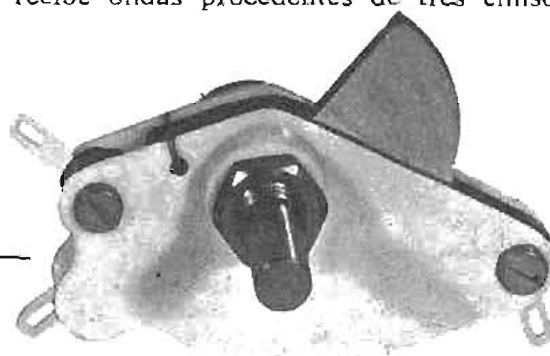
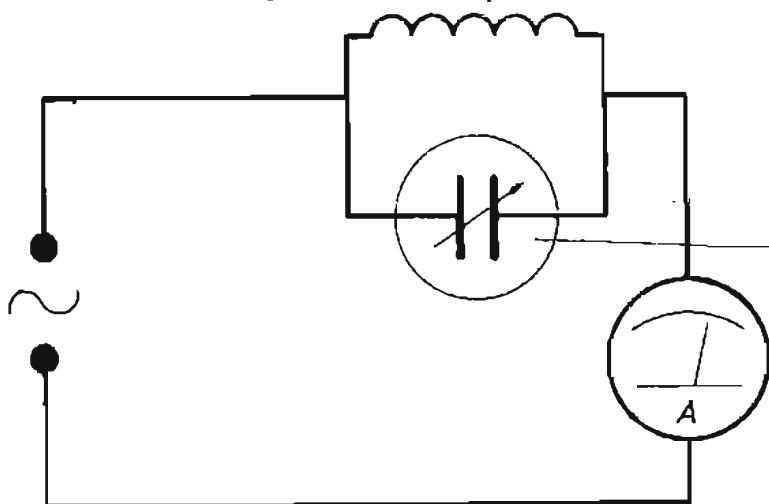
## VARIACION DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA

Para una misma bobina y un mismo condensador tendremos una  $f_0$  perfectamente determinada y fija, es evidente. Pero supongamos que el condensador que forma parte de un circuito resonante es un condensador variable, cuya capacidad variaremos con sólo accionar el eje que arrastra las placas móviles. En este caso, y puesto que el valor de la frecuencia  $f_0$  depende de la capacidad del condensador, tendremos una  $f_0$  distinta para cada posición del eje del condensador. He ahí una idea de singular transcendencia en radio: variando la posición de las placas de un

condensador variable podemos elegir a voluntad la frecuencia de resonancia del circuito, o sea, la frecuencia de la corriente que encontrará una resistencia máxima para pasar a través de él.

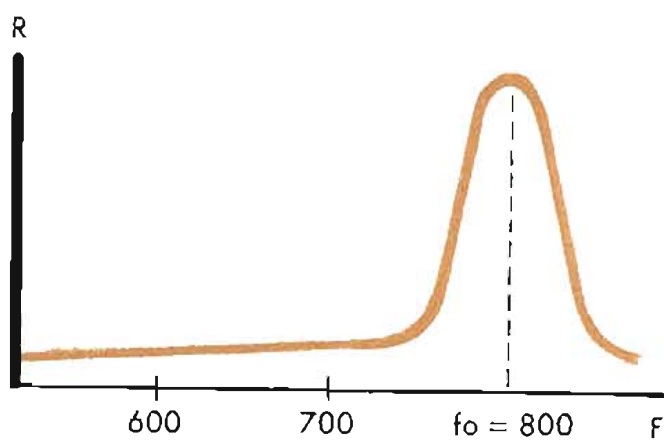
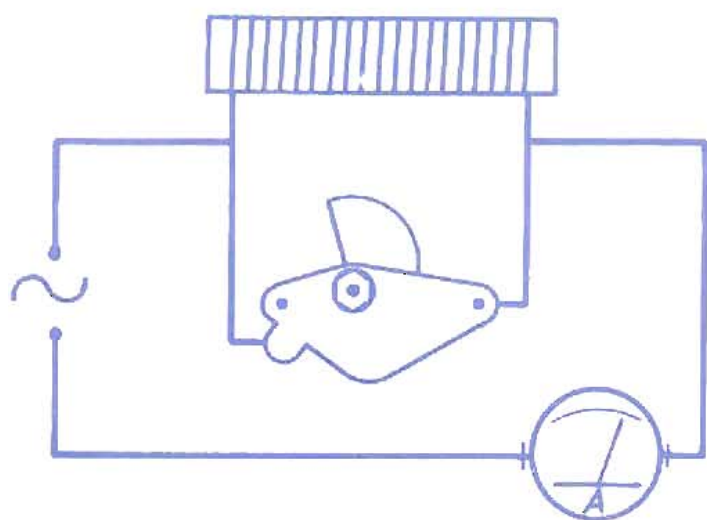
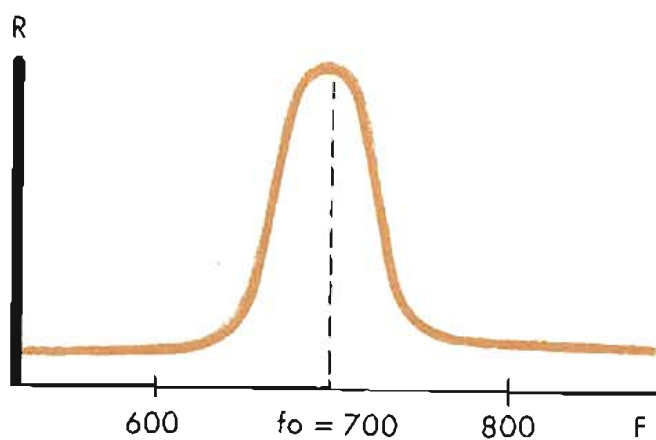
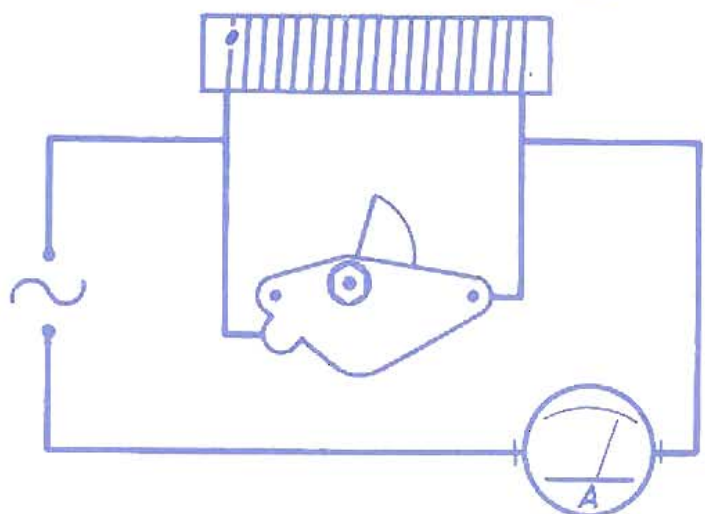
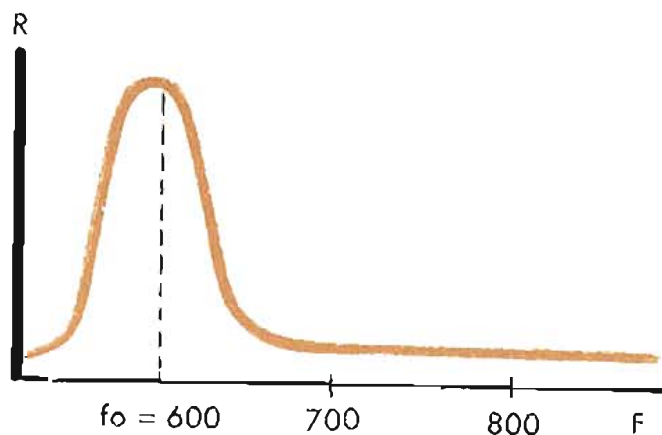
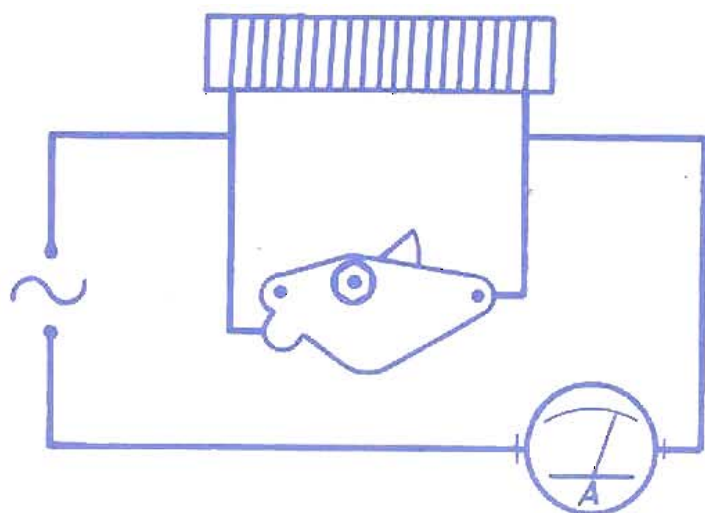
¿Dónde está la transcendencia de esta idea? ¿Cómo aprovechamos esta propiedad para dar selectividad a nuestro receptor...? Sencillo: intercalamos un circuito resonante de condensador variable entre antena y tierra.

Su comportamiento, en efecto, permitirá seleccionar la señal deseada. Supongamos que la antena recibe ondas procedentes de tres emiso-

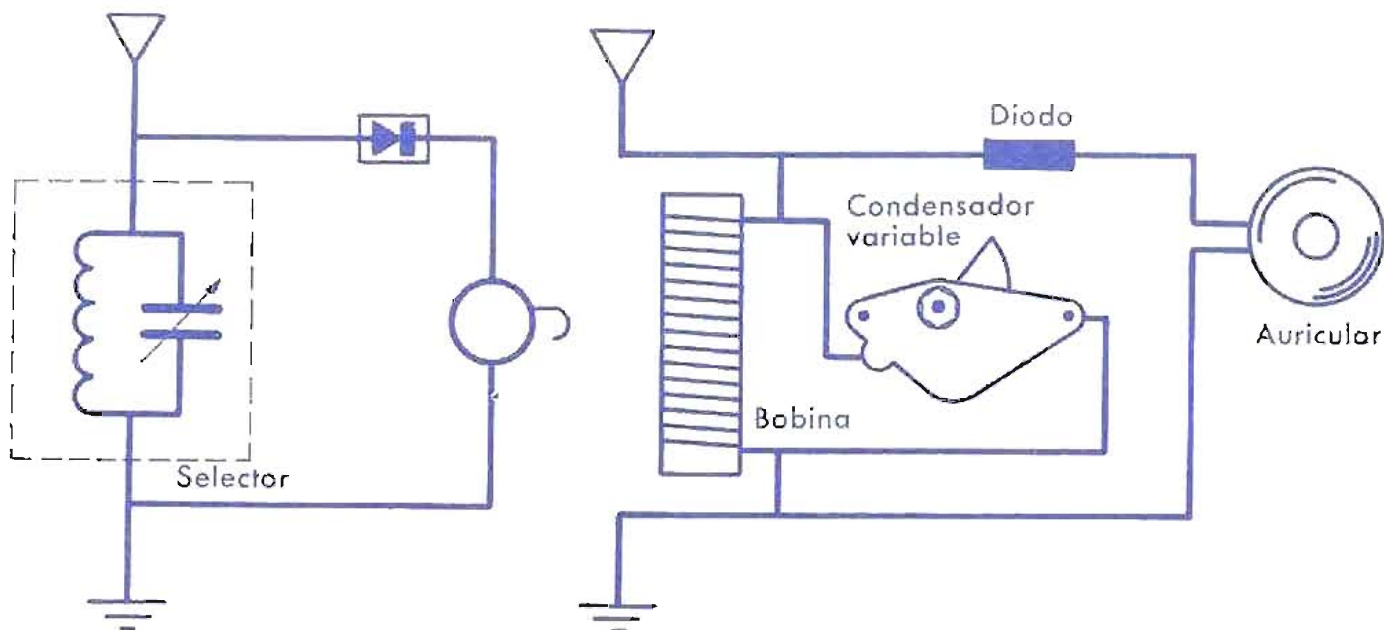


Condensador variable

El condensador variable hará variar la frecuencia de resonancia según la capacidad que adquiere.



La frecuencia de resonancia de un circuito resonante, considerando una misma bobina para todos los casos, depende de la capacidad del condensador; y esta capacidad depende de lo más o menos introducidas que estén sus placas móviles. Cuanto mayor es la capacidad (placas más introducidas) más baja es la frecuencia de resonancia.

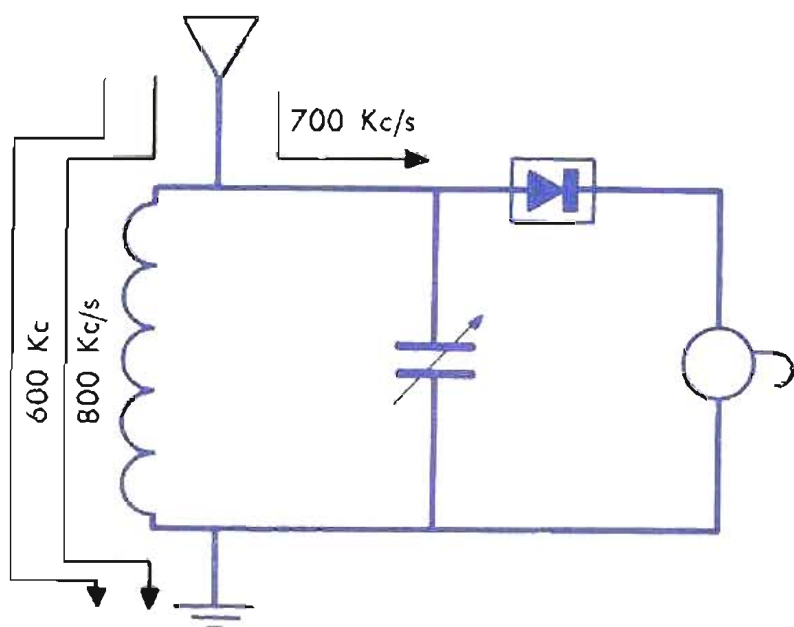


Esquema del receptor elemental con el selector incorporado.

Vea el esquema de montaje que corresponde al esquema técnico anterior.

ras distintas, cuyas frecuencias son de 600 Kc/s, 700 Kc/s y 800 Kc/s respectivamente, y que deseamos seleccionar o sintonizar (es lo mismo) la emisión de 700 Kc/s. Para conseguirlo ajustaremos el condensador para que la frecuencia de resonancia sea precisamente de 700 Kc/s. Para corrientes de esta frecuencia la resistencia del circuito resonante será máxima; pero no así para las frecuencias de 600 y 800 Kc/s, que lo atravesarán con absoluta facilidad. Observe ahora la situación del circuito resonante dentro del circuito general del receptor y comprenderá lo que ocu-

rra, que es lo siguiente: Las corrientes procedentes de la antena, cuya frecuencia sea de 600 y de 800 Kc/s, al no encontrar resistencia en el circuito resonante lo atravesarán con absoluta facilidad, pasando a tierra sin alcanzar el detector. En cambio, las corrientes de 700 Kc/s, que son, recuérdelo, las que deseamos sintonizar, al coincidir con la frecuencia de resonancia del circuito encontrarán en él una resistencia acusadísima y pasarán directamente al detector, y a través de él al auricular, que es precisamente lo que nos interesaba conseguir.



Así se comportaría el circuito resonante (selector) cuando el condensador variable sintonizara una frecuencia de 700 Kc/s. Sólo las señales con esta frecuencia llegarían al detector. Las demás, al no encontrar resistencia en el circuito resonante, pasarían directamente a la tierra.

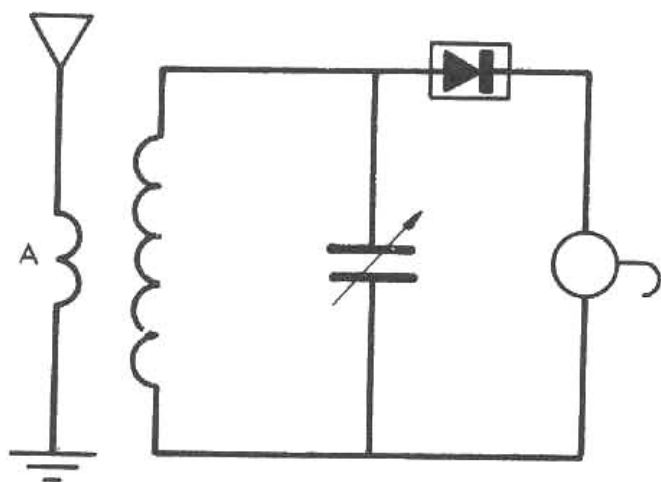
## EL AMPLIFICADOR

El objeto del amplificador es transformar las señales recibidas por la antena en otras de igual forma, pero de mayor amplitud. Una manera fácil de conseguirlo es situar coaxialmente a la bobina del circuito oscilante (una a continuación de la otra en la dirección de sus ejes) una nueva bobina de menor número de espiras, a cuya entrada conectaremos la antena y a cuya salida conectamos la toma de tierra.

Las corrientes de antena, pues, pasan por esta nueva bobina, llamada precisamente bobina de antena, que se comporta como el primario de un transformador al inducir en la bobina del circui-

to resonante corrientes de igual frecuencia, pero mayor tensión. Usted sabe que cuando el primario tiene menos espiras que el secundario, la tensión que aparece en este último es mayor que la que medimos en el primario.

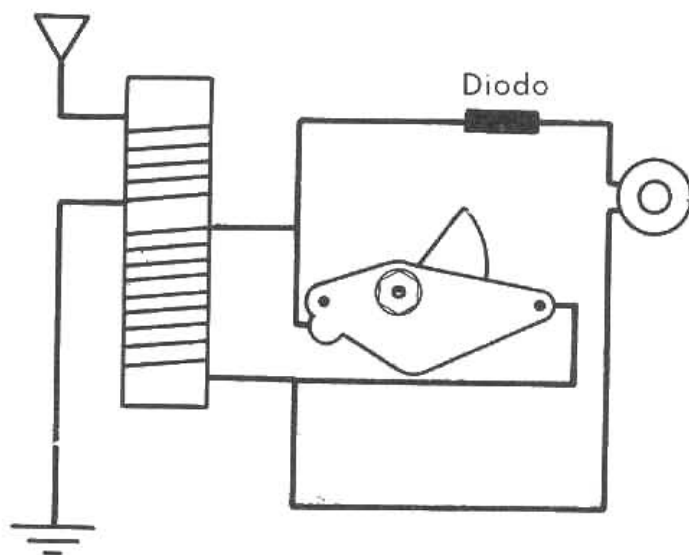
Así, por ejemplo, si hacemos que la bobina de sintonía (la del circuito resonante) tenga el triple de espiras que la bobina de antena (el primario), la tensión que la antena aplica a su bobina se transformará en el secundario (bobina de sintonía) en otra corriente cuya tensión o amplitud se multiplica por tres. Se consigue una amplificación.



Esquema del receptor elemental con el dispositivo amplificador. La bobina A (bobina de antena) actúa como el primario de un transformador cuyo secundario es la bobina del selector.

Estos transformadores se emplean muchísimo en radio con la denominación de transformadores de A.F., puesto que trabajan con corrientes de alta frecuencia. Las bobinas se enrollan sobre tubos de cartón o baquelita, cuyo diámetro es distinto según las características particulares que deban cumplir.

En vista de lo expuesto, tal vez pueda pensarse que con este sistema podemos conseguir una amplificación ilimitada, puesto que para ello basta con disponer de un primario con pocas espiras y de un secundario cuyo número de espiras podemos aumentar a placer. A mayor diferencia, más amplificación. Pero las cosas no siempre son



Esquema práctico de un receptor con diodo de cristal y amplificador de A.F. Las bobinas de antena y de sintonía se montan sobre un mismo soporte tubular.

tan sencillas como deseamos; y en este caso concreto surgen complicaciones.

En principio, las espiras del primario o bobina de antena no pueden ser muy pocas si queremos que el efecto inductor sobre el secundario o bobina de sintonía tenga alguna efectividad. Por otra parte, el número de espiras del secundario no puede ser muy elevado. La razón es ésta: cada espira, con sus vecinas, actúa a modo de un pequeño condensador, cuya capacidad se suma a la capacidad del condensador del circuito resonante. A medida que aumenta el número de espiras, aumenta la capacidad total del circuito resonante, impidiéndole seleccionar frecuencias elevadas.

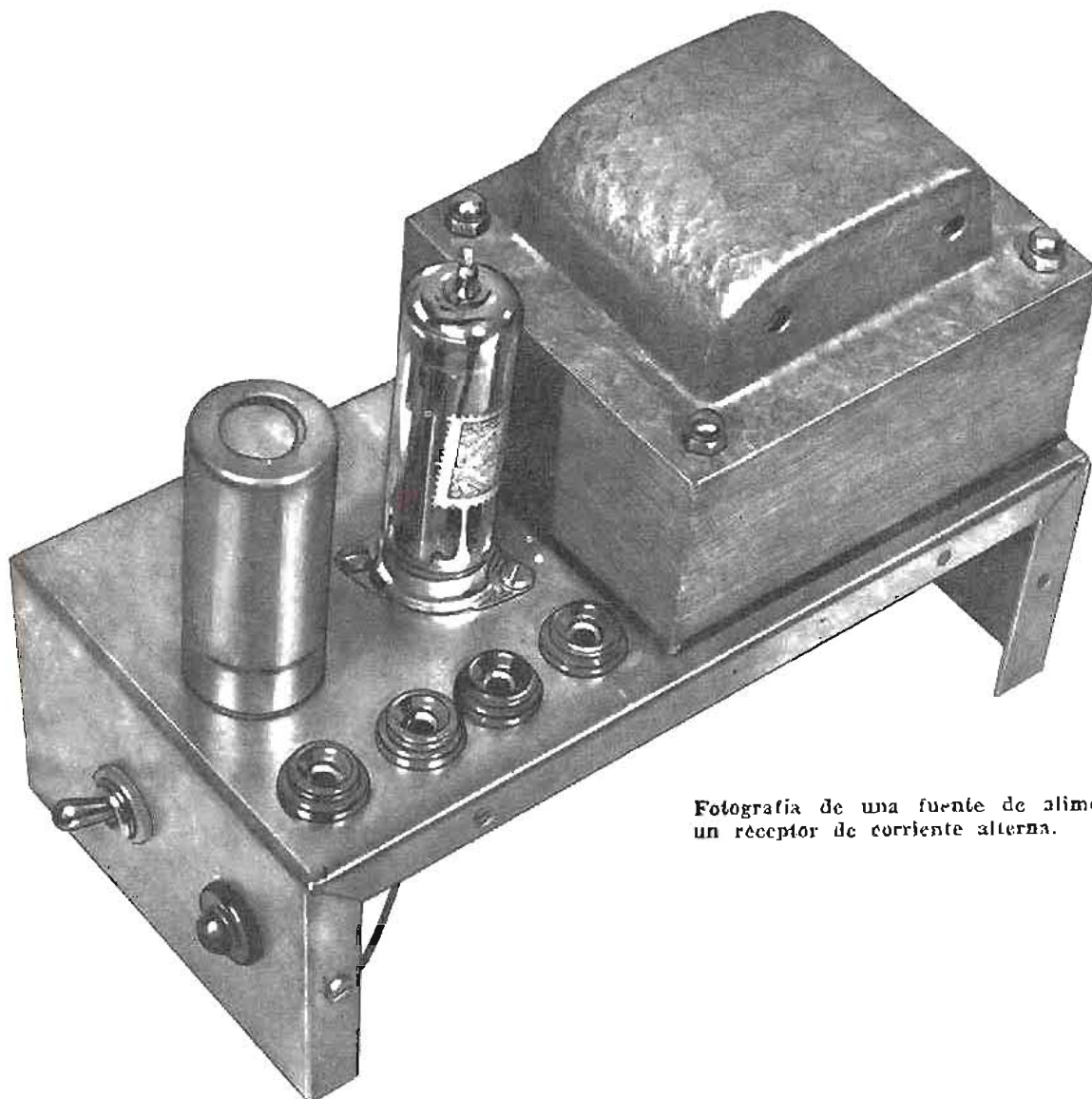
## LA FUENTE DE ALIMENTACION

El receptor que hemos estudiado no precisa fuente de alimentación, puesto que funciona directamente con las corrientes de antena y no contiene ningún elemento que precise alimentarse con otras corrientes.

Pero cuando en el receptor intervienen válvulas termoiónicas, se requiere una fuente de alimentación que las ponga en funcionamiento. Una pila seca puede ser una solución suficiente en determinados casos (recordemos los aparatos de transistores, por ejemplo), proporcionando directamente la corriente continua que necesitamos.

La fuente de alimentación debe suministrar corriente continua (recuérdelo); cuando este suministro se obtiene convirtiendo la corriente al-

terna en continua hablamos de un proceso de rectificación. El elemento rectificador es simplemente un diodo de cristal o termoiónico, ya que, como hemos visto, estos elementos tienen la propiedad de eliminar uno de los sentidos de la corriente alterna. Claro que la corriente que sale del diodo no es rigurosamente continua, sino pulsante; defecto que requiere un nuevo proceso de rectificación que la convierta en una corriente de características idénticas a la que puede proporcionarnos una pila. En circuitos apropiados entra una corriente pulsante que sale convertida en una corriente absolutamente continua. Es un estudio muy interesante que emprendaremos en otra lección.



Fotografía de una fuente de alimentación para un receptor de corriente alterna.



**APENDICE**



# **REALIZACIONES PRACTICAS**

# Lección práctica 1

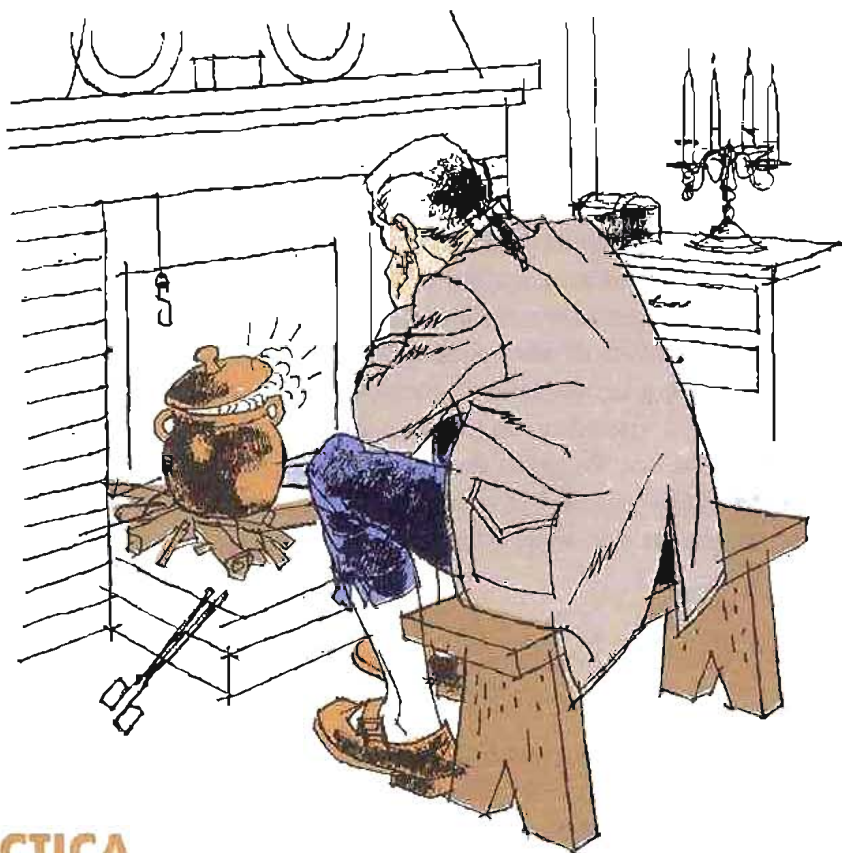
**La soldadura**

**El soldador y sus tipos**

**Cuidados que requiere**

**Soporte para el soldador**

**El soldador de pistola**



## EL VALOR DE LA PRACTICA

Los biógrafos de James Watt, el inventor de la máquina de vapor de doble efecto, cuentan que en sus años mozos se pasaba horas enteras contemplando el baile de la tapadera de una olla con agua hirviendo. Watt pensaba que si el vapor de agua era capaz de levantar la tapadera, también sería capaz de producir fuerzas muy superiores a la requerida para mover una simple tapadera de un cacharro de cocina.

Lo que Watt barruntaba era la posibilidad de aprovechar la fuerza del vapor de agua para producir un movimiento. Es decir: Watt pensaba en un motor.

Pero ¿de qué le hubiese servido la idea, de no contar con la posibilidad de ponerla en práctica?... La idea de Watt se convirtió en realidad, no sólo por el conocimiento teórico de la fuerza del vapor de agua, sino también por las posibilidades que la mecánica de taller ponía a su disposición para fabricar una caldera, un volante, un pistón, válvulas, etc. Watt pudo construir su máquina de vapor

porque él mismo, o quien le ayudase, tenía los conocimientos prácticos que permitían construir lo que primero fue una idea y después un proyecto.

Si Watt no hubiese conocido los recursos que la mecánica ponía a su disposición para llevar a la práctica su proyecto, el vapor de agua seguiría levantando todas las tapaderas de todas las teteras del Mundo; pero es muy posible que los ferrocarriles siguiesen circulando a base de fuerza animal.

Watt, ciertamente, nada tiene que ver con la electrónica. Pero lo mismo que hemos dicho en su caso podríamos decir de todos los inventores habidos en el Mundo: NO HAY DESCUBRIMIENTO TEÓRICO QUE NO PRECISE DE LOS RECURSOS DE LA MECÁNICA APLICADA (DIGAMOS RECURSOS PRÁCTICOS) PARA PODER CONVERTIRSE EN UNA REALIDAD.

Tal ocurre con la electrónica. Supongamos que en un laboratorio se observa un fenómeno que, según los sabios especialistas, puede tener una enorme aplicación en radio. Surge la idea de esta aplicación; pero que esta idea se convierta en una

realidad, depende de unos conocimientos estrictamente constructivos: depende de la práctica.

Usted, por la teoría, sabrá los fenómenos que deben producirse dentro de un receptor para que sea capaz de reproducir por el altavoz los sonidos lanzados desde la estación emisora. La teoría le dirá sin posibilidad de error cuáles son los elementos que deben formar parte del circuito electrónico de un aparato de radio de determinadas características para que su funcionamiento sea perfecto. Estos elementos producirán una serie de fenómenos electrónicos que, convenientemente encañados, proporcionarán un sonido (o una imagen), siempre que su montaje sea correcto. Un aparato de radio o de televisión puede ser igual a otro en cuanto a la cantidad de elementos e incluso en cuanto a la situación de los mismos dentro del circuito. Pero uno de estos dos aparatos puede resultar de gran calidad y el otro, en cambio, reproducir un sonido o imagen francamente deficientes.

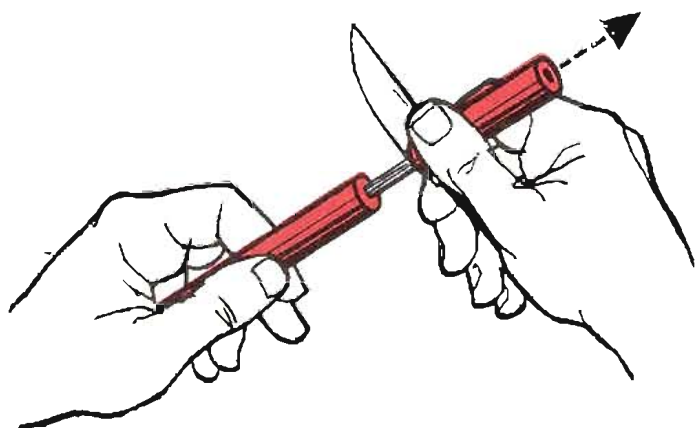
¿A qué será debida esta diferencia?... Partiendo de la base de que los materiales empleados en ambos receptores están en perfectas condiciones técnicas, la diferencia en el funcionamiento sólo puede relacionarse con la mayor pericia de quien haya montado el buen aparato. En el mal receptor habrá fallado la práctica. Observe que hemos supuesto que ambos receptores eran idénticos; sin embargo, uno de ellos ha resultado de mala calidad. Es que en radio, quizás como en ninguna otra rama de la técnica, las cuestiones prácticas tienen una importancia decisiva.

Es por eso por lo que, independientemente de los estudios teóricos, todo radiotécnico debe seguir unas clases prácticas que le capaciten para llevar a feliz término lo que por la teoría sabe que debe ocurrir en un circuito especialmente ideado para que el sonido y la imagen se reproduzcan con la máxima fidelidad.

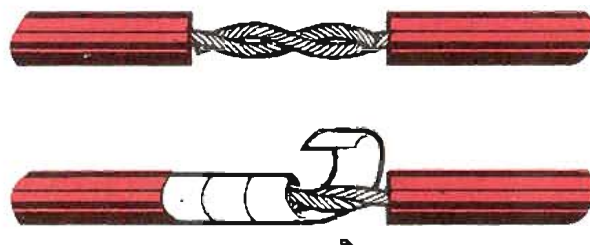
## LA SOLDADURA - QUE ES SOLDAR - EL SOLDADOR

Es muy posible que alguna vez haya contemplado a un electricista en plena actividad. Quizás mientras reparaba algún desperfecto en la instalación eléctrica de su casa. ¿Se fijó en la manera de empalmar dos cables conductores?... El electricista quitaba la protección aislante de los dos extremos a empalmar, y después con los dedos los entrecruzaba uniéndolos lo más íntimamente posible. Luego recubría el empalme con cinta aislante. Este

sistema de empalme, cierto, es suficiente en un circuito eléctrico normal; pero no así en un circuito electrónico, donde pequeñas variaciones de intensidad, resistencia o tensión pueden ser definitivas para su buen funcionamiento. Los empalmes, en un circuito electrónico, deben realizarse de tal forma que el contacto entre los extremos de los conductores a unir sea absolutamente perfecto. Para conseguirlo se recurre a la soldadura.



Para efectuar empalmes en un circuito eléctrico normal los extremos a empalmar deben quedar al descubierto. Para ello se quita la envoltura aislante con la ayuda de un instrumento cortante.



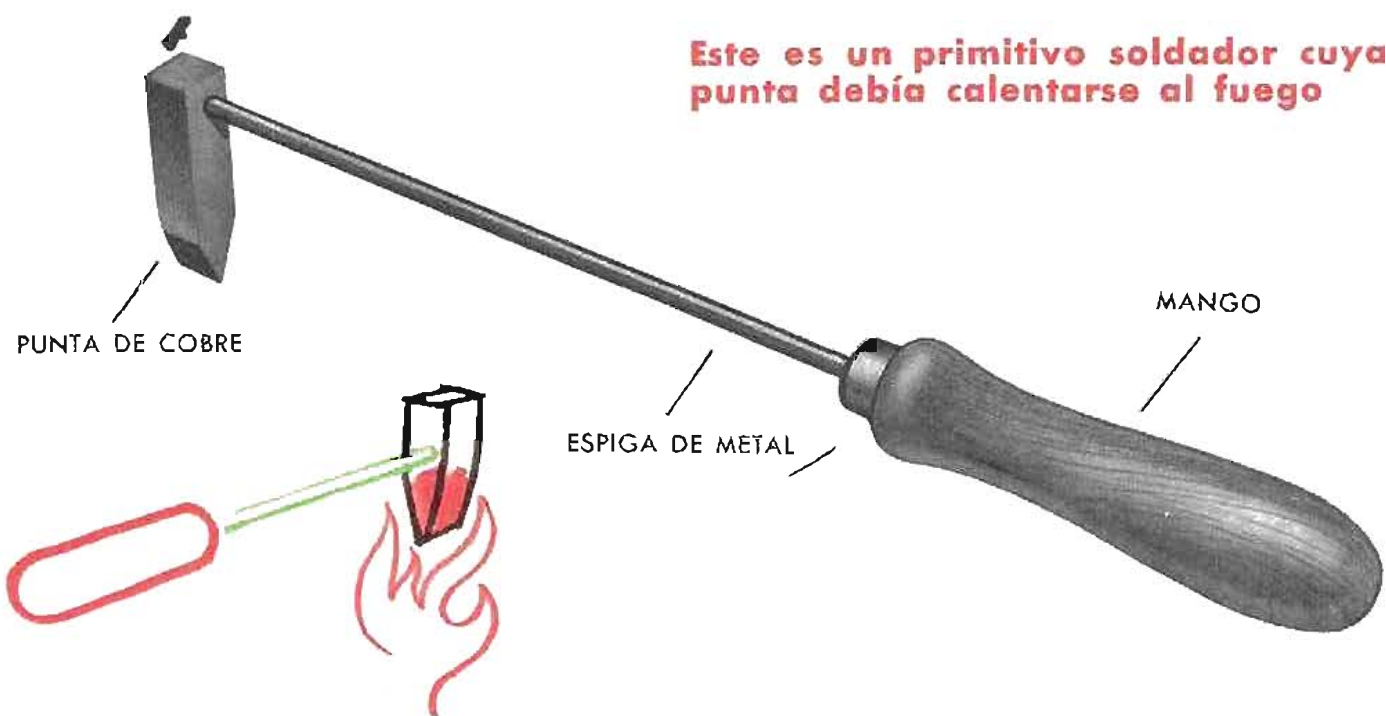
Se entrecruzan los extremos que se desea unir y se recubre el empalme con una cinta adhesiva aislante.

SOLDAR ES UNIR DOS MASAS METÁLICAS POR MEDIO DE OTRO METAL QUE, APLICADO SOBRE ELLAS EN ESTADO DE FUSIÓN, AL ENFRIARSE, FORMA CON LOS DOS CUERPOS A UNIR UNA SOLA MASA INALTERABLE A TEMPERATURAS NORMALES, QUE SOLO PUEDE DESUNIRSE FUNDIENDO DE NUEVO EL METAL EMPLEADO EN LA SOLDADURA.

El aparato que permite conseguir esta unión con comodidad es el soldador.

Un soldador, en esencia, está formado por un cuerpo metálico (cobre) cuya forma se ha estudiado para que permita aplicar el metal fundido con la mayor comodidad y rapidez; y por un mango de material antitérmico (generalmente madera) que se une al cuerpo antedicho por medio de una espiga de metal.

El cuerpo metálico del soldador, que recibe el nombre familiar de *punta*, debe calentarse a la temperatura que sea necesaria para fundir por contacto el metal del que se hará la soldadura. El cobre es un metal que absorbe calor con mucha facilidad; por ello se construyen de él las puntas de los soldadores. Cuando esta punta alcanza la temperatura necesaria, es capaz de retener en fusión el metal que establecerá la unión entre las masas a soldar; aplicándola sobre ellas, se desprende del metal que la ha retenido, depositándose por simple contacto sobre las piezas a soldar. Cuando esta masa de metal fundido ha enfriado (solidificando de nuevo) queda establecida la unión, normalmente insoluble.

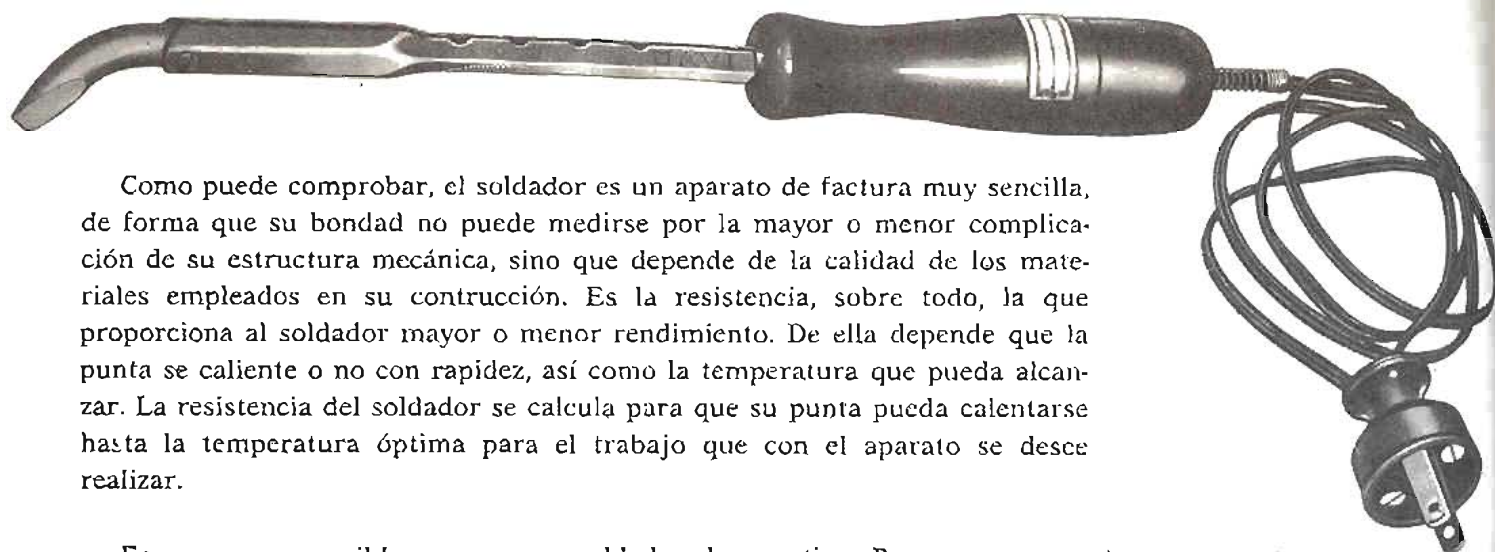


El *soldador tipo* que hemos descrito es el que se empleaba en tiempos pretéritos calentando su punta por medio de un mechero u hornillo. Actualmente este primitivo soldador se ha sustituido por el soldador eléctrico, cuya punta se calienta mediante una resistencia eléctrica convenientemente acoplada.

Existen diversos tipos de soldadores, según sea la marca de fábrica; pero las variantes son mínimas en cuanto a su estructura interna. Vea gráficamente, y con textos explicativos, las características de montaje de un soldador eléctrico normal.

Nos referimos a los gráficos que encontrará al dar vuelta a esta página. Representan el despiece de un soldador eléctrico con resistencia plana empotrada en una ranura de la punta de cobre.

Una variante muy corriente de este tipo de soldador es aquel cuya resistencia queda bobinada alrededor de la punta. La resistencia se monta sobre un carrete de material refractario en cuyo agujero se introduce la punta. Desde un punto de vista técnico, ambas variantes son la misma cosa. Haber dibujado un soldador de resistencia plana no significa ninguna preferencia.



Como puede comprobar, el soldador es un aparato de factura muy sencilla, de forma que su bondad no puede medirse por la mayor o menor complicación de su estructura mecánica, sino que depende de la calidad de los materiales empleados en su construcción. Es la resistencia, sobre todo, la que proporciona al soldador mayor o menor rendimiento. De ella depende que la punta se caliente o no con rapidez, así como la temperatura que pueda alcanzar. La resistencia del soldador se calcula para que su punta pueda calentarse hasta la temperatura óptima para el trabajo que con el aparato se desea realizar.

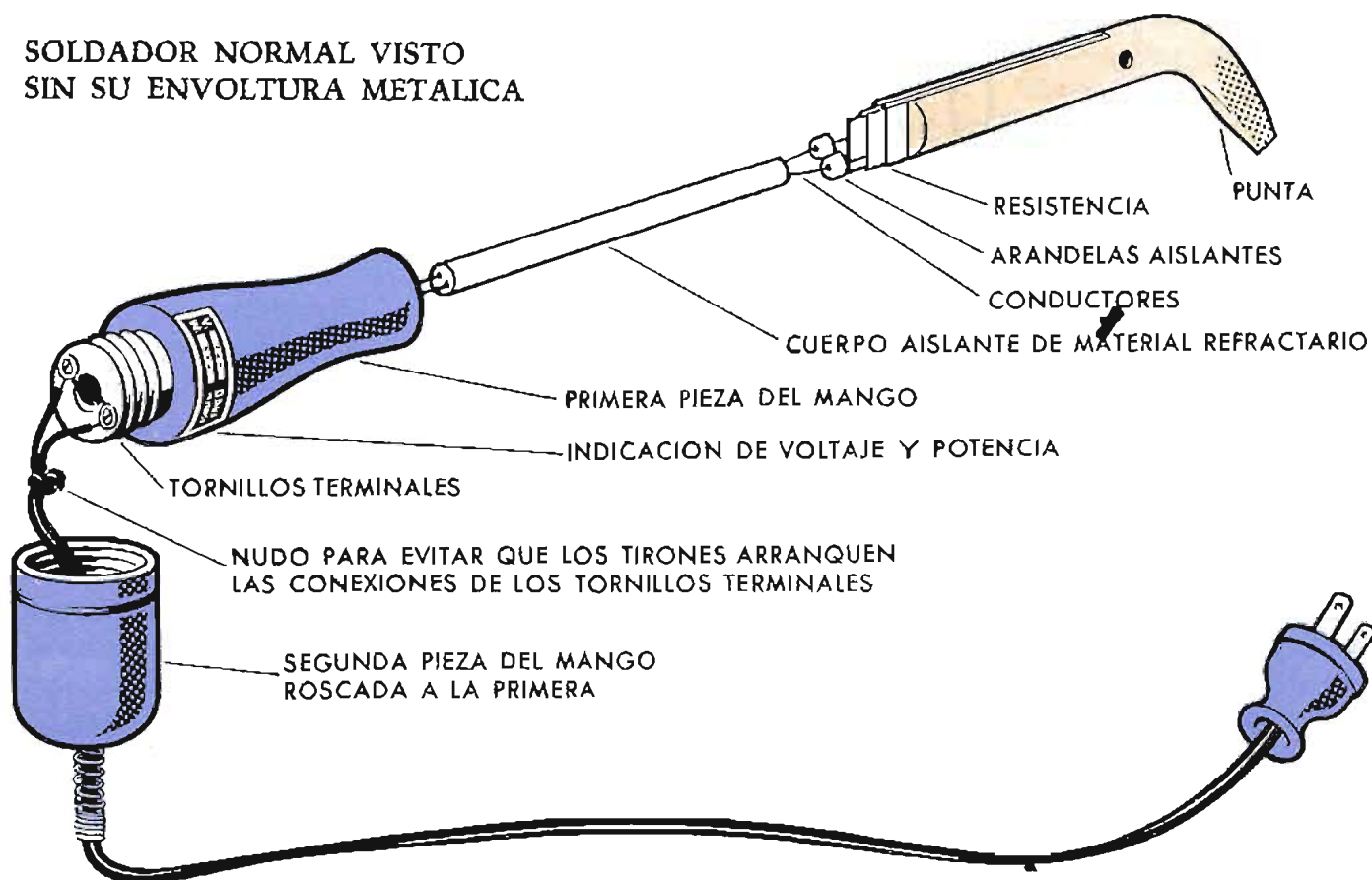
Es muy comprensible que con un soldador de poca potencia no puedan soldarse dos grandes masas metálicas; como también es lógico que con un soldador de gran potencia no podamos soldar dos conductores de pequeño diámetro. El calor desprendido del gran soldador quemaría materialmente las pequeñas piezas que intentásemos soldar con él. Por ello los soldadores se calculan pensando en una utilidad específica.

Para los trabajos de montaje de circuitos electrónicos de radio y televisión, es suficiente un soldador con una potencia aproximada de 50 a 75 va-

tios. Por contra, cuando se trata de soldar dos masas de considerable volumen, requeriremos un soldador de 300 o más vatios, puesto que las masas a soldar deben adquirir la temperatura suficiente para que el metal fundido que debe unir las no se enfríe con demasiada rapidez.

Todo soldador, tanto en el mango como en su resistencia interior, lleva la notación del voltaje y potencia para los que ha sido calculado. Un soldador normal para montajes radiotécnicos llevará una notación similar a ésta: 125 V, 90 W.

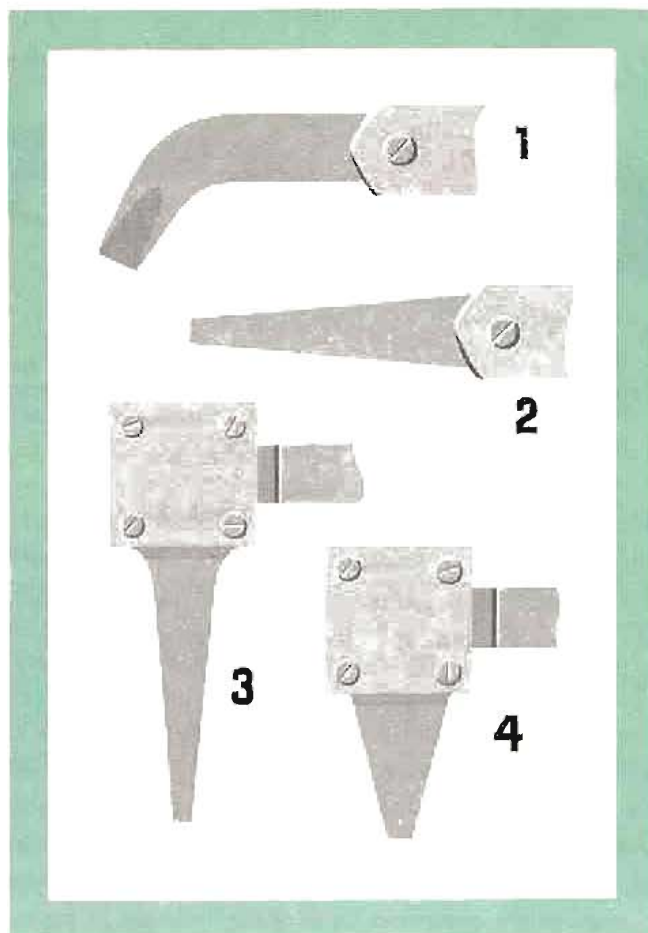
### SOLDADOR NORMAL VISTO SIN SU ENVOLTURA METALICA



## Tipos de soldadores

Acabamos de ver cómo es un soldador eléctrico y hemos dicho que las diferencias internas son prácticamente nulas entre los de una y otra fábrica. Por ello, puestos a dar una somera clasificación de los soldadores que podemos encontrar en el mercado, debemos referirnos exclusivamente a su forma externa, cuyas variantes aparecen al buscar mayor comodidad ante los distintos casos de soldadura que pueden presentarse en un montaje. Vea un pequeño muestrario, acompañado de sus correspondientes epígrafes, en los que se cita la aplicación específica de cada soldador.

1. — Punta normal para soldar piezas de volumen normal que se encuentran en zonas altas del alambrado.
2. — Punta para piezas pequeñas que se encuentran en zonas profundas.
3. — Punta para piezas situadas en zonas profundas y que requieren elevadas temperaturas.
4. — Punta para soldar piezas de considerable masa.



## CUIDADOS QUE REQUIERE EL SOLDADOR

El soldador, que sin miedo a equivocarnos podemos considerar como la herramienta principal del radiotécnico, es un aparato que por su misma gran utilidad requiere del propietario unos pocos cuidados que aseguren su perfecto funcionamiento.

Cuando un soldador deja de funcionar (que no se calienta), debemos pensar en dos posibles averías: rotura de los hilos que llevan la corriente a la resistencia, o bien una avería en la resistencia misma.

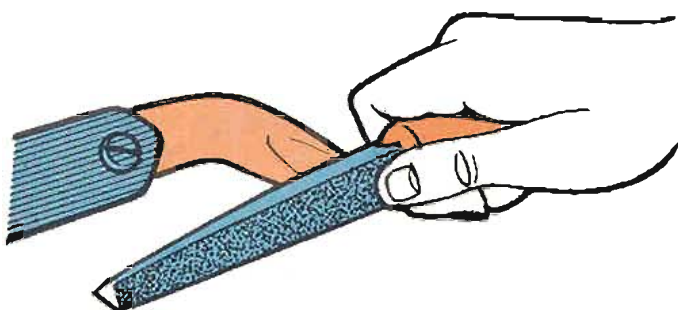
Cuando se trata de la rotura de unos de los hilos conductores, la reparación es simple: sustituir el hilo roto por otro de idénticas características. Con un par de empalmes convenientemente aislados sustituimos una porción del cable dañado por otro en buenas condiciones.

Si la avería está en la resistencia, lo único que procede es sustituirla por otra de idénticas características. No recomendamos una reparación de la resistencia dañada, porque lo más posible es que en nuestro empeño variásemos su valor, consi-

guiendo sólo un irregular funcionamiento del aparato.

Descartando las averías internas, todo soldador sufre el desgaste de su punta, que poco a poco pierde su forma correcta. Cuando se observa que la cuña final de la punta del soldador ha tomado una forma excesivamente roma deberá restituirsele su forma conveniente mediante unos toques de lima.

Pero lo que ocurre con mayor frecuencia es que la punta del soldador se ensucia, bien porque se le haya adherido una cantidad excesiva del metal que funde, bien porque se haya cubierto de impurezas (polvo y suciedad en general) imposibles de evitar. Conviene tener al alcance de la mano un cepillo de cerda metálica para que con él podamos frotar la punta del soldador, cuando observamos que el metal fundido no se adhiere con facilidad a la misma punta. Muchos radiomontadores disponen sobre el tablero de trabajo una tira de este material erizado de púas metálicas, detalle que confirma la



Cuando la punta del soldador se ha gastado por el uso debe devolverse su forma primitiva mediante unos toques de lima.

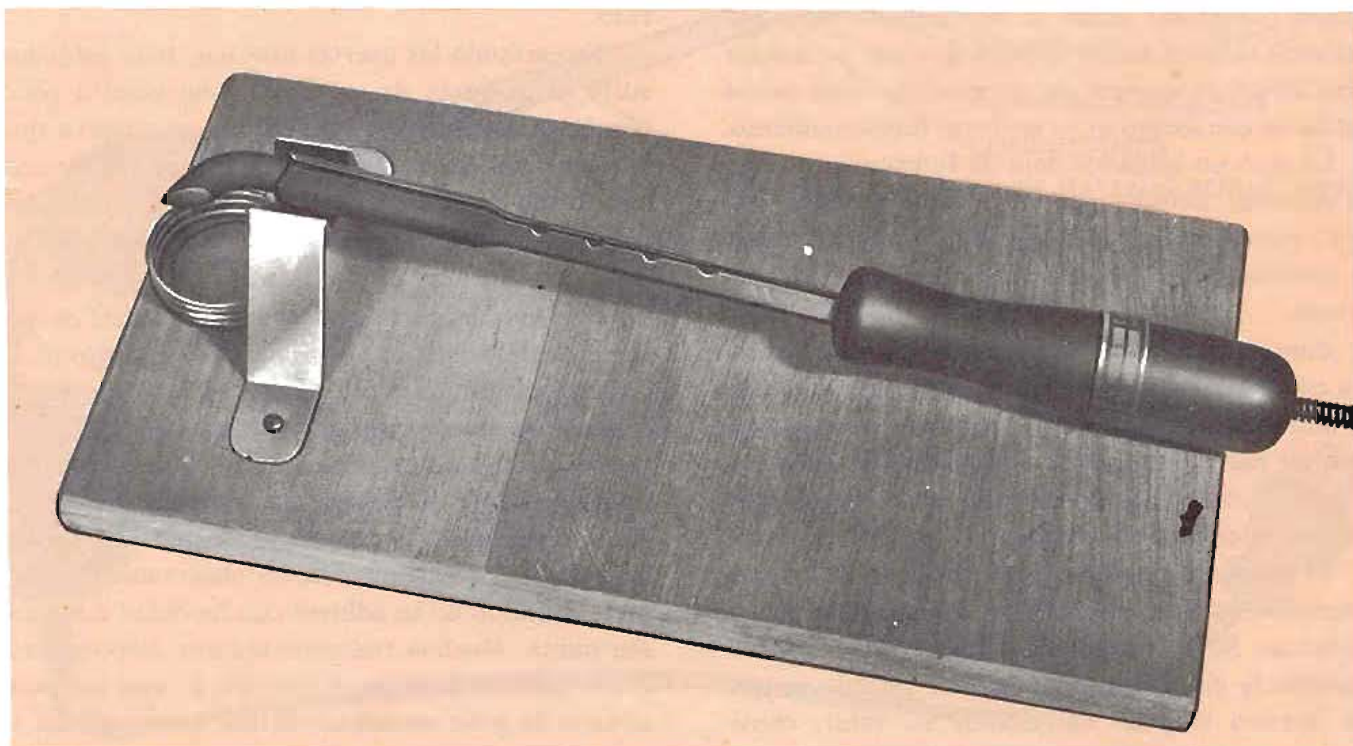


La suciedad adherida a la punta del soldador se limpia frotando energicamente con un cepillo de púas metálicas.

necesidad de limpiar con relativa frecuencia la punta del soldador. Teniendo en cuenta estos dos cuidados (afilado y limpieza frecuente de la punta), el soldador rara vez presenta mayores inconvenientes.

Siendo el soldador una herramienta de uso continuo y cuya punta es capaz de quemar la superficie de nuestra mesa de trabajo por el calor que adquiere, resulta muy conveniente disponer de un artefacto que le sirva de soporte, de modo que su punta quede separada de la superficie de la mesa. La forma más usual de este soporte es la que los profesionales conocen con el nombre de *eme* del soldador. Es un pequeño tablero de madera al cual se ha fijado una pieza metálica (fleje, hojalata o

ciné) a la que se da la forma de una M mayúscula. La punta del soldador, que por lo común siempre lleva adherida cierta cantidad de estaño, acostumbra desprender pequeñas gotas de metal fundido que por su elevada temperatura pueden quemar la base de madera de la *eme*. Para evitarlo, es conveniente fijar a esta base y debajo mismo de donde quedará situada la punta, una cazoleta metálica que recoja los desperdicios que puedan desprenderse. Vale la pena construirse este soporte para evitar quemaduras en la mesa de trabajo ¡y en nuestros dedos! Además, hay otra ventaja que, aunque parezca infantil, se agradece de verdad cuando la mesa de trabajo se ha convertido en un revoltijo de piezas: tener un lugar exclusivo para el soldador.





## EL SOLDADOR DE CALENTAMIENTO RÁPIDO O DE PISTOLA

Todo soldador requiere un tiempo más o menos largo para que su punta alcance la temperatura óptima para fundir el metal que constituirá la soldadura. Un soldador normal, si no debe emplearse de forma continua, deberá desconectarse de la corriente después de haber efectuado las soldaduras que han podido realizarse sin interrupción. De otra forma, el uso del soldador representaría un gasto de corriente innecesario. Al precisarle de nuevo deberemos esperar a que se caliente, cosa que siempre representa una pérdida de tiempo.

Pensando en subsanar este inconveniente ha aparecido en el mercado el soldador llamado de pistola, precisamente por la semejanza formal con una de estas pequeñas armas de fuego. Estos soldadores, una vez conectados a la toma de corriente, no se calientan si no se acciona un gatillo que llevan acoplado a su empuñadura. Entre la empuñadura y la punta del soldador aparece una caja que encierra el transformador eléctrico que hace circular una corriente de gran intensidad y que por efecto Joule (de ello hablaremos más adelante) calienta la punta en pocos segundos. Esto representa la ventaja de disponer de un soldador siempre a punto para efectuar una soldadura, y que entre soldadura y soldadura no consume corriente. Sin embargo, al lado de esta ventaja indiscutible, los soldadores de pistola tienen el inconveniente de su excesivo peso, que se traduce en una menor facilidad de movimiento.

# lección práctica 2

**La soldadura en la práctica - El material  
Distintos casos de soldadura - Montaje  
de un circuito - Esquemas y símbolos.**

## LA SOLDADURA EN LA PRACTICA

La pericia de un montador se pone de manifiesto, como en ninguna otra actividad, en cuanto le vemos tomar el soldador y practicar una soldadura. Si tiene oportunidad de contemplar el trabajo de un montador experimentado, le sorprenderá la seguridad con que maneja el aparato. Con muy pocos movimientos y con una precisión pasmosa efectúa una soldadura perfecta. Tomar la *pasta desoxidante*, colocarla sobre las partes a soldar, fundir con la punta del soldador la justa cantidad de *estaño*, y llevarla al punto que requiere la soldadura es cosa que ejecuta con absoluta precisión y con pasmosa rapidez. Tanta facilidad por parte del profesional solvente nos produce la impresión de que soldar es lo más fácil del mundo.

¡Haga la prueba!... y no se decepcione al comprobar que esta facilidad es sólo aparente. Las primeras soldaduras son un verdadero martirio. Parece que los elementos se han puesto de acuerdo para hacernos fracasar. El estaño no quiere fundirse; cuando funde no hay sistema de que se suelte de la punta del soldador, y si lo hace, salta en demasía... o demasiado poco. Cuando uno dice *¡ya está!* y separa el soldador de las partes a soldar, ve con decepción que las dos piezas siguen separadas, etc., etc.

Ante los primeros fracasos, lo mejor es consultar con nuestro amigo el hombre de experiencia para que nos diga cómo se las arregla para conseguir sus intachables soldaduras.

Lo que sigue no es más que una explicación de profesional encaminada a dar a usted una orientación precisa para que empiece a practicar con el soldador con las mayores posibilidades de éxito. Pero le advertimos que las cuestiones cuyo éxito depende de la habilidad manual del practicante pueden explicarse, cierto es; pero nunca hasta con leer una explicación.

Debe practicarse aquello que se lee.

El pensamiento y los movimientos de nuestras manos dejan de ser una dualidad para llegar a un automatismo total en que el pensamiento parece desaparecer.

Para comprender mejor lo que quiere decir conseguir este automatismo, piense un momento en las manipulaciones que debe efectuar cada vez que se abrocha el botón de la americana. Intente explicar a otro lo que debe hacer para abrochar el botón y verá cómo resulta que esta operación es algo complicadísimo. ¡Y sin embargo, usted la ha realizado infinidad de veces sin que aparentemente haya debido forzar en lo más mínimo su inteligencia!

Pues lo mismo ocurre con las prácticas de soldador. El profesional podrá decirle lo que debe hacer; pero si se le obliga a contestar por qué lo hace él con tanta precisión y seguridad, sólo podrá responder que su pericia se debe a la gran práctica que ha adquirido a través de las muchas soldaduras que se ha visto obligado a efectuar.

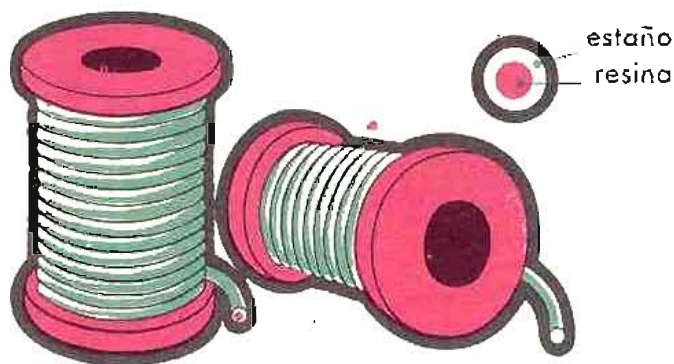
## MATERIAL NECESARIO

Necesitamos un soldador, desde luego. Hemos hablado extensamente de él y conocemos sus características.

Este soldador será el que funde el metal que establecerá la unión entre las piezas a soldar. Se comprende que el metal empleado debe tener un punto de fusión relativamente bajo, puesto que si empleásemos un metal difícil de fundir, nos obligaríamos a disponer de un soldador capaz de pro-

porcionar a su punta temperaturas elevadísimas, con el consiguiente riesgo de quemaduras y estropecios en el material de radio.

El metal empleado es el estaño, que en su forma comercial se presenta en barras o en forma de hilo más o menos grueso. En radio se emplea también lo que se llama estaño preparado, que es un hilo metálico de plomo y estaño aleados, en cuyo interior lleva un alma de resina.



Carrete con hilo de estaño normal y carrete con estaño preparado con alma de resina.

Este hilo, cuyo diámetro puede ser mayor o menor según lo requiera el tipo de soldadura (mayor cuando necesitemos más cantidad de estaño), se presenta enrollado en carretes.

Al poner la punta del soldador en contacto con el metal, si ha alcanzado la temperatura necesaria, lo fundirá. La cantidad de metal que se adhiera al soldador depende de la rapidez con que lo apartemos del estaño.

Cuando el soldador es nuevo, se observa que el metal fundido no se adhiere a su punta. Para

conseguir la adherencia necesaria es cuestión de bañarla en estaño cosa de un centímetro de su longitud total. Para ello debe aplicarse la punta caliente sobre la barra o hilo de estaño y restregarla con insistencia por encima del metal en cuanto se empieza a fundir.

Una vez preparada la punta del soldador, podemos intentar nuestra primera soldadura. Pero nos daremos cuenta de que si aplicamos el estaño directamente sobre las dos piezas a soldar, no es posible conseguir la unión deseada; las piezas siguen separadas, como si una fuerza extraña repudiese el estaño. Así es, y le explicaré el porqué:

Todo metal tiene tendencia a combinarse con el oxígeno del aire para formar el óxido correspondiente. O sea que, en mayor o menor grado, en todo metal se forma una película de su óxido que, envolviendo la superficie, impide que el metal pueda ponerse en íntimo contacto con otros agentes exteriores. El estaño fundido no es una excepción, y si no tenemos la precaución de eliminar la película de óxido que llevan las piezas a soldar no habrá sistema de conseguir su unión con estaño fundido.

## LA PASTA DESOXIDANTE

Para atender a la necesidad de suprimir el óxido formado en los metales a soldar existen, bajo distintas marcas, pastas especiales desoxidantes que deben aplicarse sobre el lugar de la soldadura antes de proceder a la aplicación del metal fundido. Para aplicar la pasta antióxido, los profesionales montadores acostumbran agenciarse un instrumento de fabricación casera. Hacen lo siguiente:

Con un trozo de alambre cuyo diámetro sea aproximadamente un milímetro, construyen un a modo de espárrago con una anilla en uno de sus extremos. El extremo libre se golpea con un martillo, hasta que se haya chafado adquiriendo la forma de una pequeña pala.

Como los botes de pasta acostumbran llevar roscada una tapa de hojalata, puede taladrarse para que por el agujero pase la espiga de nuestra improvisada pala.

De esta forma evitamos que se extravíe y la tenemos siempre dispuesta. Basta sacarla de su taladro y extender sobre las partes a soldar la pasta que llevará adherida.

Para evitar la operación que representa situar la pasta desoxidante sobre las piezas a unir, existe en el mercado un tipo de estaño llamado *de macarrón* que en su interior lleva ya una resina des-

oxidante. Es el que antes hemos catalogado como estaño preparado y que, ciertamente, lleva incluida la sustancia desoxidante. Sin embargo, no siempre es suficiente la acción antióxido del alma del estaño preparado, por lo cual el empleo de la pasta nunca puede excluirse.

Al elegir el desoxidante debe tenerse en cuenta que su naturaleza química puede ser fatal para ciertas piezas de radio. En efecto; algunas sustancias antioxidantes son altamente ácidas, actuando por corrosión del metal que tratan de



Tarro de pasta desoxidante, en el cual se ha introducido la espátula descrita.

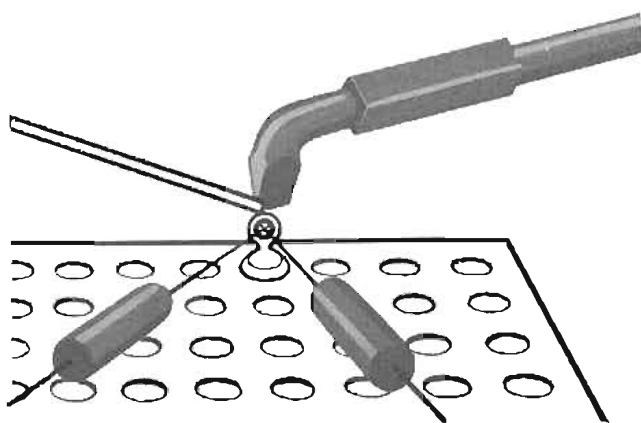
desoxidar. Tales sustancias (líquidas o pastosas) pueden penetrar muy fácilmente en el interior de las piezas de radio (resistencias, condensadores, potenciómetros, etc.). Los ácidos, recuérdelo, son sustancias electrolíticas conductoras que pueden establecer con suma facilidad un puente eléctrico allí donde no interesa que pase la corriente. El empleo de desoxidantes inadecuados puede motivar cortocircuitos de graves consecuencias.

La pasta desoxidante que debe emplearse en radio será, además, anticorrosiva.

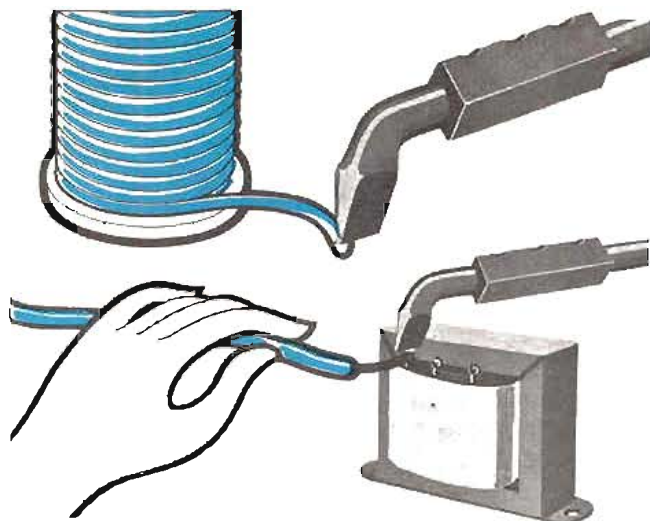
## DOS CASOS DE SOLDADURA

Los casos de soldaduras que pueden presentarse a lo largo de un montaje son muy variados; pero podemos hacer una clasificación para enseñarle la forma más correcta de proceder ante cada uno de ellos. Lo haremos en forma gráfica para que, al mismo tiempo que lee, vea y comprenda. Es muy conveniente que practique cada uno de estos casos, insistiendo cuantas veces sea preciso hasta conseguir la habilidad que debe distinguirmos.

Damos dos tipos de soldaduras. Aquellas que podemos considerar desmontables y aquellas que por la forma de estar efectuadas debemos considerar perpetuas, de muy difícil deshacer. Recomendamos que tanto por su mayor sencillez como por la posibilidad de rectificación, adopte el sistema de soldadura desmontable aunque, quizás, como soldadura perfecta debiéramos escoger aquella que previamente representa un perfecto contacto eléctrico entre las partes a unir.



Cuando los elementos a soldar pueden mantenerse por sí mismos en el lugar preciso, se recomienda aplicar el estaño directamente sobre la punta del soldador, situada a su vez sobre el punto de la soldadura. El estaño funde y resbala por la punta del soldador, depositándose sobre el lugar debido.



Cuando una de las partes a soldar debe cogerse con una mano para mantenerla en el punto de unión, se recogerá primero la cantidad de estaño necesaria, que, una vez adherida a la punta del soldador, se trasladará al punto de soldadura.

Acostúmbrese a trabajar a la perfección. Si alguna vez, por disponer de poco tiempo, se ve obligado a ganar en rapidez perdiendo en perfección, también sabrá hacerlo.

Antes de entrar en detalles sobre los distintos casos de soldaduras, debemos dar una recomendación de índole general. Las partes a soldar deben estar completamente limpias; y cuando se trate de soldar hilos de cobre esmaltado, deberemos quitar el esmalte de los puntos en que deba practicarse la soldadura. Para ello lo mejor es frotar las partes a soldar con un papel de lija de grano muy fino.

Una vez aplicado el estaño fundido, no debe mover las piezas soldadas hasta que se haya enfriado, cosa que observará visualmente, al darse cuenta de que, al enfriar, el estaño pierde la brillantez que tenía en estado de fusión.

La reacción normal del montador, al pretender que el enfriamiento sea rápido, es soplar sobre las partes soldadas. Ciertamente, el estaño se enfría rápidamente; pero esta misma rapidez hace que se formen grietas invisibles e impide que el estaño se desparrame convenientemente por la parte soldada. La soldadura es imperfecta; puede provocar falsos contactos que siempre restan eficacia al circuito. Muchas veces se habla de averías, en aparatos de radio, que son más aparentes que reales, puesto que no se deben a mal funcionamiento de ninguno de sus elementos básicos. Se manifiestan por distorsiones del sonido debidas únicamente a la mala calidad de las soldaduras.

# UNION DE DOS HILOS ENTRE SI



DESMONTABLE



PERPETUA

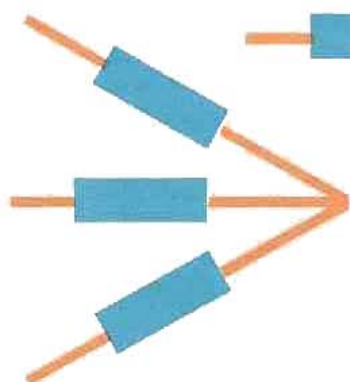


DESMONTABLES



PERPETUA

# UNION DE TRES HILOS ENTRE SI



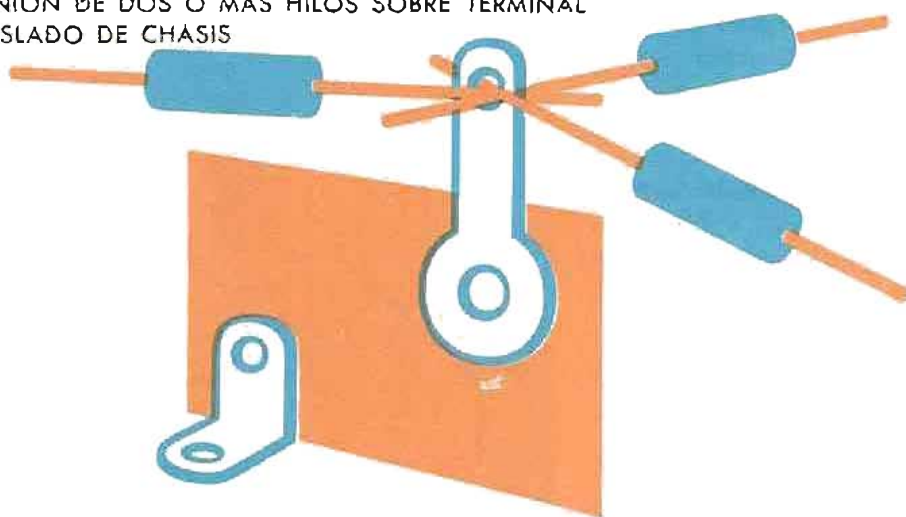
DESMONTABLES



PERPETUAS

La soldadura será perfecta si los cables a unir se sujetan previamente con una espiral del mismo material. Es normal que se prescindiera de este sistema para ganar en rapidez.

# UNION DE DOS O MAS HILOS SOBRE TERMINAL AISLADO DE CHASIS



Siempre que deba soldar más de un hilo sobre un mismo terminal únalos todos al mismo tiempo. De lo contrario, cada vez que añadiera un nuevo cable al terminal, el soldador castigaría la anterior soldadura. El resultado final sería una soldadura imperfecta.

## MONTAJE DE UN CIRCUITO Y DEMOSTRACION DE LA LEY DE OHM

Ahora que ya sabemos soldar, vamos a montar un circuito que, a la par que nos introduzca de modo eficiente a la práctica del alambrado de circuitos de radio, nos proporcione el sistema de comprobar mediante lecturas directas la verdad de la ley de Ohm.

Para esta práctica, necesitamos material; y para evitar posibles confusiones por parte del lector que nos sigue, será prudente decir que en nuestras lecciones reseñamos el material que nos parece más idóneo para los montajes que proponemos, pero que este material no es insustituible. Es decir: usted, ante el inconveniente de no encontrar idénticos elementos de trabajo, puede sustituirlos con mucha facilidad por otros que le proporcionen los mismos resultados. Esta posibilidad se le pondrá de manifiesto con mayor claridad a medida que vaya conociendo los distintos materiales propios de los montajes de radio y electrónica en general.

Hemos aclarado, pues, que nosotros, en estas

lecciones, trabajamos tomando aquel material que nos parece más adecuado para conseguir la mayor claridad narrativa, procurando, eso sí, que sea un material que pueda encontrarse con facilidad en el mercado, pero que no excluya la posibilidad de que los mismos montajes puedan efectuarse sustituyendo algunos elementos por otros.

En el caso concreto de la práctica que vamos a efectuar, por ejemplo, lo que nosotros proponemos que sea una chapa de metal perforada, puede sustituirse por un simple tablero de madera; y lo que son terminales y aislantes pueden convertirse en simples clavos introducidos verticalmente en el tablero. El montaje resultará más casero, por decirlo así, pero los resultados serán los mismos.

Hecho este paréntesis aclaratorio que nos ha parecido imprescindible, vamos ya a explicar el circuito que nos hemos propuesto.

## EL ESQUEMA Y SUS SIMBOLOS

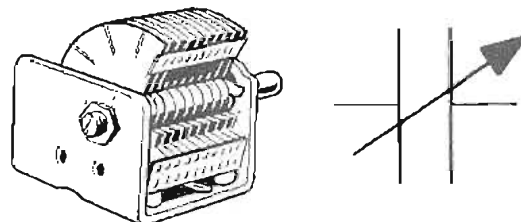
Todo circuito empieza con su esquema.

El esquema no es más que la representación simbólica de un circuito, a partir del cual podremos saber los elementos que en él intervienen y la relación que debe existir entre ellos.

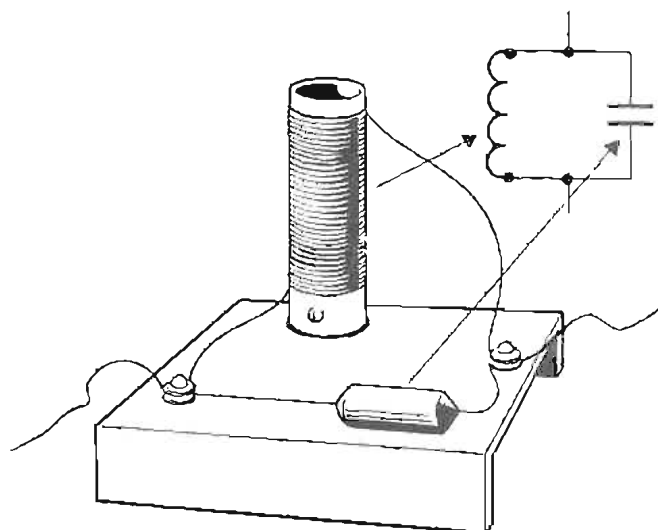
Si para explicar gráficamente cómo debe ser un circuito debiéramos valernos del dibujo realista (aquel que representa las cosas como son), nos encontraríamos con tres graves problemas: Primero: que todos los técnicos deberían ser, además, buenos dibujantes. Segundo: que dibujar un circuito medianamente complicado, exigiría horas y más horas de trabajo. Y tercero: que en vez de ganar en claridad, sólo conseguiríamos un tremendo confusionismo.

Para evitar todo eso, los técnicos se valen de representaciones esquemáticas a las que se llaman símbolos.

Estos símbolos, es imprescindible conocerlos y los iremos dando de forma progresiva a medida que las circunstancias nos fuercen a emplearlos, para recopilarlos luego en forma de fichas técnicas, donde poder consultar cuando nos falle la memoria.



Vea el dibujo realista de un condensador variable y la representación simbólica más empleada.



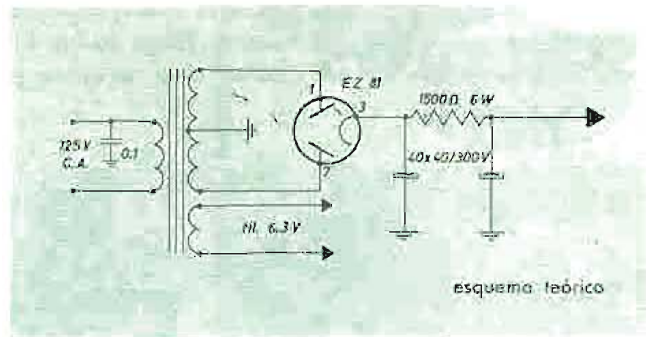
Circuito resonante y su correspondiente representación esquemática.

Existen dos tipos de símbolos: los teóricos y los prácticos, que se emplean, como su nombre indica, en esquemas teóricos y prácticos, respectivamente.

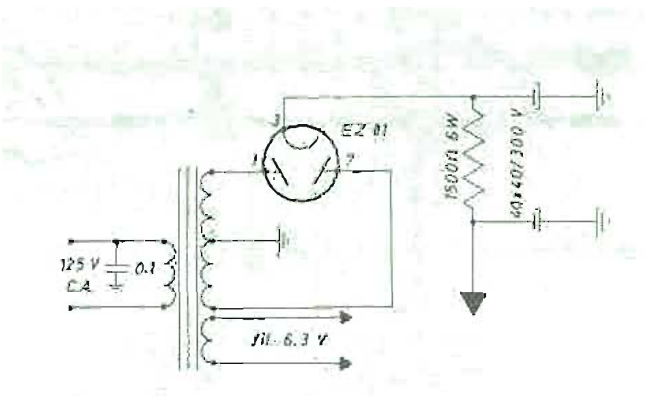
El esquema teórico es aquel que indica únicamente las características técnicas de un circuito. Se comprende que si el interés de un esquema teórico es sólo técnico, un mismo esquema pueda dibujarse dando distintos emplazamientos a cada uno de sus elementos, importando sólo la relación existente entre ellos. Claro que se impone una cierta lógica en la situación de los distintos símbolos del dibujo, sobre todo en aras de su claridad. Pero como que el esquema teórico es un esquema de estudio, que en teoría no debe influir en la mecánica de su montaje, puede dibujarse de distintas maneras sin que por ello deje de tratarse del mismo esquema.

En cambio, el esquema práctico requiere un dibujo netamente explicativo, situando todos los elementos en el lugar que deberán ocupar una vez montado el circuito. Se comprende que sea así, puesto que la utilidad de estos esquemas es la de orientar los montajes, representando en forma gráfica lo que deberá ser el circuito una vez alambrado.

Vea un esquema teórico con dos versiones distintas y el esquema práctico correspondiente.

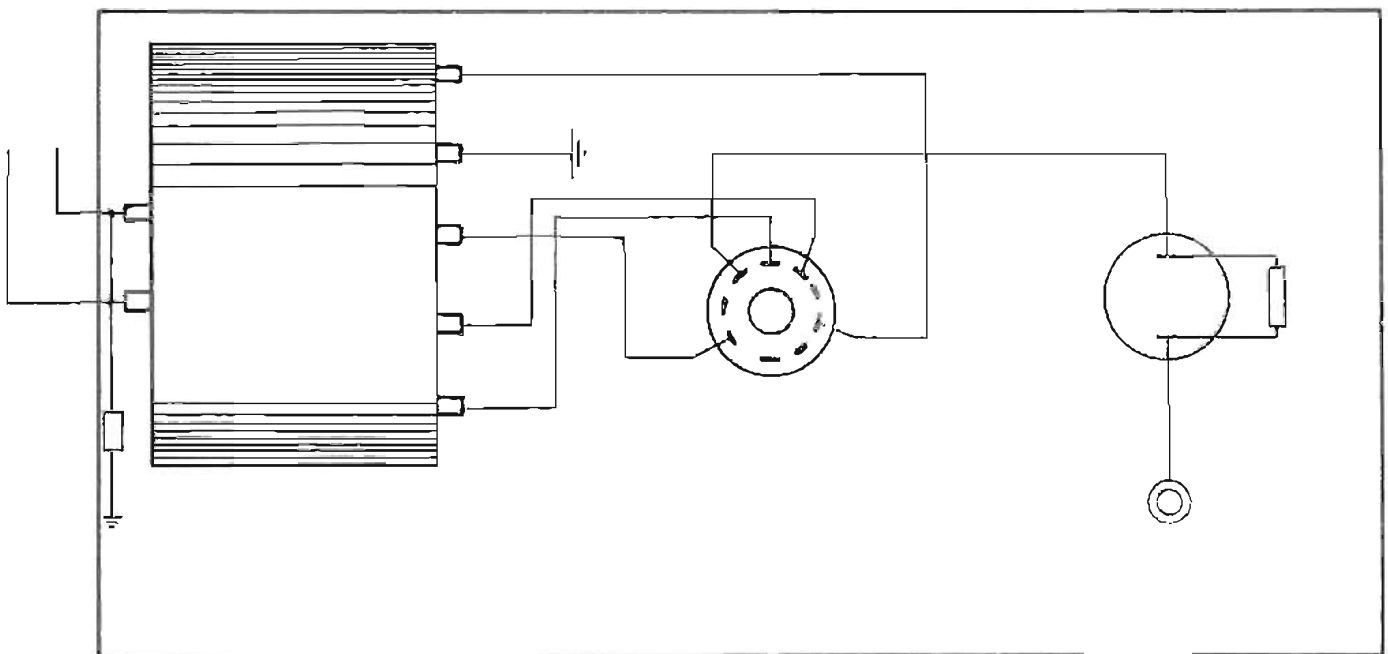


Esquema teórico de una fuente de alimentación.



Variación del esquema anterior. Es el mismo circuito dibujado de distinta manera.

Esquema práctico del anterior.



# SIMBOLOS

Conozcamos ahora algunos símbolos. Su conocimiento nos permitirá interpretar el circuito que le proponemos montar y le dará la primera base para la interpretación de los circuitos que, poco a poco, irán desfilando ante usted. Haga todos los posibles para familiarizarse rápidamente con los símbolos que vayamos poniendo a su consideración.

## teóricos



CONDUCTOR



CONEXION DE CONDUCTORES



SIN CONEXION



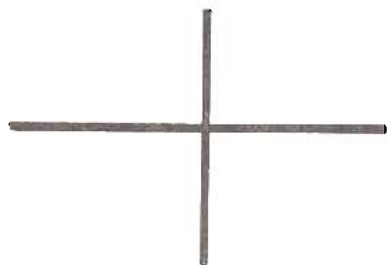
PILA O ELEMENTO DE BATERIA



RESISTENCIA



## prácticos

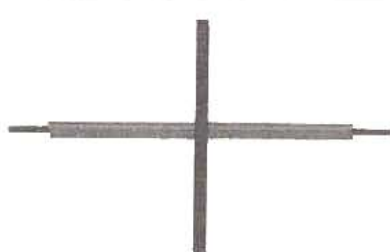


de grafito



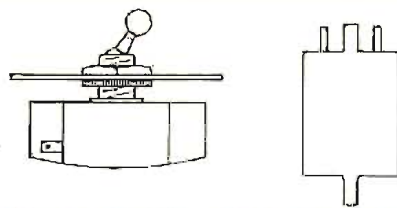
bobinada

## fotografía





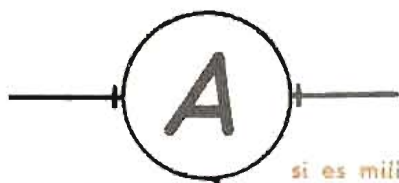
INTERRUPTOR



visto en alzado visto en planta

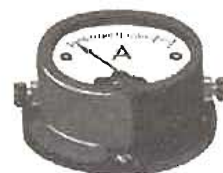
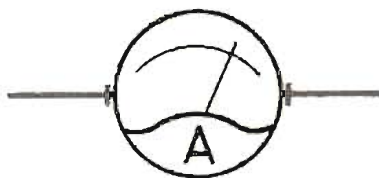


PULSADOR

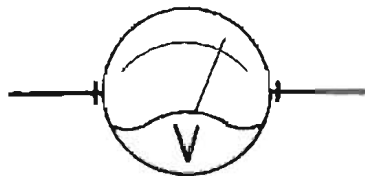


AMPERÍMETRO

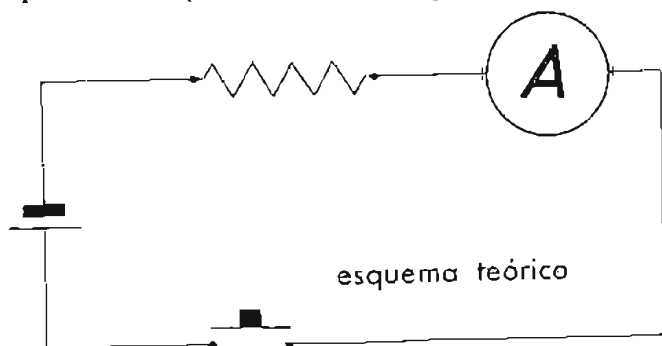
si es mili  
se pone mA



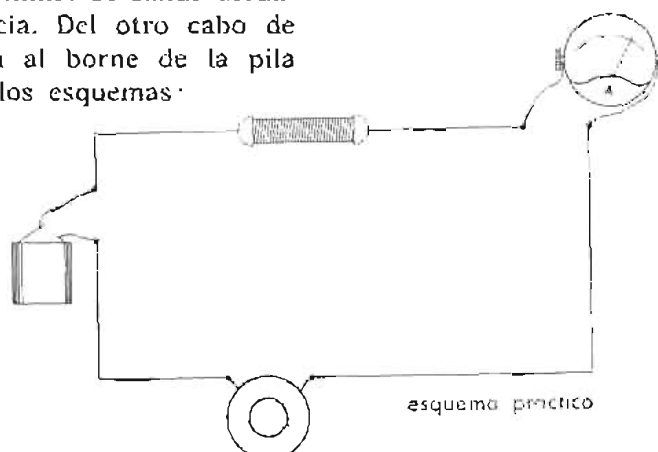
VOLTÍMETRO



Conociendo estos símbolos podrá interpretar el primer esquema que le proponemos montar. Este esquema consta de un generador de corriente continua (una pila) cuyo borne + (el de menor longitud) conectamos mediante un hilo conductor a una de las conexiones de un pulsador. De la otra conexión del pulsador, sale un nuevo tramo de conductor que enlaza con el terminal de entrada de un amperímetro. Del terminal de salida arranca una conducción que se empalma a una resistencia. Del otro cabo de esta resistencia, sale la conducción que, empalmada al borne de la pila que nos ha quedado libre, completa el circuito. Vea los esquemas:



esquema teórico



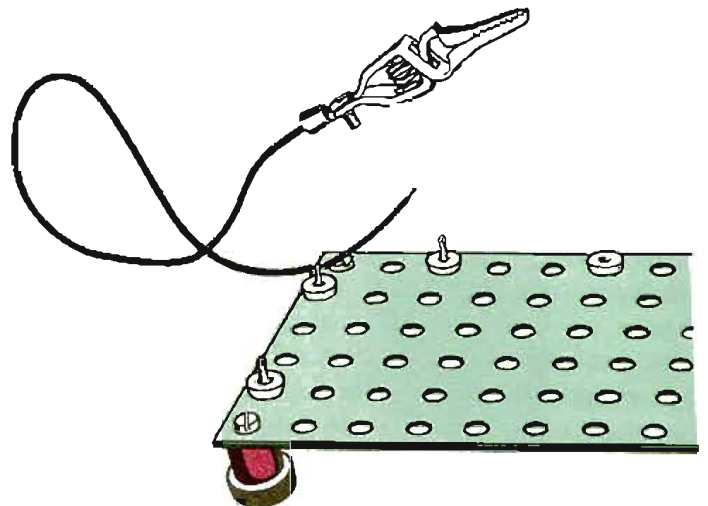
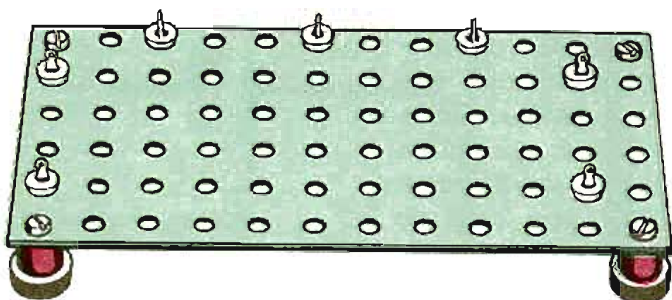
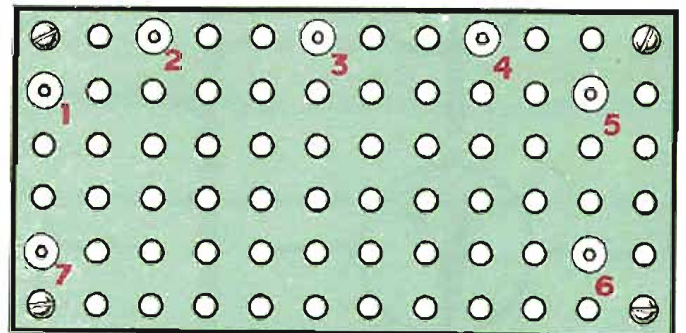
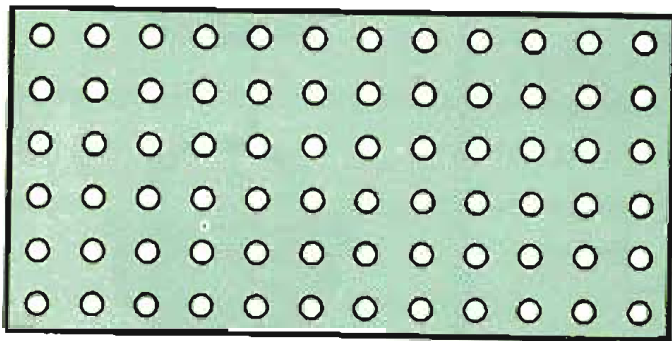
esquema práctico

## PASEMOS AL MONTAJE

El montaje lo efectuaremos sobre una chapa de hierro taladrado de la que deberemos aislar las distintas conexiones. Para conseguirlo emplearemos unas pequeñas piezas de plástico, llamadas vulgarmente pasamuros, en cuyo taladro central puede introducirse el terminal metálico al cual podremos soldar la conexión requerida.

Como primera fase de este sencillo montaje, podemos proponerle la colocación de los terminales y sus correspondientes pasamuros sobre la chapa taladrada. Si a esta chapa se le han añadido unos pequeños soportes que nos la aislen de una posible superficie conductora, tanto mejor.

La disposición de los terminales una vez situados en la plancha taladrada, es la que se indica en el gráfico inmediato a este párrafo.



Acto seguido efectuaremos la primera soldadura que corresponderá al terminal 1. En este terminal deben coincidir dos conductores; el que conectamos al polo — de la pila y el que unirá el terminal 1 con el 2 (entrada de la resistencia). Introduciremos ambos en el agujero del terminal (uno por cada lado) y los fijaremos con un punto de soldadura, procurando tener en cuenta todas

las observaciones que hemos hecho al hablar de la práctica de la soldadura.

Sobre todo, tenga la precaución de tomar muy poco estaño y de aplicar la punta del soldador sobre este primer punto de soldadura sin ejercer una presión considerable. Debe apoyarla con suavidad intentando que el estaño que se deposite sea el justamente suficiente para provocar la unión

del terminal con los extremos de las dos conexiones. Una simple gotita de estaño es suficiente. Exíjase mucha pulcritud y esté dispuesto a repetir una misma soldadura cuantas veces sea necesario hasta conseguirla limpiamente. Si una soldadura resulta incorrecta, deshágala aplicando la punta del soldador (sin estaño) sobre ella. Cuando funda el estaño mal aplicado, tire suavemente de la pieza que debe desoldar hasta que se desprenda.

Operemos sobre el terminal 2. En él deberemos soldar el conductor que sale de 1 y uno de los contactos de la resistencia. Sobre el terminal 3, soldaremos el segundo contacto de la resistencia y un nuevo conductor que deberá terminar en 4.

Sobre el terminal 4 deberemos soldar el cabo

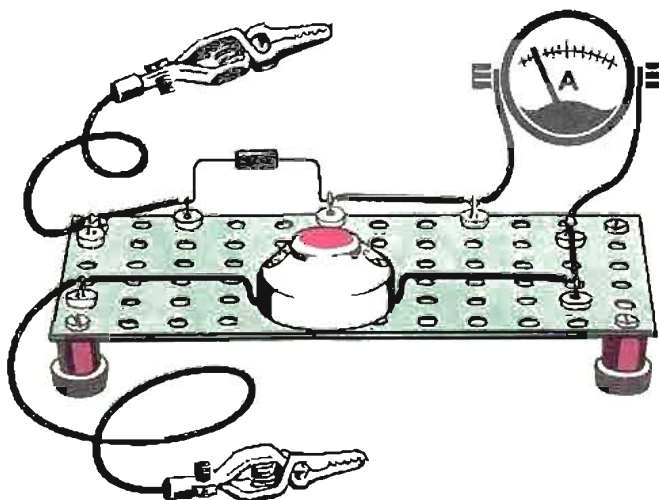
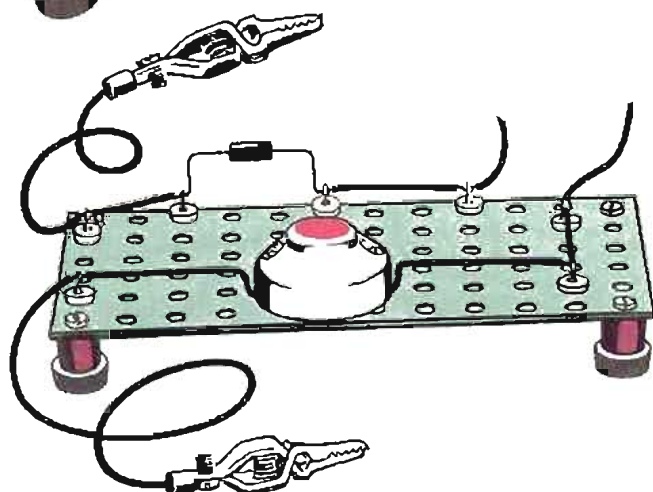
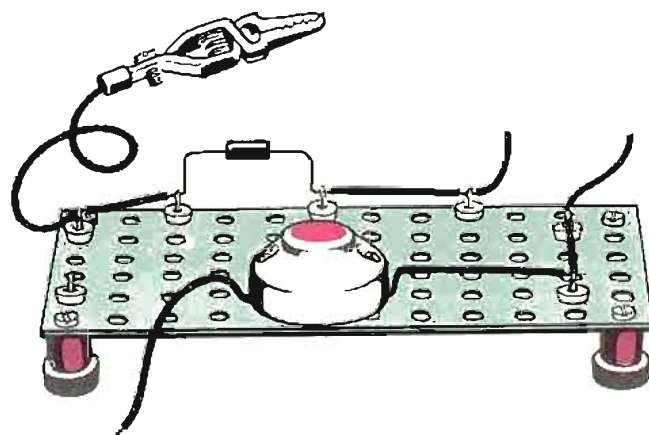
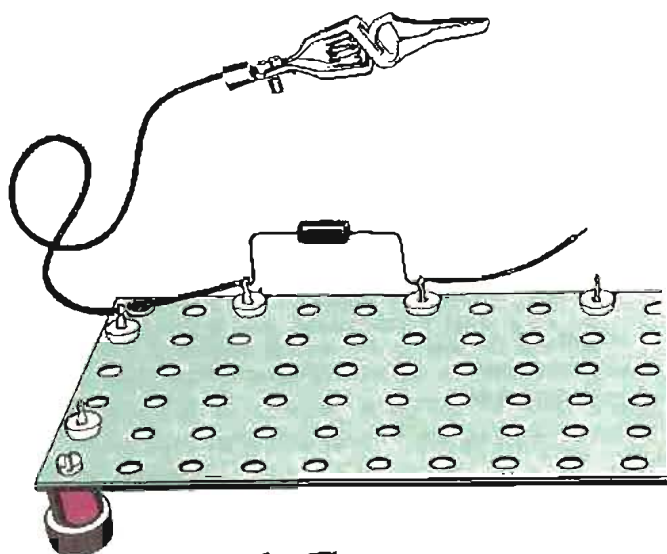
que nos ha quedado suelto y un nuevo cable que dejaremos libre para luego conectarlo a la entrada del amperímetro.

Pasemos al terminal 5.

En él necesitamos soldar un cable libre para el amperímetro y entre 5 y 6 establecer una nueva conducción.

De 6 saldrá el hilo que conectamos a uno de los bornes del pulsador, éste sin necesidad de soldarlo. Basta sujetarlo con el tornillo.

Decimos tornillo porque normalmente los bornes de conexión de los aparatos que forman la aparatamenta de las instalaciones normales, llevan un tornillo que sujeta el cabo a conectar. Sin embargo, tampoco hay ningún inconveniente en practicar dicha conexión con un punto de soldadura.



Seguimos el montaje. Del borne libre del pulsador sale una nueva conexión que soldaremos al terminal 7, pero que al igual que la primera terminaremos con una pinza tipo cocodrilo. Esta nos permitirá conectar con toda facilidad con uno de los bornes de la pila.

Los hilos que salen de los terminales 4 y 5 los empalmaremos con los bornes de un miliamperímetro con lo cual habremos completado el circuito.

Veamos ahora cómo nos serviremos de él para poder calcular una resistencia y comprobar la verdad de la ley de Ohm.

Supongamos que la resistencia que hemos intercalado al circuito tiene un valor que desconocemos. Pero conocemos el valor del voltaje entre los dos extremos del circuito, puesto que la pila lo lleva indicado: 4'5 V. Por lo tanto, bastará efectuar la lectura de la intensidad que señale el amperímetro para tener los dos datos necesarios que nos llevarán al conocimiento del valor de la resistencia.

Supongamos que en el amperímetro leemos una intensidad de 0'2 A o sea 200 mA. Bastará aplicar la ley de Ohm para conocer la resistencia:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{4'5}{0'2} = 22'5 \text{ Ohmios}$$

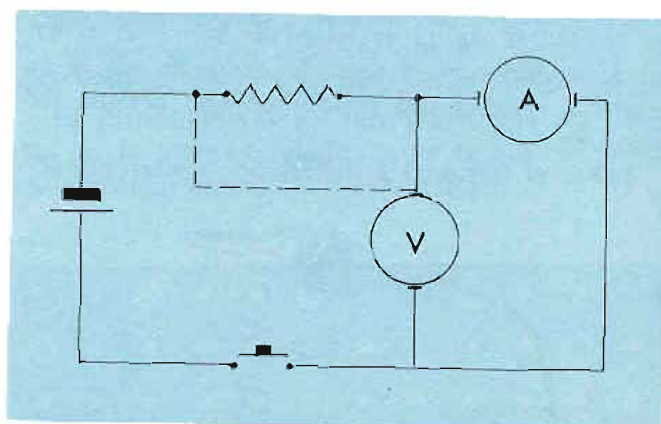
Con este mismo circuito podremos calcular voltajes, resistencias o intensidades, según sean los datos conocidos y la incógnita a considerar.

Podemos encontrarnos con el caso de trabajar con un voltaje desconocido, en cuya circunstancia necesitaremos el concurso de un voltímetro para poder calcular la resistencia. Como se ha dicho

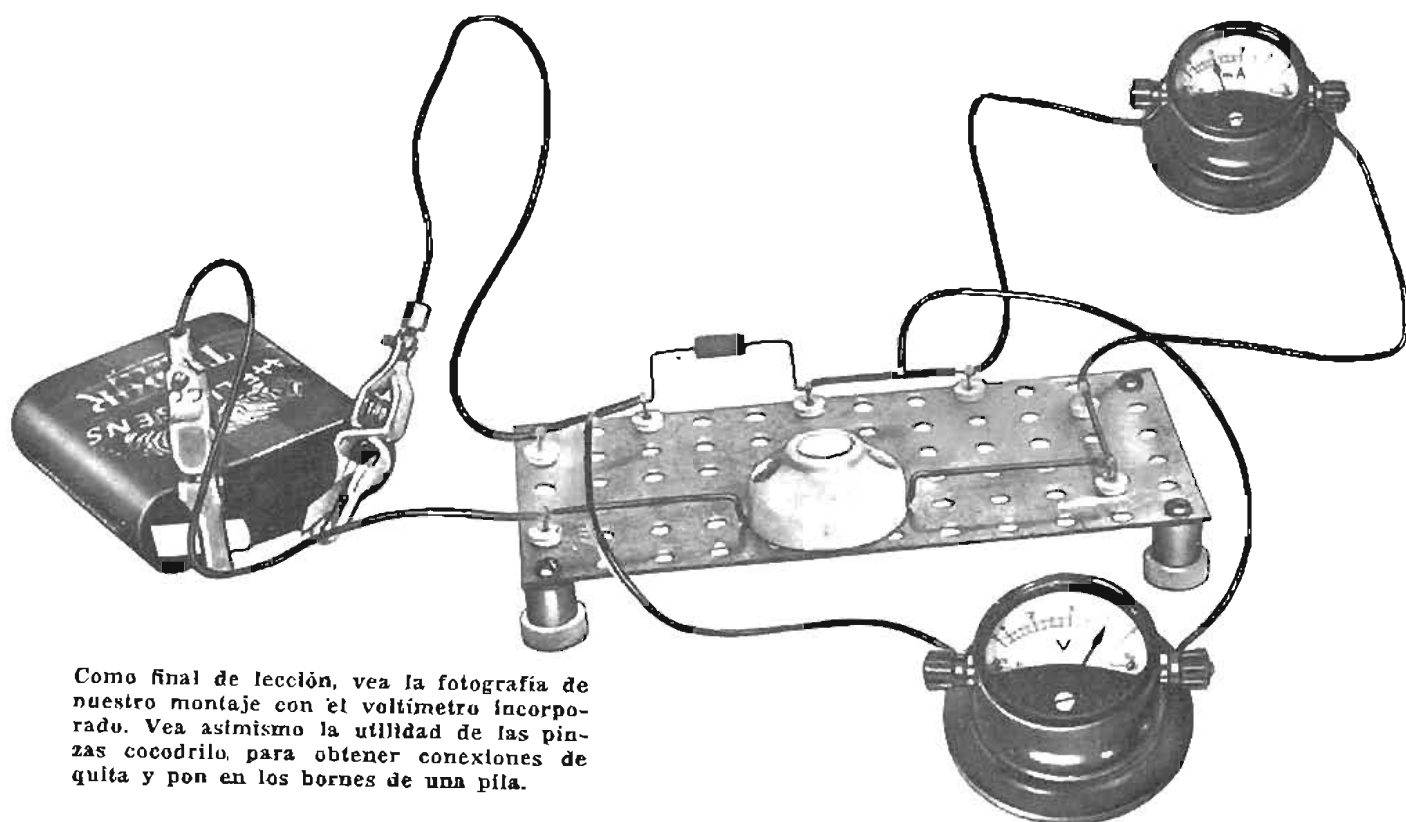
este voltímetro deberemos situarlo en derivación con el circuito; es decir: conexiéndolo antes y después de la resistencia, tal y como demuestra el último esquema de esta lección.

Así, tendremos lectura de amperios y lectura de voltios, con lo cual, por una simple división conoceremos la resistencia en ohmios.

Las fórmulas de la ley de Ohm resultan de gran utilidad y ningún radiotécnico puede ignorarlas. Creemos haber demostrado su importancia con ese simple montaje.



Esquema teórico del montaje realizado, al que se ha añadido un voltímetro. En este circuito podremos efectuar medidas directas de voltaje e intensidad, con lo cual podremos calcular la resistencia incógnita aun desconociendo el voltaje que proporciona el generador.



Como final de lección, vea la fotografía de nuestro montaje con el voltímetro incorporado. Vea asimismo la utilidad de las pinzas cocodrilo, para obtener conexiones de quita y pon en los bornes de una pila.

# Lección práctica 3

## Electroimán Alternador experimental

Los fenómenos electromagnéticos vienen a representar la esencia de la radio. Dada su misma importancia, vale la pena demostrar de una forma experimental el hecho de que la electricidad y el magnetismo son dos manifestaciones energéticas reversibles. Es decir: que la electricidad puede ser causa de fenómenos magnéticos y que el magnetismo puede ser causa de la electricidad.

A ello vamos a dedicar este capítulo de prácticas, dándole todos los datos necesarios para que con muy pocas complicaciones y utilizando elementos de fácil adquisición realice dos prácticas divertidas y de resultados muy espectaculares.

### ELECTROIMAN RECTILINEO

Vamos a construir un electroimán rectilíneo para corriente eléctrica continua de 4'5 V y 0'6 A. Es decir: nuestro electroimán funcionará con una pila normal y con él podremos levantar hasta medio kilo de peso. Demostraremos así que una corriente eléctrica, al circular a través de una bobina, produce un campo magnético capaz de conferir al hierro un gran poder de atracción.

Necesitamos el siguiente material:

Un tornillo de hierro con tuerca de unos 12 mm de diámetro y 60 mm de longitud total.

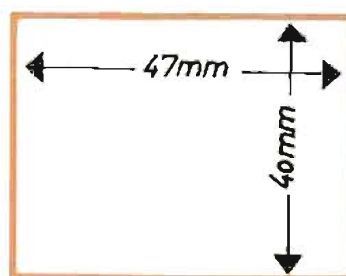
Cartón para construir la bobina magnetizante.

Hilo de cobre esmaltado de 5 décimas de mm (unos 70 metros.)

Si se ha procurado este material, podemos empezar con el montaje. Pero conste que si sustituye el tornillo que debe formar el núcleo del electroimán por un simple cilindro de hierro obtendrá idéntico resultado. Si aconsejamos el uso del tornillo es por la ventaja que supone disponer de una fijación de la bobina, ya que gracias a la cabeza y a la tuerca, tenemos dos topes que evitan que la bobina pueda desplazarse en sentido longitudinal.

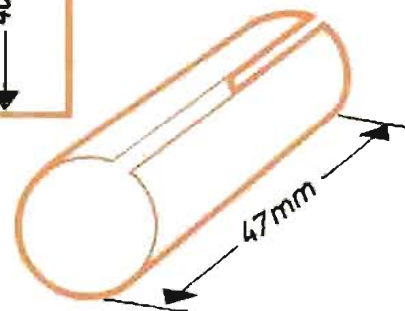
### Construcción de la bobina

Corte un pedazo de cartón de 47 x 40 mm y con él forme un cilindro tan perfecto como le sea posible. La altura del cilindro debe ser de 47 mm, o sea, la del lado más largo del rectángulo de cartón del que lo obtenemos. Si el cilindro lo hace enro-



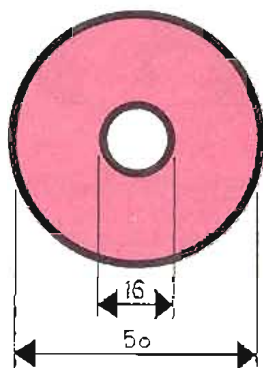
Corte un pedazo de cartón de 47 x 40 mm.

Con este cartón haga un cilindro de 47 mm de altura.

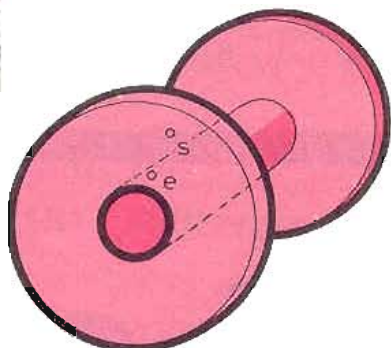


llando el cartón sobre el tornillo al que debe ajustar, tendrá la seguridad de que su diámetro interior será el correcto.

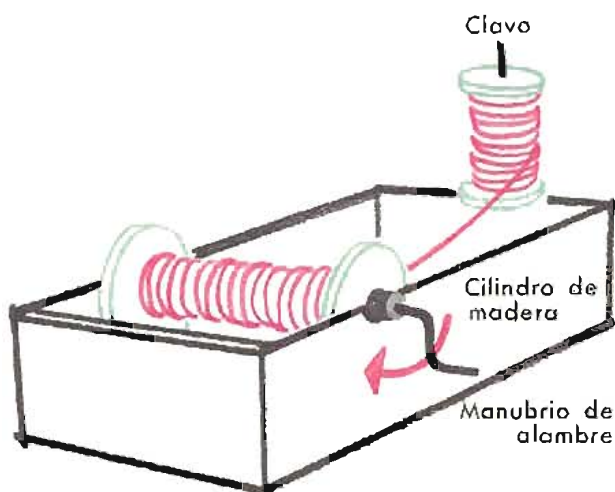
Ahora recorte dos piezas en forma de corona circular, cuyo taladro central tenga un diámetro de 16 mm y cuyo diámetro exterior sea aproximadamente de 50 mm.



Corte dos piezas en forma de corona circular de 16 mm de diámetro interior y 50 mm de diámetro exterior.



Coloque una de estas piezas en cada extremo del cilindro que ha construido y péguelas con una buena cola. Con ello tendremos el carrete sobre el que podremos bobinar el hilo de cobre.



Con una caja de madera es fácil construirse una rudimentaria pero eficaz bobinadora.



BOBINA TERMINADA



## Bobinado

Esta operación requiere un poco de paciencia, tanto por el número de vueltas como por la pericia que se requiere para que cada espira quede en contacto lateral con la anterior. Esta operación del bobinado puede simplificarla si dispone de una máquina bobinadora.

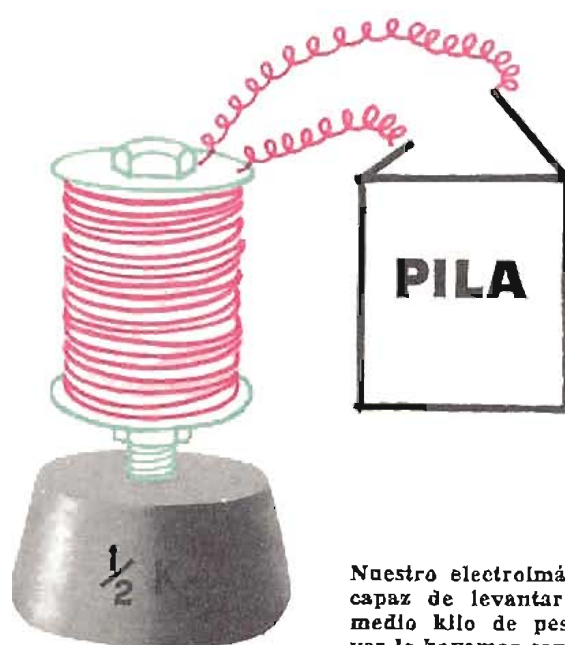
Haga pasar el cabo de entrada por el agujero *e* del carrete. Una vez bobinados 70 metros de hilo esmaltado de 5 décimas, lo que representa haber enrollado aproximadamente cosa de 1.700 espiras, pase el cabo de salida por el agujero *s*.

Prepare papel engomado y haga una envolvente para toda la bobina. Con ello evita dos cosas: que los roces desprendan el esmalte de las espiras más superficiales y la posibilidad de que éstas vuelvan a desenrollarse debido a la relativa elasticidad del hilo de cobre.

Coloque ahora el núcleo de hierro en el interior del cilindro de la bobina roscando la tuerca —en el supuesto de que emplee un tornillo— hasta que la bobina quede aprisionada entre ella y la cabeza.

Con un papel de lija debe raspar los extremos de los hilos que salen de los agujeros *e* y *s* de la bobina. Estos extremos debe empalmarlos a los bornes de una pila. Inmediatamente apreciará la aparición del fenómeno de la atracción magnética en el tornillo (que constituye el núcleo) cuyos dos extremos se han convertido en polos del electroimán.

La fuerza de atracción será la misma en los dos polos: medio kilo aproximadamente.



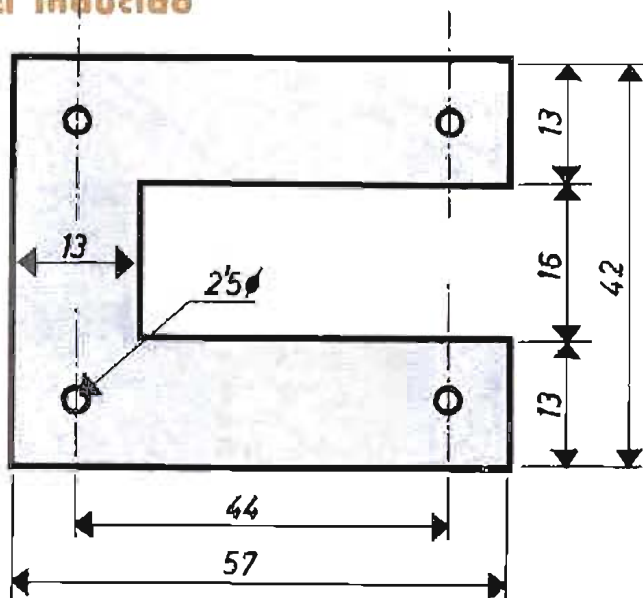
Nuestro electroimán será capaz de levantar hasta medio kilo de peso una vez lo hayamos conectado a una pila de 4'5 V.

## ALTERNADOR EXPERIMENTAL

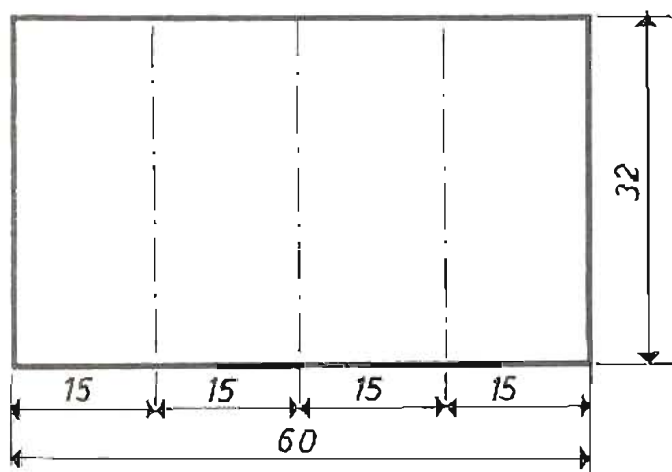
Con este experimento podemos comprobar de una manera palpable que los fenómenos magnéticos dan lugar a la creación de electricidad. Recuerde que cuando el campo magnético creado por un imán es atravesado por un conductor se aprecia el paso de una corriente por dicho conductor.

Lo que vamos a hacer no es más que provocar este fenómeno: obtener electricidad con la ayuda de un imán permanente. Procuraremos que las líneas de flujo de su campo magnético queden cortadas en mayor o menor número por un núcleo de chapa magnética rodeado de una bobina en la que se formará una corriente inducida.

### El inducido



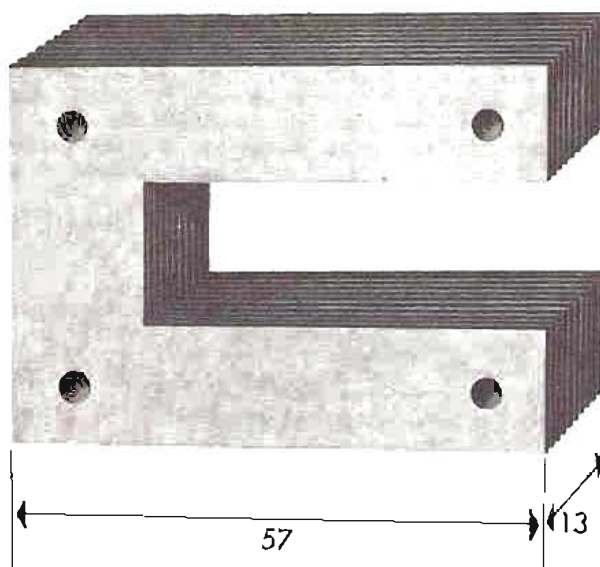
Para conseguir un empilado de unos 13 mm de espesor debe recortar las piezas necesarias en plancha magnética o en su defecto en hojalata oxidada.



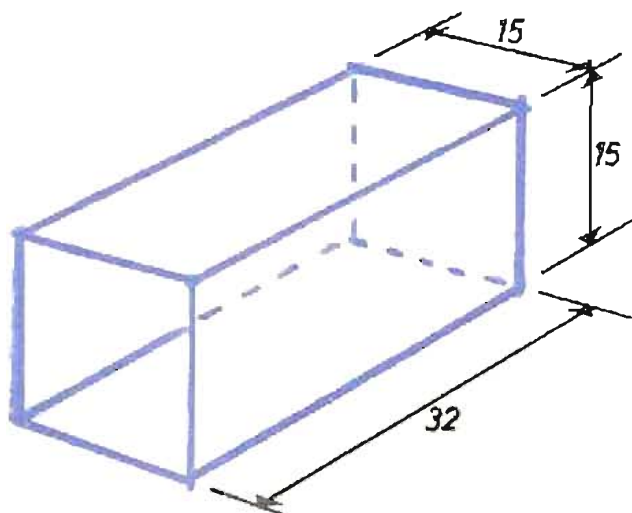
Con este alternador experimental obtendremos —cuando el imán inductor gire a 4.000 revoluciones por minuto— una corriente alterna de 6 voltios y 0'3 amperios.

En cuanto al material que necesitamos, es un poco complejo y por ello lo iremos citando a medida que avancemos en la descripción del montaje.

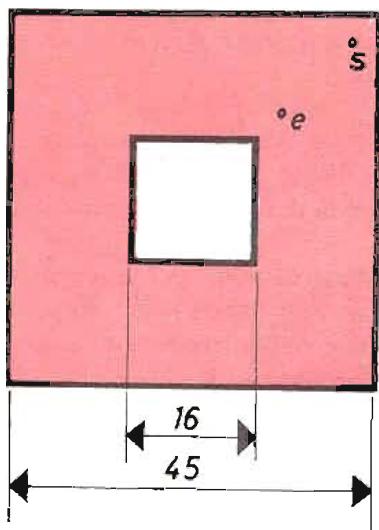
Empecemos la construcción, pero tenga en cuenta que las medidas que vamos a dar no pasan de ser una aproximación: milímetro más milímetro menos, no tiene importancia.



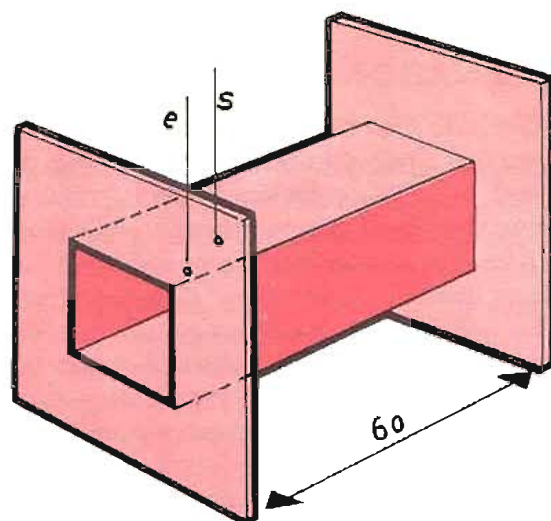
Si trabaja con chapa magnética de 3 a 5 décimas de milímetro deberá cortar 40 chapas para que una vez amontonadas y muy apretadas le den el grueso de 13 mm que necesitamos.



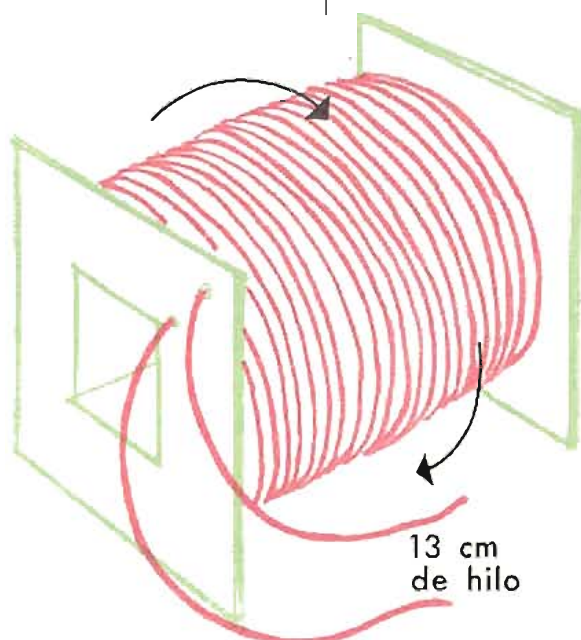
Corte cartón de 1 mm de grueso a las medidas de 60 x 32 mm señalando cuatro dobleces separados 15 mm entre sí. Doble por las líneas de trazo para obtener un tubo cuadrado cuyos bordes extremos unirá por medio de una tira de papel engomado.



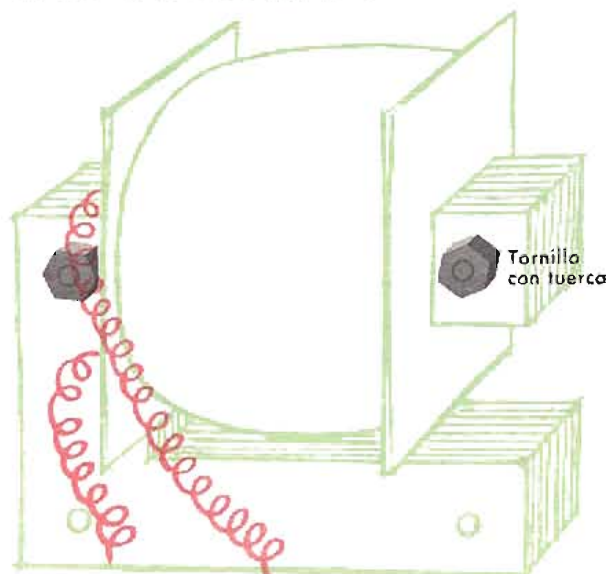
Ahora necesita dos piezas como ésta. Un cuadrado con taladro central también cuadrado y a las medidas indicadas.



Ya puede montar el carrete para la bobina del inducido. Basta pegar el tubo cuadrado y las piezas que acaba de cortar según demuestra la figura. No olvide los dos pequeños taladros e y s para la entrada y salida del hilo.

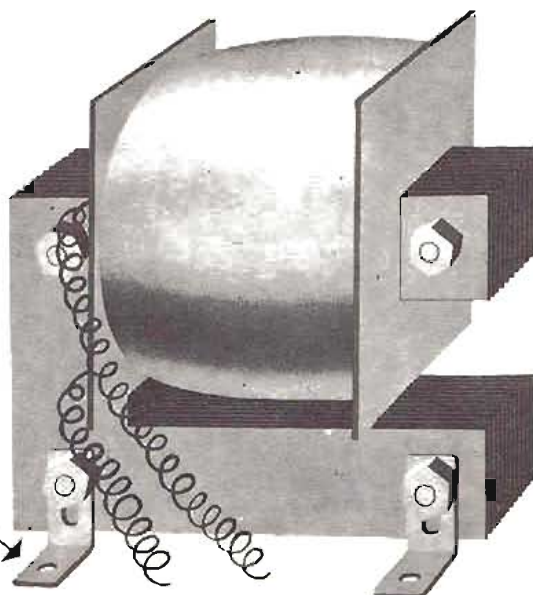
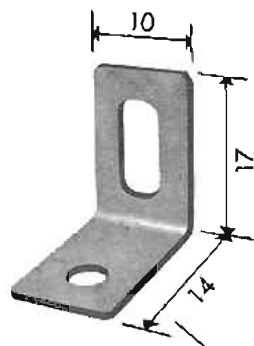


La bobina debe hacerla siempre en el mismo sentido con hilo de cobre esmaltado de 5/10 mm, bobinando 1.400 espiras. Haga que las espiras queden muy juntas y que el hilo que saiga por los agujeros e y s tenga una longitud de unos 15 cm.

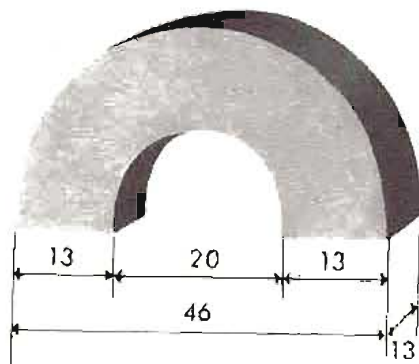


Una vez bobinado el carrete y envuelto con papel engomado, introduzca en él el emplado de plancha magnética apretándolo por su parte superior mediante dos tornillos con tuerca, tal como muestra la figura.

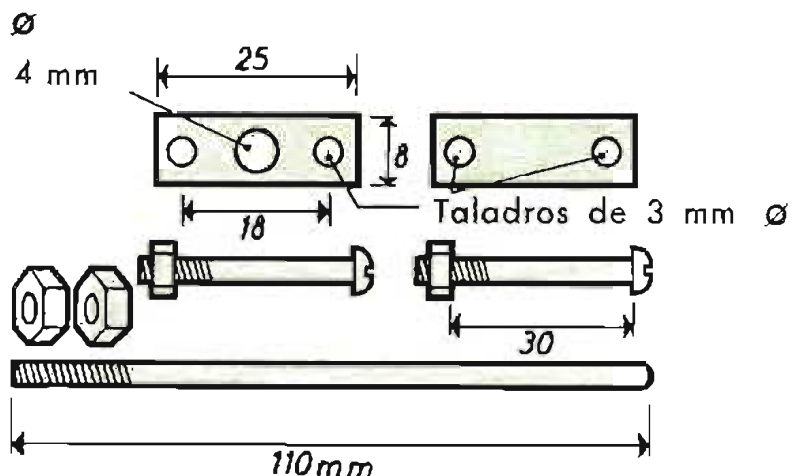
La parte inferior del emplado también debe apretarse con tornillos, pero haciendo que sujeten al mismo tiempo cuatro ángulos de metal que luego van a servirnos para fijar todo el inducido sobre un tablero de madera, en el que montaremos la totalidad del alternador.



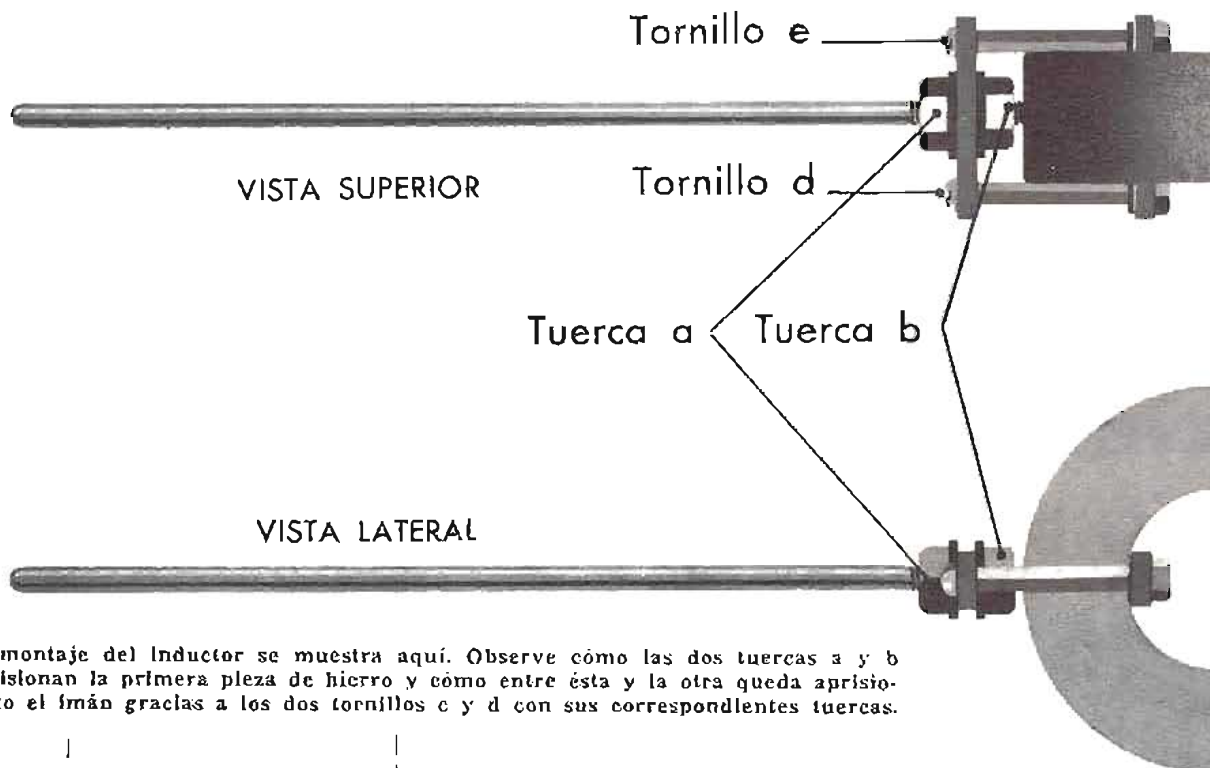
## EL INDUCTOR



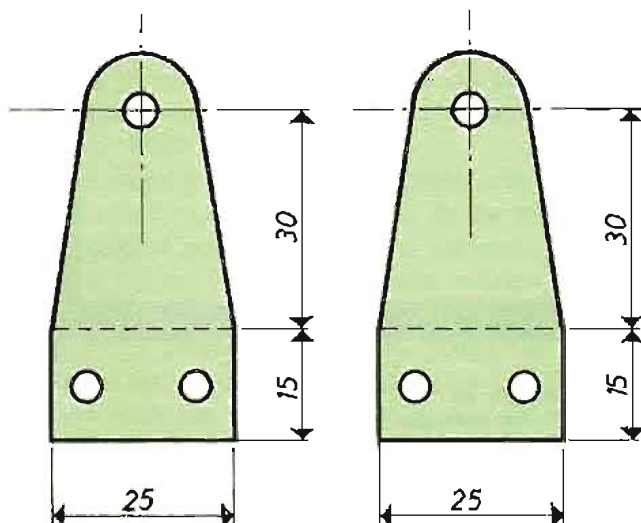
Necesitamos un imán de herradura cuyos polos queden con una separación aproximadamente igual a la que mantienen los dos brazos del inducido.



También necesitamos un eje roscado por uno de sus extremos y dos tuercas con el mismo paso de rosca. Corte dos piezas de hierro de 1 mm de grueso a las medidas indicadas con dos taladros extremos por los que pueda introducir un tornillo de 30 mm de largo.



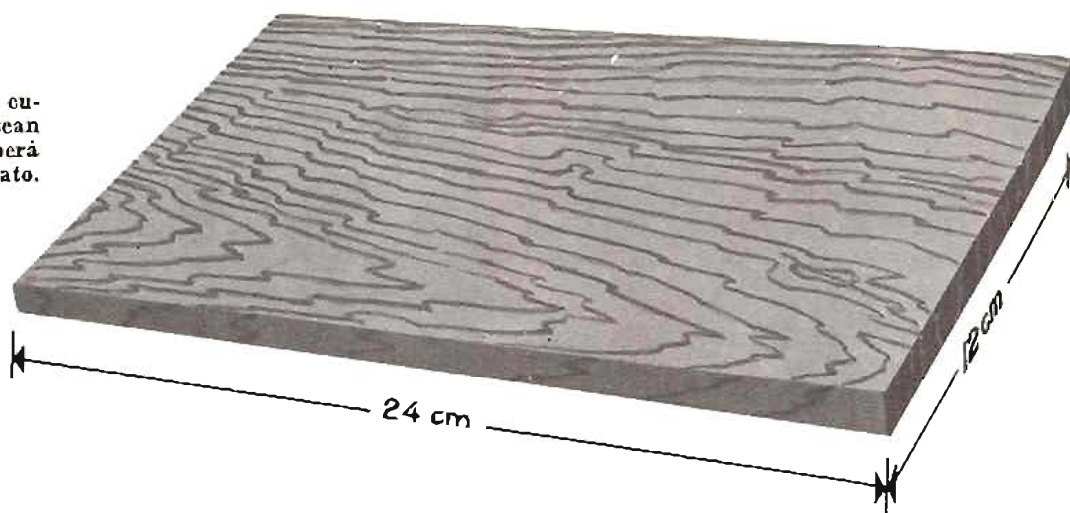
El montaje del Inductor se muestra aquí. Observe cómo las dos tuercas a y b aprisionan la primera pieza de hierro y cómo entre ésta y la otra queda aprisionado el imán gracias a los dos tornillos e y d con sus correspondientes tuercas.



Prepare los dos soportes para el eje. Los cortará en hierro de 5/16 de milímetro y según la forma y medidas que indicamos. Naturalmente los taladros para el eje los practicará de un diámetro un poco (muy poco) superior para que el eje pueda rodar libremente, con el mínimo de fricción. Si entre taladro y eje puede intercalar un casquillo de latón, tanto mejor.

## Montaje final

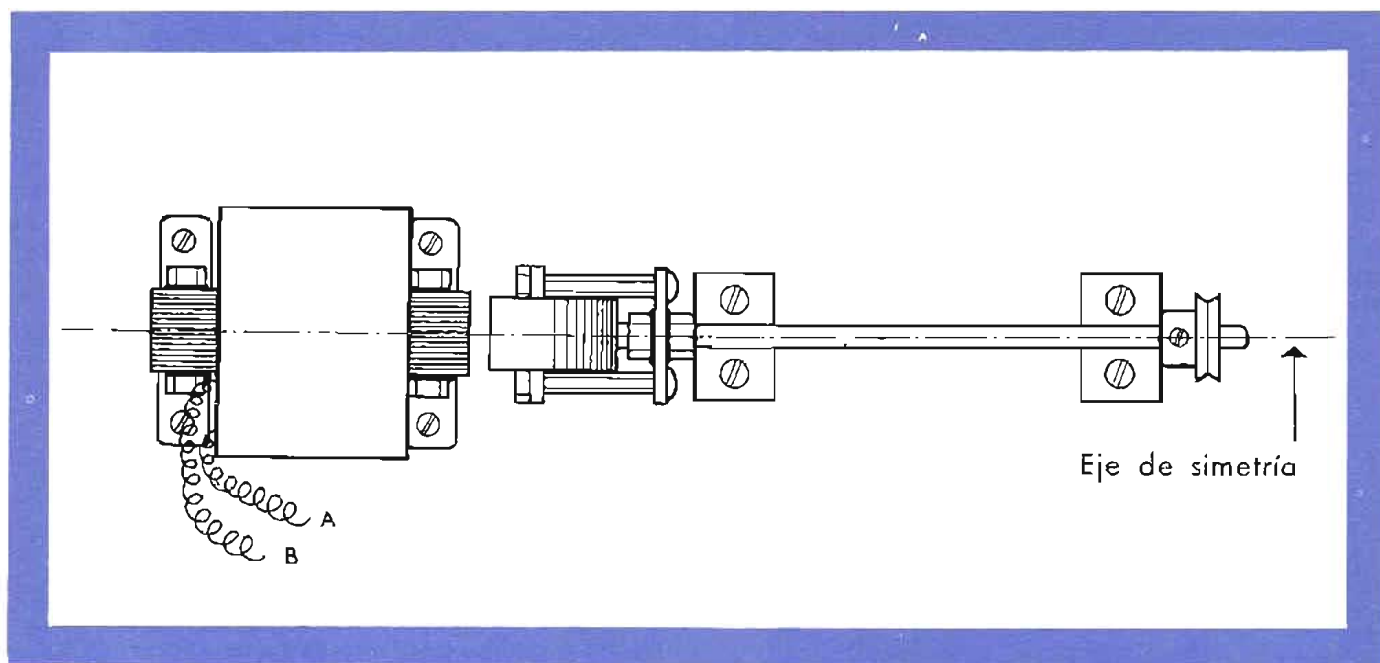
Corte un tablero de madera cuyas medidas aproximadas sean de  $24 \times 12$  cm. Sobre él deberá montar la totalidad del aparato.



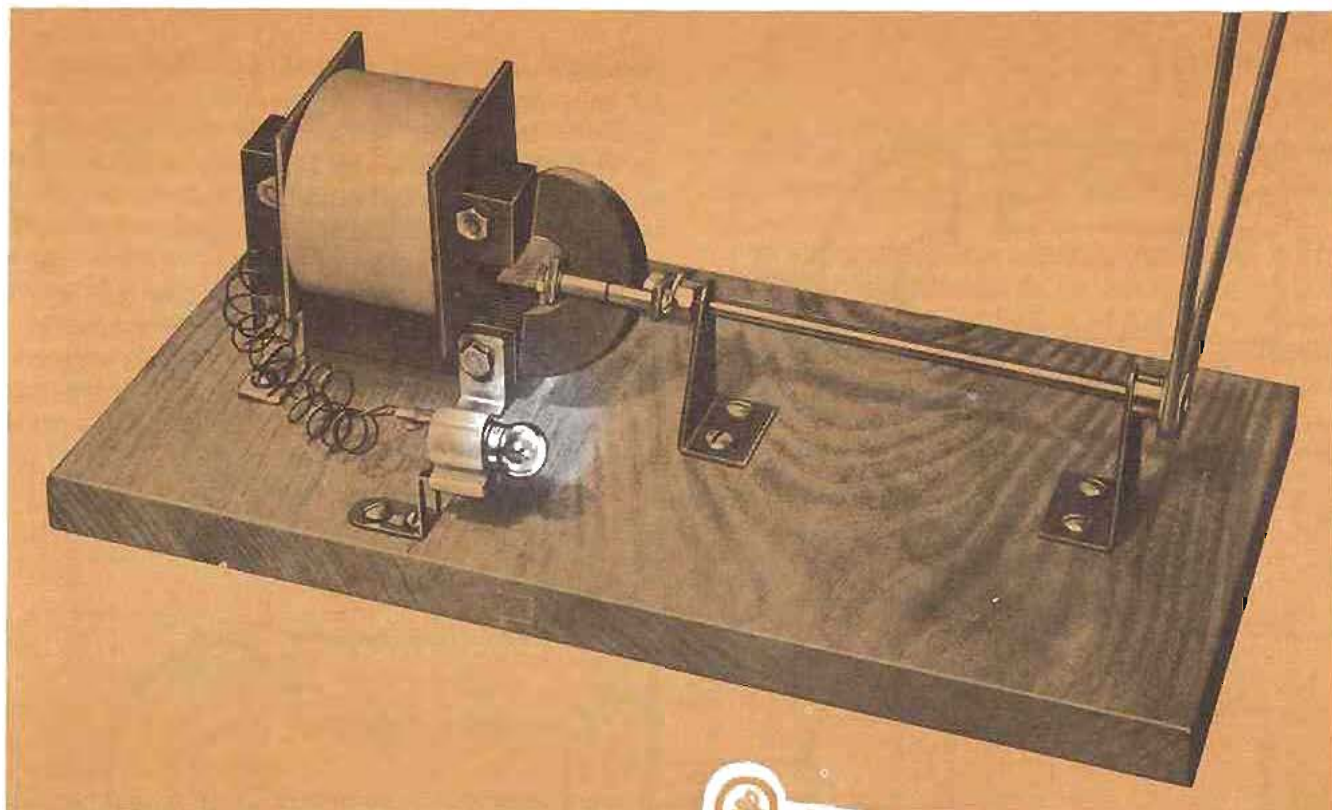
Corte un tablero de madera de  $24 \times 12$  cm aproximadamente. Sobre él sujete los distintos elementos del alternador conforme demuestra la ilustración. Con tornillos normales y corrientes lo conseguirá sin dificultad. Procure, sobre todo, que el eje del inductor se corresponda con el eje geométrico del inducido. Una vez introducido el eje en los dos taladros de los soportes, los atornillará sobre la madera de forma que su separación permita acoplar al extremo libre del eje una pequeña polea.

Sujete un portalámparas y, tras raspar el extremo de los hilos que salen de la bobina, suelde uno en cada borne. Añada una bombilla de 2'5 voltios.

Sólo falta que por cualquier procedimiento imprima al imán un rápido movimiento de rotación, para que el alternador entre en funcionamiento y se encienda la bombilla. La correa de una máquina de coser, acoplada a la polea de nuestro alternador, puede comunicarle el movimiento del pedal.



Vista superior del alternador experimental una vez montado sobre el tablero de madera. Añadimos el eje longitudinal de simetría para indicar la exacta correspondencia entre él y el eje mecánico que lleva acoplado el imán inductor. En esta vista no se ha incluido el portalámparas, cuyos bornes deberá empalmar a los cabos A y B de la bobina.



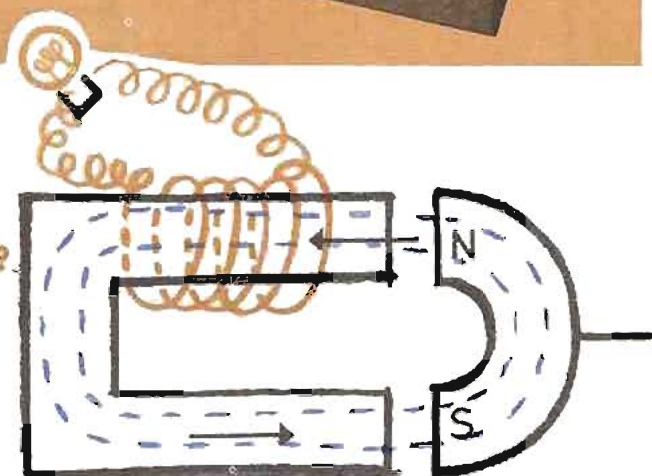
## ¿POR QUÉ SE ENCIENDE LA BOMBILLA?

Esta es la pregunta que usted se ha hecho: ¿por qué al girar el imán permanente frente al núcleo de la bobina del inducido, se enciende la bombilla...? Evidentemente porque en la bobina se ha creado una corriente eléctrica; pero con esta respuesta surge un nuevo y más categórico ¿por qué?

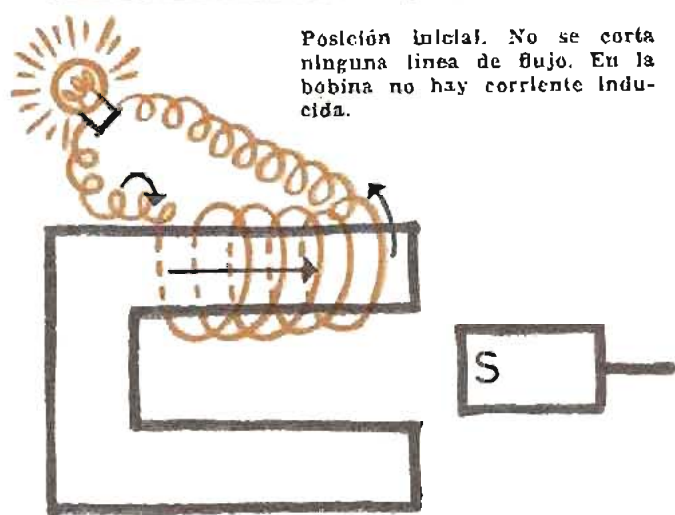
Al estudiar el alternador experimental vimos cómo la espiral móvil, al cortar las líneas de fuerza de un campo magnético fijo, creaba una corriente alterna. Eso es lo que ocurre con nuestro alternador, pero con la diferencia de que en él el inductor es la parte móvil y el inducido la fija.

Analicemos el funcionamiento de nuestro aparato:

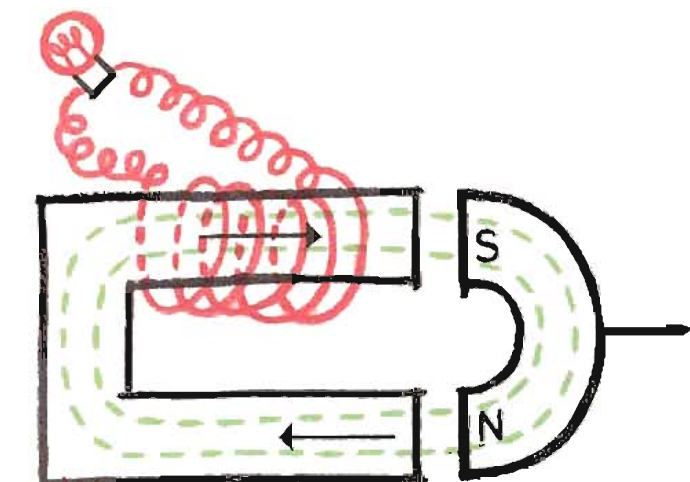
El imán permanente que constituye el inducido crea un campo magnético; si se da una perfecta frontalidad entre los dos polos del imán y el núcleo de la bobina, atravesará dicho núcleo debido al fenómeno de la inducción magnética. En esta posición, que llamaremos inicial, todas las líneas de fuerza atraviesan el núcleo de la bobina; no se corta ninguna línea de fuerza y en la bobina no aparece corriente inducida alguna. Estamos en un voltaje cero.



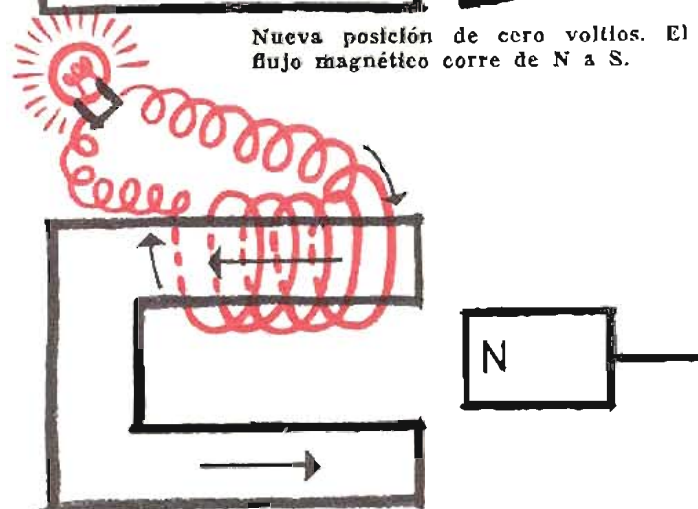
Posición inicial. No se corta ninguna línea de flujo. En la bobina no hay corriente inducida.



Posición de máxima corriente positiva. En el solenoide aparece una corriente inducida que enciende la bombilla.



Nueva posición de cero voltios. El flujo magnético corre de N a S.



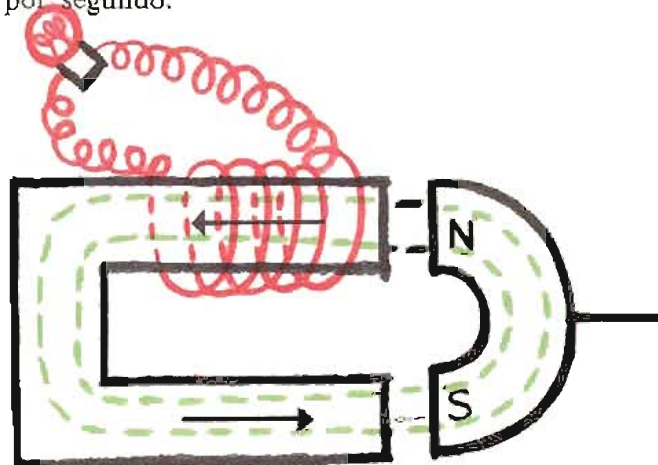
El polo N corta las líneas de flujo en sentido contrario. En esta posición el voltaje es otra vez máximo, pero de valor negativo. En la bobina aparece una corriente inducida contraria a la anterior.

Cuando el imán empieza a girar se cortan sus líneas de flujo. Recuerde que cuando una bobina corta un campo magnético, se crea en ella una corriente inducida en una u otro dirección, según sea el sentido del corte. Por tanto, en la bobina del alternador aparece una corriente inducida que circulará en el sentido que le corresponde según la situación del polo norte del imán y sentido del bobinado que alcanzará su valor máximo cuando el polo norte haya dado un giro de  $90^\circ$  puesto que en este punto habrá cortado la totalidad de las líneas de flujo. Al completar un giro de media circunferencia, el polo sur alcanzará la posición que anteriormente tenía el polo norte, con lo cual habremos alcanzado una nueva situación de potencial cero. Observe cómo en esta posición el flujo magnético que atraviesa el núcleo del inducido es inverso al anterior, puesto que la situación del polo norte es opuesta a la posición de partida.

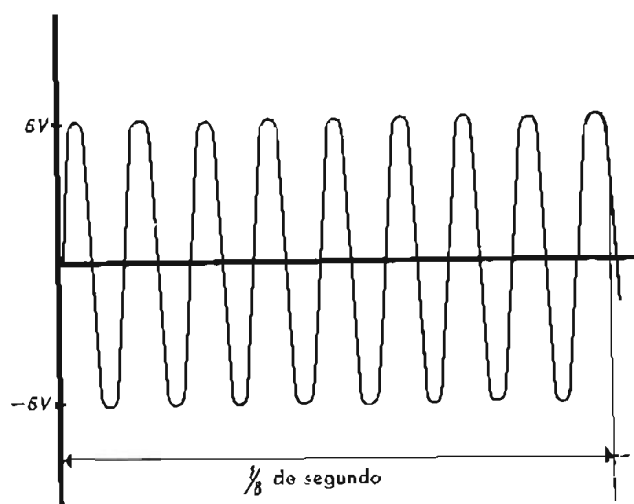
Sigue girando el inductor. El polo sur del imán

abandona su frontalidad respecto al brazo superior del inducido, y con ello se provoca el corte de las líneas de flujo que, al correr en sentido contrario al anterior, inducen en la bobina una corriente también de sentido contrario. Cuando el polo norte alcanza de nuevo la posición inicial, se habrá completado un ciclo.

La frecuencia de la corriente alterna que produzca este alternador dependerá, claro, de la velocidad de giro del imán inductor. Si conseguimos que esta velocidad sea de 4.000 r.p.m., la corriente alterna producida será de  $4.000/60 = 66'66$  ciclos por segundo.



Estamos de nuevo en la posición inicial. El inductor ha dado una vuelta completa completando un ciclo. Observe cómo sólo aparece una corriente inducida cuando hay un cambio de dirección en el flujo del núcleo magnético.



Gráfica correspondiente a la corriente producida por el alternador cuando el inductor gira a 4.000 r.p.m. Representamos los ciclos comprendidos en  $1/8$  de segundo.

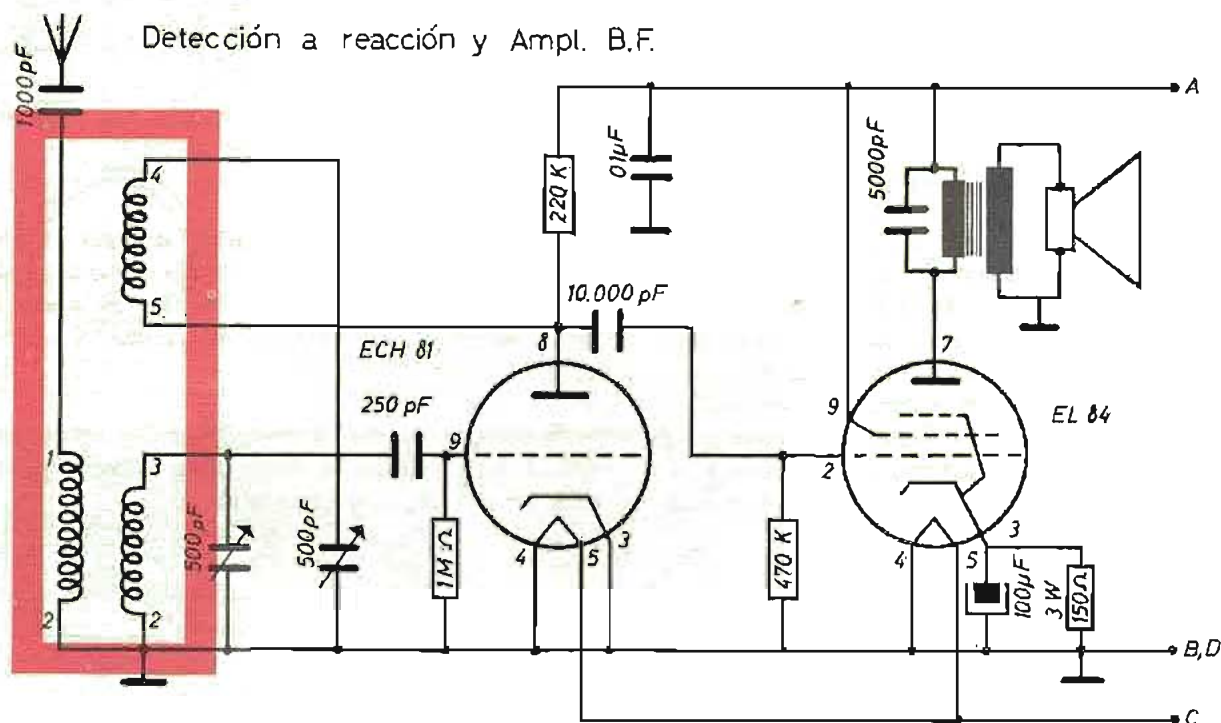
## LAS INDUCTANCIAS EN LA RADIO

Corriente alterna, bobina, inducción, campo, autoinducción... son conceptos de los que hemos hablado porque resultan fundamentales en radio aunque, de momento, no captemos plenamente esta importancia por la simple razón de faltarnos datos para tal juicio.

Poco a poco se irá dando cuenta de que estos conocimientos previos a lo que es la radio propiamente dicha, eran imprescindibles para la perfecta comprensión de los fenómenos de emisión

los que forman el aparato. Alguno de estos símbolos le es conocido: por ejemplo, el símbolo de una bobina o inductancia, de las que en el esquema aparecen tres.

Si nos pidiesen un orden de prioridad en relación a la importancia de los distintos elementos del circuito, nos resultaría muy difícil responder, porque la verdad es que de él no podemos suprimir ningún elemento sin que el aparato deje de funcionar. Todos los elementos son importantes, ya



y captación de las señales de radio. Ahora, aunque sea anticiparnos al orden lógico de temas, vamos a decir algo sobre las bobinas en la radio. Puesto que hemos dedicado parte de esta lección al estudio de las bobinas y de los fenómenos de inducción que en ellas se manifiestan, será bueno que dediquemos algunas palabras a demostrar que tal estudio está plenamente justificado: la importancia de las bobinas dentro de un circuito de radio es fundamental.

El esquema que ponemos a su consideración pertenece al más simple de los aparatos receptores que deberemos estudiar en nuestro método. ¿Entiende algo de tal esquema?... Usted ya sabe que un esquema es la representación simbólica de un circuito y que cada uno de los signos que en él aparecen representa un determinado elemento de

que la supresión de cualquiera de ellos representa un enmudecimiento del receptor. Sin embargo, en un orden de función, las bobinas resultan ser los elementos del circuito que captan las señales recogidas por la antena.

Observe cómo son tres las bobinas que intervienen en el circuito.

La antena receptora capta las señales emitidas por la antena de la emisora que, como veremos, se traducen en una corriente alternada que recorre la antena del receptor y que a su través afecta la primera de las tres bobinas. Esta primera bobina, llamada *bobina de antena*, es la encargada de recoger la energía que le llega de la antena, energía que, como hemos dicho, se presenta en forma de una corriente alternada (variación de la corriente alterna clásica) y que, debido al fenómeno de la

inducción, crea un campo magnético que atraviesa todas sus espiras, campo cuya intensidad estará sujeta a las variaciones de intensidad y sentido de la corriente que llega a través de la antena. Inmediatamente al lado de esta bobina de antena, encontramos una nueva bobina de mayor número de espiras que, por un fenómeno de inducción magnética, aumenta el valor de la f.e.m. de la corriente de antena. Observe que las espiras de ambas inductancias están en la relación de 50 a 90. Esta nueva bobina es la llamada *bobina de sintonía*, que lleva la corriente transformada (en definitiva estas dos bobinas actúan como un transformador) a la lámpara detectora donde se producen fenómenos de primerísima importancia.

La tercera bobina es la llamada *de reacción* cuya misión es la de equilibrar en todo momento la relación existente entre la bobina de antena y la bobina de sintonía, dando más sensibilidad al aparato.

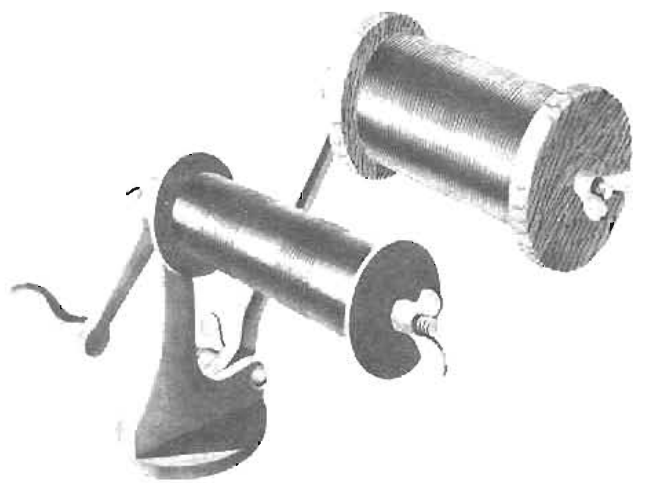
En esta explicación, naturalmente, habrá encontrado muchos puntos oscuros; comprenda no obstante que nuestra intención no ha sido darle un conocimiento real de los fenómenos de la radio-recepción, sino que ha sido hacerle ver la importancia que tienen las bobinas en radio; con lo cual queda también demostrado que los fenómenos debidos a la inducción electromagnética resultan vitales.

## MONTAJE DE LAS BOBINAS DE UN APARATO RECEPTOR

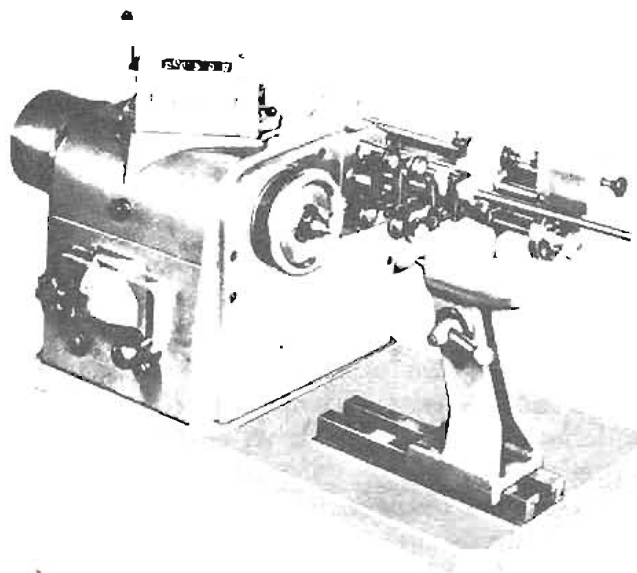
La cantidad y diversidad de bobinas que requiere un moderno radiorreceptor ha fomentado la construcción de máquinas de bobinar accionadas mecánicamente y con una serie de automatismos que facilitan al máximo la construcción de bobinas. Es decir: de la simple bobinadora manual a la bobinadora automática, encontramos toda una gama de máquinas bobinadoras que cubren las necesidades del aficionado, del radiotécnico y del fabricante.

La bobinadora es útil cuando se trata de bobinas con gran número de espiras, pero no así cuando se trata de bobinar inductancias de pocas espiras, con hilo de sección considerable y carrete de gran diámetro.

Este es nuestro caso: bobinaremos a mano las tres inductancias del aparato cuyo esquema acabamos de ver. Siga las instrucciones:

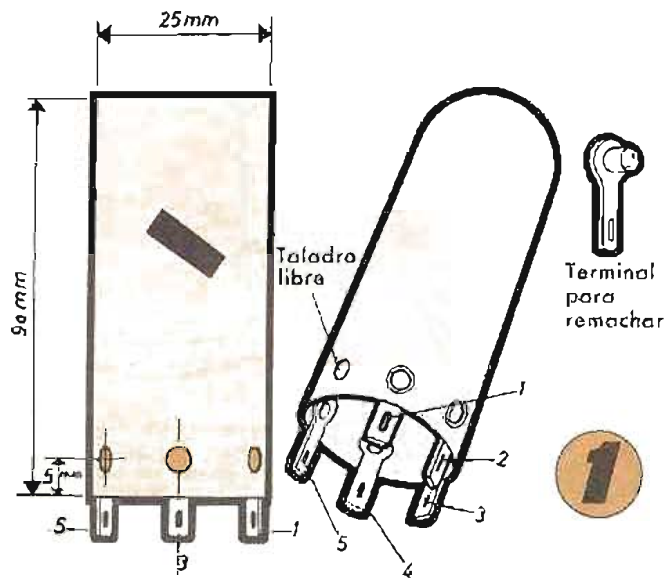


Bobinadora manual simple.

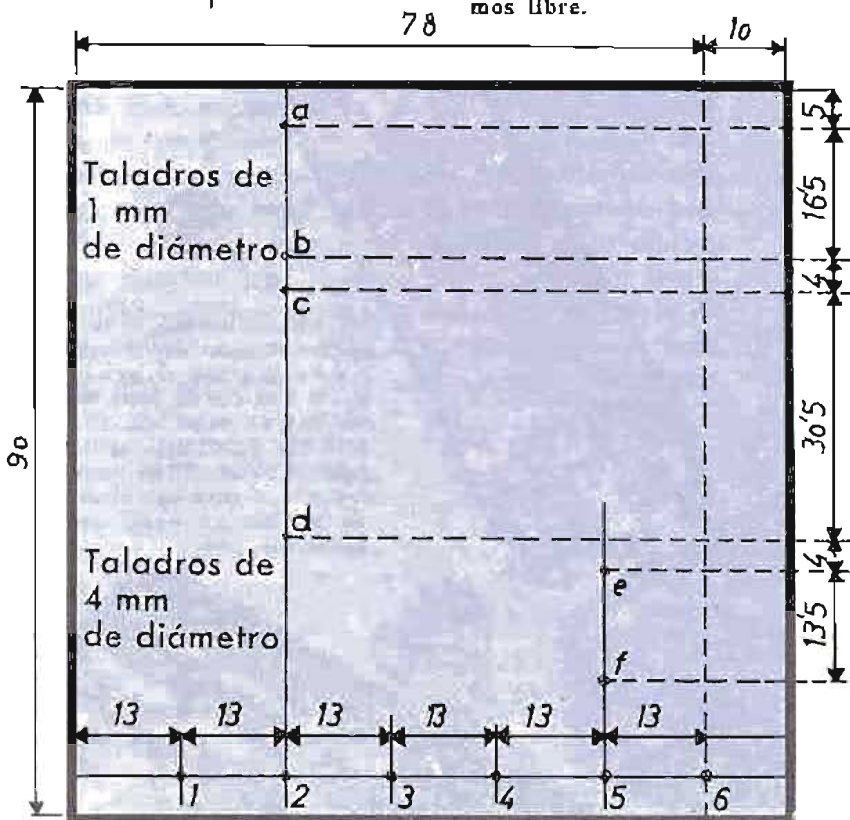


Bobinadora mecánica automática.

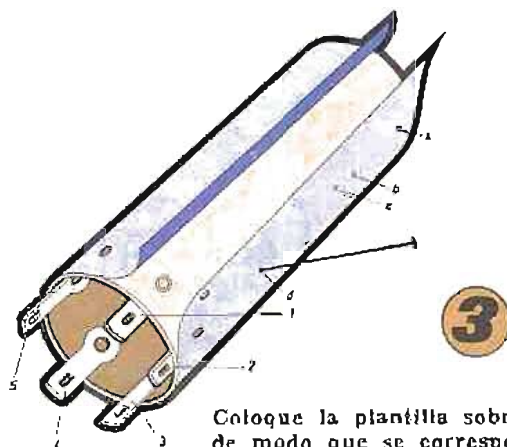
## BOBINADO DE TRES INDUCTANCIAS SOBRE UN MISMO CARRETE



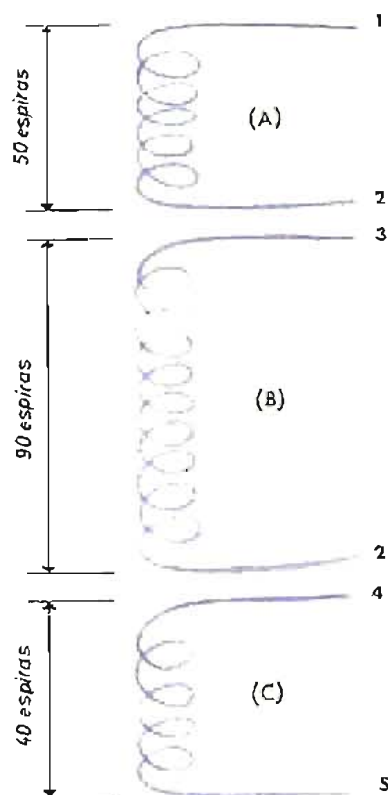
Este es el carrete que necesitamos. A 5 mm de su base deben practicarse seis taladros de 3'5 mm  $\varnothing$ . Cinco para colocar otros tantos terminales y uno que de momento dejaremos libre.



En el cuerpo del carrete debemos practicar los taladros a, b, c, d, e, f. de 1 mm de diámetro, por los que entrarán los cabos de la bobina. Esta plantilla no es más que el desarrollo del carrete. Observe cómo los taladros mencionados están sobre la perpendicular trazada al terminal 2 (cuatro de ellos) y sobre la perpendicular al terminal 5 (los dos restantes). Calque esta plantilla en un papel aparte y recórtela por sus límites.

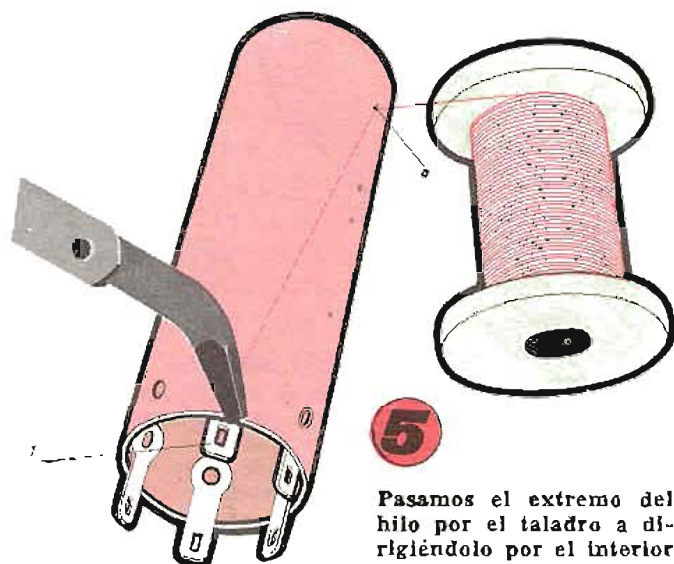


Coloque la plantilla sobre el carrete de modo que se corresponda exactamente con él, taladro por taladro. Con un alfiler proceda a practicar los taladros por donde debe introducirse el hilo de las bobinas.



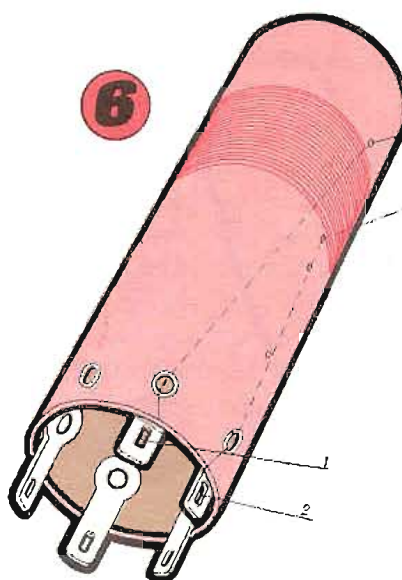
Veamos el esquema de nuestra bobina. La llamaremos así, aunque en realidad se trate de tres. Los números corresponden al del terminal en que empiezan y acaban. Bobina A: es la de antena; sale de 1, da cincuenta vueltas al carrete y termina en 2. Bobina B: es la de sintonía. Observe cómo uno de sus extremos está en el mismo terminal 2. Es una bobina de 90 espiras. Bobina C: es la de reacción. Sale de 5, da cuarenta vueltas al carrete y termina en 4.

## EFECTUEMOS EL BOBINADO



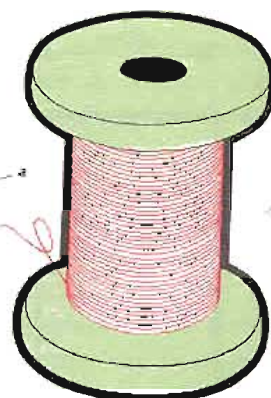
**5**

Pasamos el extremo del hilo por el taladro a dirigiéndolo por el interior del carrete al terminal 1. Previo un raspado del extremo del hilo lo soldaremos al terminal.

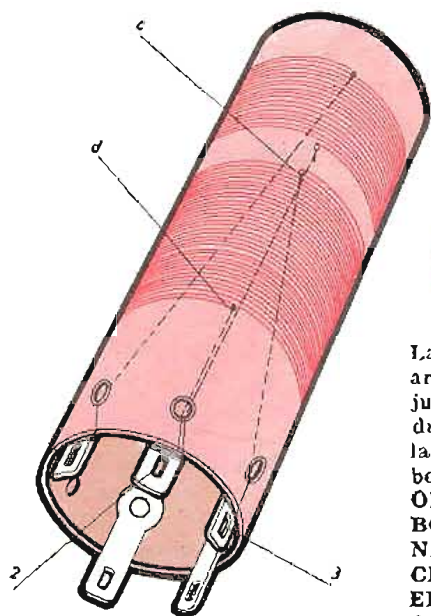


**6**

Bobina de antena, una vez terminada.



Bobinaremos 50 espiras procurando que cada una de ellas quede en contacto con la siguiente. Terminadas las cincuenta espiras cortaremos el hilo, dejando un cabo de unos 13 cm. cabo que entraremos por b, dirigiéndolo al terminal 2 por el interior del carrete. Rasparemos el extremo del hilo y lo soldaremos a dicho terminal.

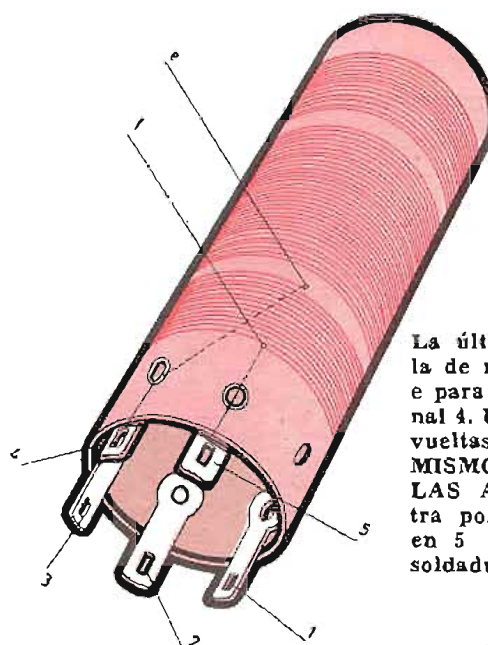


Bobina de antena,

**7**

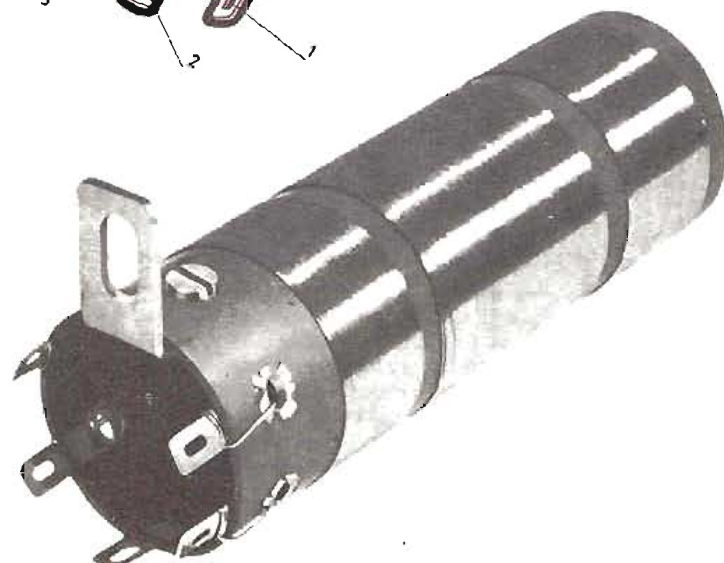
La bobina de sintonía arranca del terminal 2, junto al punto de soldadura que corresponde a la anterior bobina. El cabo del hilo entra por d. **OBSERVE QUE ESTA BOBINA DEBE BOBINARSE DE ABAJO HACIA ARRIBA, PERO EN EL MISMO SENTIDO QUE LA BOBINA ANTERIOR.** El cabo final entra por c dirigiéndose al terminal 3 por el interior del carrete. Es una bobina de 90 espiras.

Bobina de sintonía, una vez terminada.



**8**

La última bobina, o sea la de reacción, entra por e para dirigirse al terminal 4. Una vez ha dado 40 vueltas al tubo **EN EL MISMO SENTIDO QUE LAS ANTERIORES**, entra por f para terminar en 5 con un punto de soldadura.



Vea finalmente la bobina terminada. Puede observar que en el taladro libre se ha fijado, por medio de un tornillo y la tuerca correspondiente, un pequeño ángulo de metal. Esta pieza nos servirá más adelante para fijar la bobina al chasis del receptor.

# lección práctica 4

## Descripción de materiales Estudio descriptivo de diversos componentes Símbolos Ejercicio sobre esquemas

Es una evidencia pedagógica que el interés por las cosas empieza por fuera. Las vocaciones se manifiestan por una tendencia del niño, adolescente e incluso adulto (vocaciones tardías, pero no por ello menos intensas y provechosas) hacia todo aquello que se relaciona con la parte sensible (y por lo tanto más al alcance del neófito) del arte o ciencia que le atraen con fuerza vocacional.

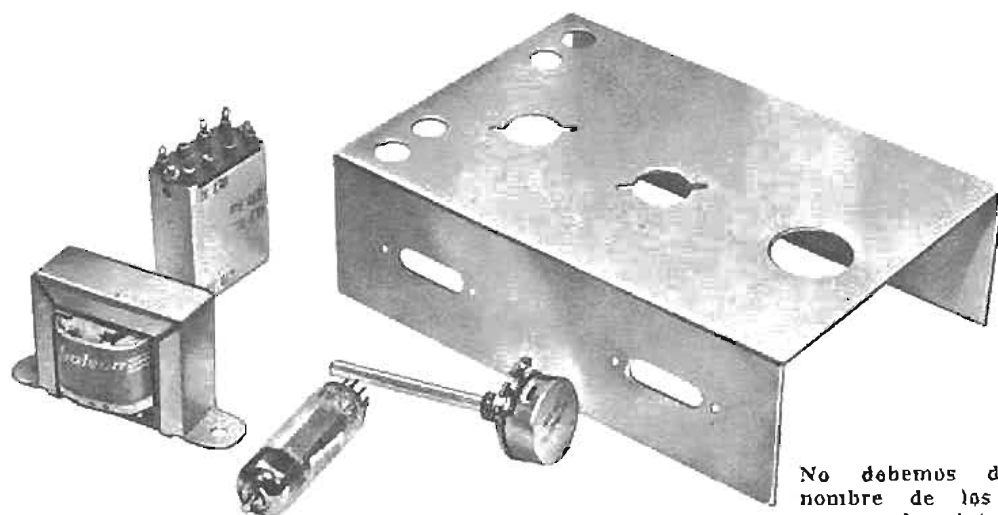
El joven que siente la llamada del arte se embelesa ante una colección de pinceles y tubos de colores. El aficionado a la mecánica, sin saber por qué, encuentra un placer especial al tener entre sus manos una rueda dentada, aunque desconozca su exacta aplicación. La razón de esta complacencia puede buscarse en la inevitable asociación de ideas entre lo particular y lo universal, que nos lleva a imaginar las mayores maravillas mecánicas partiendo de la contemplación de un simple engranaje, o bien sentirnos creadores de una maravilla pictórica con sólo contemplar

un escaparate donde se exhiben materiales propios del oficio.

A usted, hombre aficionado a la radio, también le ha ocurrido lo mismo: se ha encandilado ante el escaparate de una tienda dedicada al negocio de la radio y TV. Quizás ha visto materiales de los que desconoce hasta el nombre; otros de los que, aun conociendo el nombre, tiene una idea muy superficial o nula de su aplicación y funcionamiento. Pero ¡eran materiales de radio! Esta razón es suficiente para que ejerzan sobre nosotros una atracción poco menos que irresistible.

Es natural, y así debe ser, puesto que el material es la demostración palpable de la eficacia de una ciencia.

Ha llegado el momento, cuando estamos alcanzando el umbral de la radio, de ponernos en contacto con el material que nos será imprescindible conocer. Empezaremos, como es natural, por adquirir un conocimiento exterior del material de radio.



No debemos desconocer el nombre de los componentes que pueden intervenir en un circuito electrónico.

El primer paso hacia nuestra familiarización con los componentes de un aparato debe ser su presentación puramente nominal. Cuando nos presentan a una persona obtenemos de ella un conocimiento limitado a unas características físicas (alto, bajo, gordo, flaco, guapo, feo, etc.) y, quizás, a aquellas particularidades que empiezan a definirlo como una personalidad concreta: nombre, profesión... Quizás tardaremos mucho en tener un conocimiento profundo de su personalidad; pero después de su presentación seremos capaces de distinguirla de entre los demás miembros de una sociedad. Sabremos que se trata del señor Fulánez, que es ingeniero, por ejemplo.

Algo similar debe suceder con el material de radio. En esta lección vamos a presentarle a al-

gunos de los individuos que forman la compleja sociedad de los componentes de un circuito electrónico. Con ello pretendemos que después de esta presentación pueda distinguir un potenciómetro de un conmutador; que cuando le hablemos de un cuadrante sepa a qué nos referimos, etc., etc.

Llega un momento (y nosotros lo hemos alcanzado) en que resulta imposible seguir adelante sin una base de nomenclatura que nos permita llamar las cosas por su nombre sin el temor de que para alguien podamos citar palabras incomprensibles.

Conozca, pues, parte del material que puede integrar un circuito electrónico.

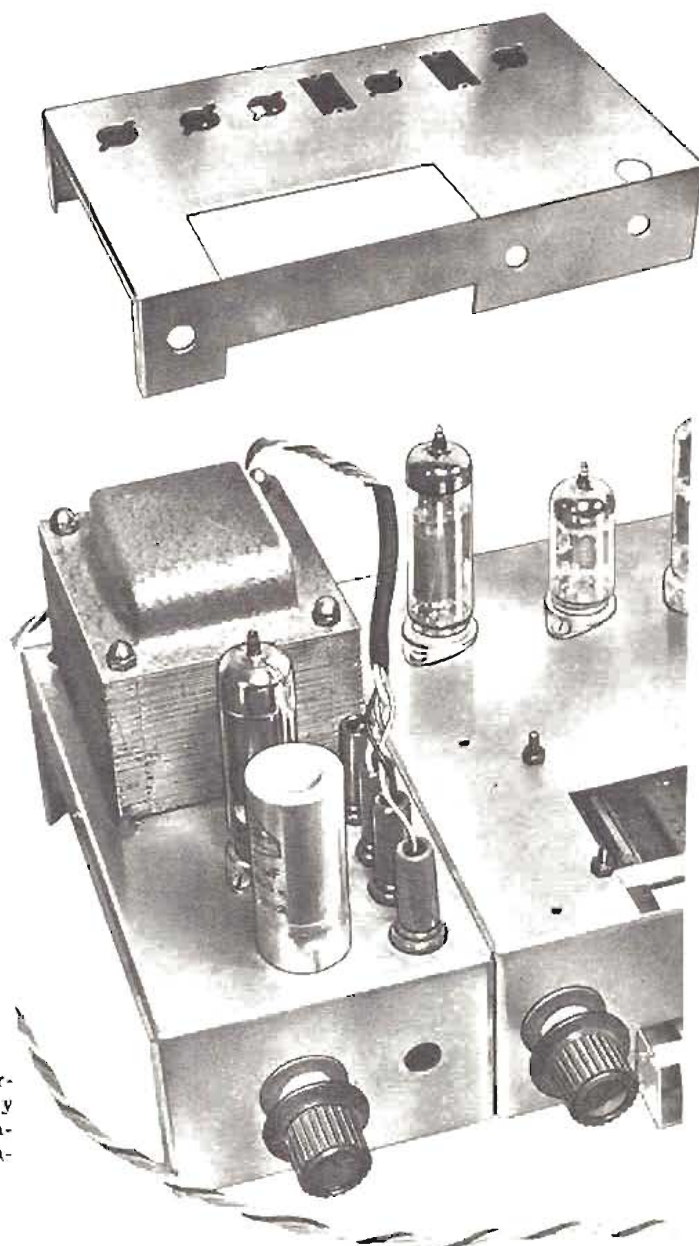
## ESTUDIO DESCRIPTIVO DE DIVERSOS COMPONENTES REPRESENTACION SIMBOLICA

### CHASIS

Llamamos chasis a la base o soporte donde quedan montados los elementos del circuito. Este elemento, realmente fundamental, se construye de metal (zinc o hierro estañado), troquelado mediante matrices preparadas exprefeso para proporcionar en el chasis todos los taladros que hemos previsto gracias al estudio del esquema del circuito y al conocimiento del material a emplear. El gran desarrollo de la industria de la radio ha descartado gran parte de lo que antes eran operaciones manuales a cargo del radiomontador. Hoy en día existen industrias enteramente dedicadas a la fabricación de chasis de radio, TV e instrumental electrónico, por lo que resulta muy fácil encontrar en el mercado el chasis conveniente para el montaje de aparatos normales. Sólo al estudiar algún modelo especial es necesario recurrir a la fabricación artesana del correspondiente prototipo.

El chasis es un componente que carece de símbolo. El esquema del circuito es suficiente para hacernos prever las características del chasis necesario. En todo caso, podemos decir que el chasis queda representado por la superficie del papel en que dibujamos, aunque tal suposición es un tanto gratuita.

Chasis para un moderno superheterodino de siete válvulas y F.M. Vea, además, parte del chasis con los componentes montados.



## CABLES E HILOS DE CONEXION

Para unir entre sí los distintos componentes de un circuito de radio se emplean los hilos o cables de conexión, para cuya construcción se emplea uno de los materiales más conductores: el cobre, con baño de estaño. Es decir: cobre estañado.

No confunda un hilo de conexión con un cable de conexión. El primero está formado por un solo conductor, mientras que el segundo (el cable)



A. Hilo de conexión. B. Cable de conexión.  
La parte conductora es de cobre estañado.



Cubierta aislante o macarrón de material plástico.

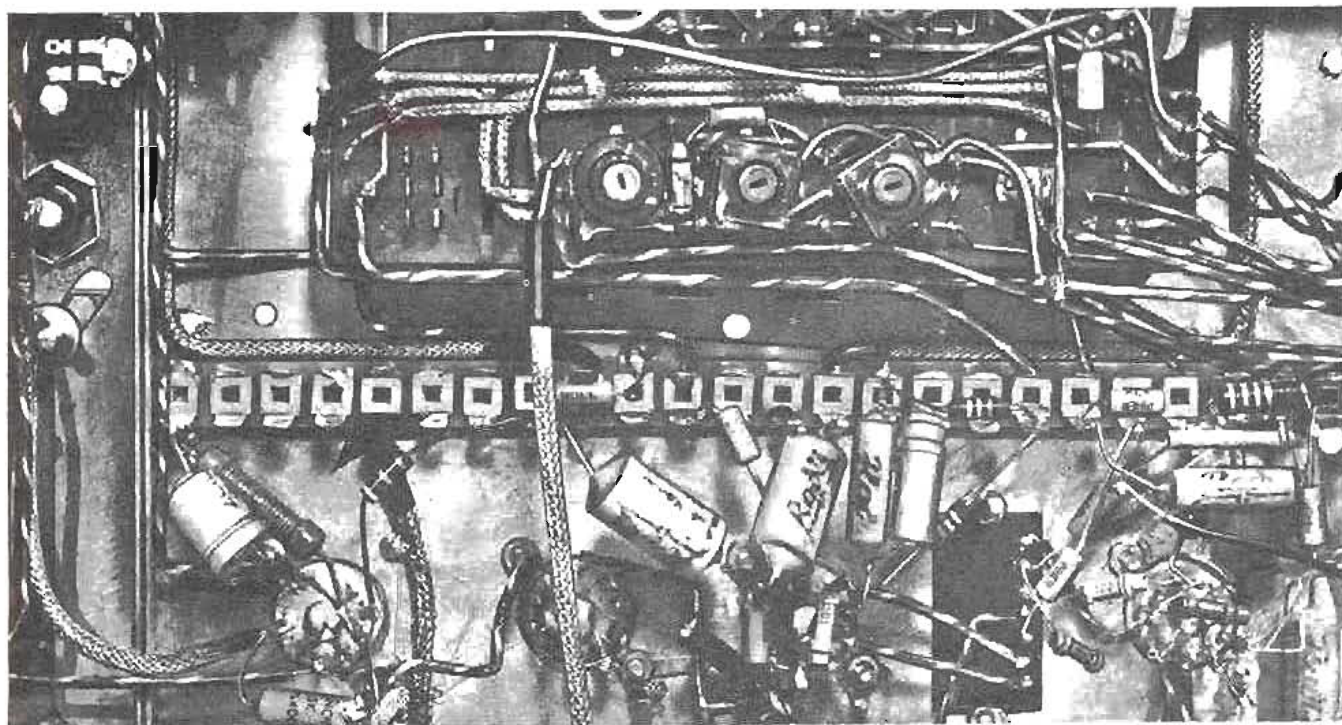
está formado por varios hilos entrelazados. Un hilo y un cable se distinguen al tacto por la mayor rigidez del primero.

Hilos y cables se recubren con un forro aislante de algodón parafinado, seda o, actualmente, plástico. Puede decirse que, salvo para casos especialísimos, los hilos y cables de conexión llevan cubierta de plástico; han desaparecido las antiguas cubiertas textiles.

Se fabrican cubiertas de distintos colores para facilitar la distinción de aquellas partes de un circuito con función propia. Así, por ejemplo, suele emplearse hilo encarnado para las conexiones de alta tensión.

Para determinadas conexiones se emplea hilo de cobre sin forro, hilo que acostumbra tener un diámetro superior al que corresponde a las conexiones normales.

Las cubiertas aislantes se venden independientemente del hilo; son de gran utilidad para aislar terminales que puedan tener demasiada longitud y que normalmente carecen de forro aislante. Estos tubos o macarrones aislantes se fabrican de distintos diámetros y materiales. Hasta la aparición de los plásticos se empleaba con preferencia el tubo *aceitado*, antiguo sistema que sigue vigente y que consiste en un tejido de algodón impregnado de barniz.



Los componentes de un circuito quedan relacionados con hilos y cables de conexión.

## CABLE BLINDADO

Algunas conexiones deben protegerse contra posibles influencias electromagnéticas o inducciones parásitas capaces de motivar silbidos, zumbidos y otras desagradables perturbaciones en la perfecta audición. Esta protección se consigue por medio de un blindaje, que consiste en una cubierta metálica que recubre el hilo o cable de conexión. La sobrecubierta metálica o blindaje permite la soldadura a la masa del chasis en varios puntos para asegurar su acción de protección de los campos electrostático y magnético.

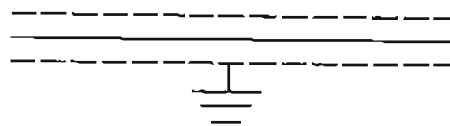
## TERMINALES O TOMAS DE MASA

Una de las cosas que aprenderá es que, en radio, deben efectuarse distintas soldaduras sobre la masa del chasis. Si practicamos directamente estas soldaduras sobre la chapa metálica de que está formado nos encontraremos con no pequeños inconvenientes. Por citar uno diremos que necesitaremos un soldador de potencia bastante superior a la requerida por los montajes normales, puesto que habrá de ser capaz de calentar la masa del chasis para que el estaño fundido pueda adherirse a él.

Este inconveniente se ha suprimido con el empleo de unas pequeñas piezas metálicas, cuya forma es la de una arandela con brazos salientes, que se unen al chasis mediante un tornillo introducido por el taladro. De esta forma el terminal queda dispuesto para recibir la soldadura.

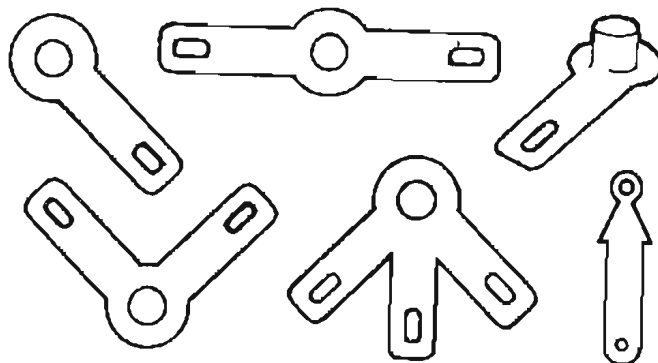
Estas piezas se conocen como tomas de masa o simplemente como terminales. El primer nom-

## SIMBOLO



Conductor    Aislante    Blindaje de malla metálica de cobre

Observe la apariencia externa y la composición del cable blindado.



Pequeño muestrario de terminales.

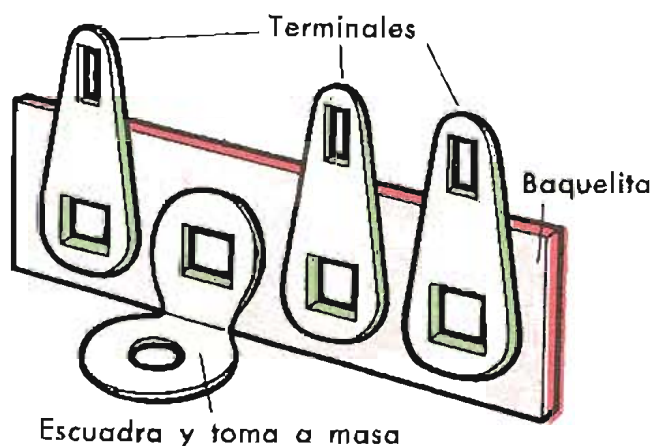
bre responde a su función específica de facilitar las conexiones a la masa del chasis. El segundo, a la utilidad de las partes terminales de la pieza donde puede decirse que terminan las conexiones que se dirigen a la masa. Según las necesidades del circuito en el punto donde interesa la conexión a masa, se construyen tomas con uno, dos o tres terminales.

## PUENTES DE CONEXION O REGLETAS

Una de las cosas que más facilita el cableado de un circuito electrónico son las regletas o puentes de conexión. Consisten en una tirita de cartón baquelizado a la que se han acoplado varios terminales. Uno de ellos, o más, se dispone en forma de escuadra para fijar la regleta y para aprovecharla como conexión a masa si se presenta tal necesidad.

Las regletas permiten que los cableados sean mucho más limpios y rígidos, relacionando o aislando distintos circuitos. A veces permiten también establecer conexiones más cortas, circunstancia que reduce en gran porcentaje la posibilidad de avería.

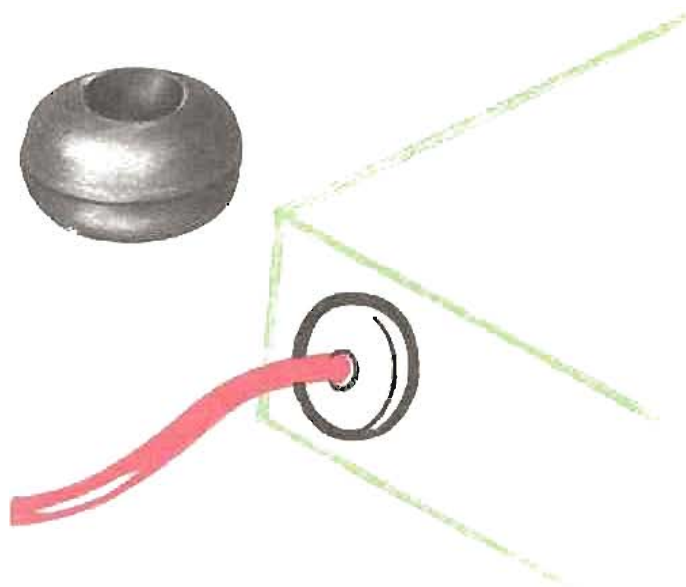
Existen muchísimos tipos de regletas, que se ajustan a las distintas necesidades de un montaje. Su variedad está tanto en su longitud como en la disposición y forma de los terminales a ellas acoplados.



Este es un modelo de regleta muy usado en los montajes de radio.

## PLAQUITAS DE ENTRADA

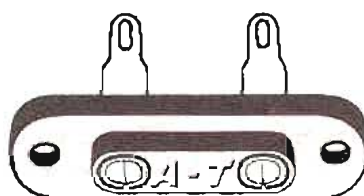
Se trata, simplemente, de unas inocentes piezas de goma cuya misión es la de proteger contra la rozadura las conexiones que salen al exterior a través del chasis. Así, por ejemplo, la toma de corriente, que partiendo del enchufe se dirige al circuito del aparato, debe atravesar el chasis pasando por un taladro. El roce entre la conexión y el chasis podría motivar un desgaste de la envoltura aislante del cable, con el consiguiente peligro de chispazo y de una seria avería del aparato. Para evitar esta posibilidad se adapta la goma al taladro del chasis, quedando así el cable protegido contra los roces.



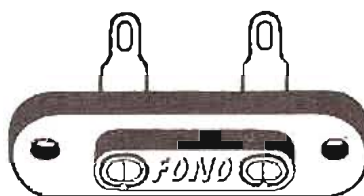
Goma protectora y su disposición en el chasis.

## GOMAS DE ENTRADA

En la cara posterior de los chasis de radio se acostumbra ver unas plaquitas de baquelita con dos o más tomas de corriente. Seguro que usted ha visto una de estas placas. Por lo menos una que lleva dos letras (una en cada toma) iniciales: A y T. Es la placa de antena-tierra, donde se enchufan dos tomas; la que viene de la antena y la que viene del tierra. También es corriente la existencia de la plaquita para el fono, que se designa por las letras P-U (*pick-up*) o por la palabra *fono*. A ella van las conexiones que, partiendo de un tocadiscos, se dirigen al aparato para aprovechar su amplificador.



Placa de antena - tierra



Placa fono

## BANANAS Y HEMBRILLAS

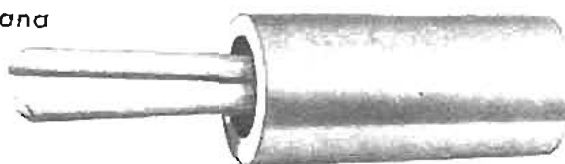
Las conexiones no soldadas, y sobre todo aquellas que requieren una desconexión fácil, se consiguen por medio de unas pequeñas piezas llamadas bananas, compuestas de un terminal capaz de introducirse en el contacto de una plaquita de entrada, por ejemplo, o en el de una hembrilla, y de un cuerpo aislante que permite su manejo.

Una hembrilla es una pieza en forma de taladro con cuerpo aislante que permite una conexión de quita y pon. La hembrilla, por decirlo así, es la base de enchufe que corresponde a una banana. Las hembrillas empleadas en radio permiten el total aislamiento entre la conexión y el chasis. Llevan un terminal donde poder soldar la conducción correspondiente.



Hembrilla

Banana



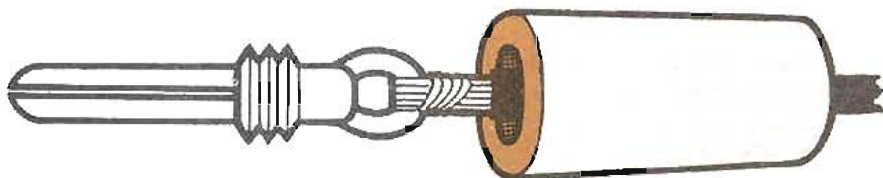
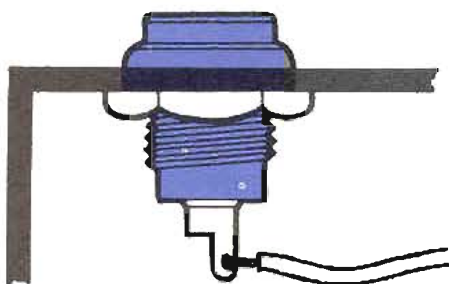
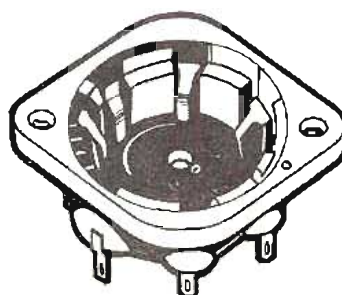


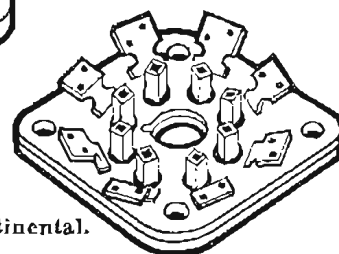
Gráfico demostrativo de la colocación de una hembrilla sobre un chasis y de la conexión de un conductor al contacto de una banana. El dibujo presenta los elementos a tamaño mayor que el real.

## ZOCALOS PARA VALVULAS

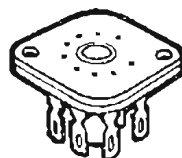
Que los aparatos de radio funcionan con lámparas (llamadas válvulas) es algo que sabe el más lego en la materia; y que estas válvulas (o lámparas) deben sostenerse de algún modo, no merece la pena de ser dicho. Los portalámparas o zócalos para válvulas electrónicas tienen formas especiales que se ajustan a las distintas series, pues, como estudiará más adelante, existen distintas series de válvulas electrónicas (algunas de ellas ya en desuso), cada una de las cuales requiere su zócalo especial. Así, es muy distinto un zócalo para lámparas de la serie Rimlock que un zócalo para lámparas de la serie Noval. Aquí nos limitamos a mostrarle un zócalo de cada serie (la Noval es la serie más moderna) para que, en su día, conozca las características exactas de las válvulas.



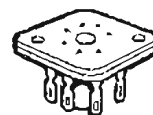
Zócalo para válvula Continental.



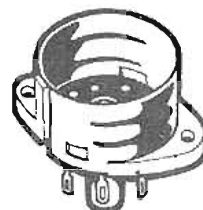
Zócalo para válvula Octal.



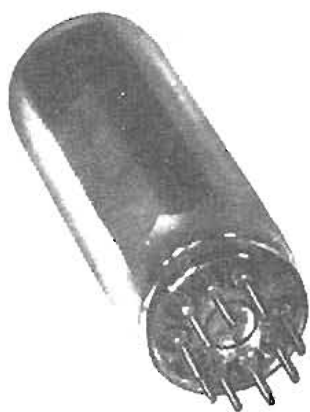
Zócalo para válvula Noval.



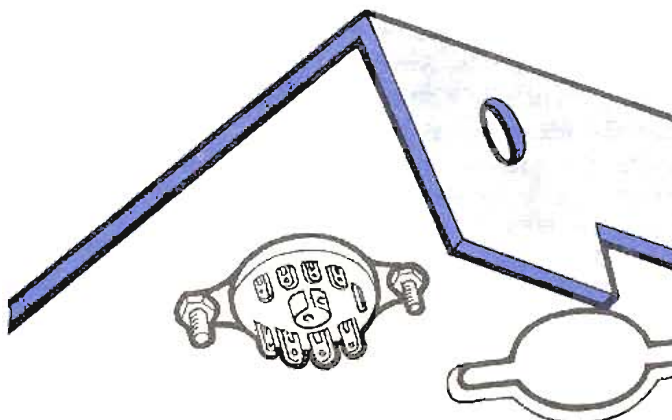
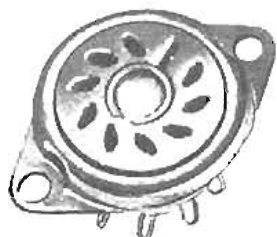
Zócalo miniatura.



Zócalo para válvula Rimlock.



Los contactos de la válvula encajan perfectamente con los taladros del zócalo. En su cara inferior encontramos los terminales para las conexiones que deben relacionarse con cada uno de los contactos de la válvula.



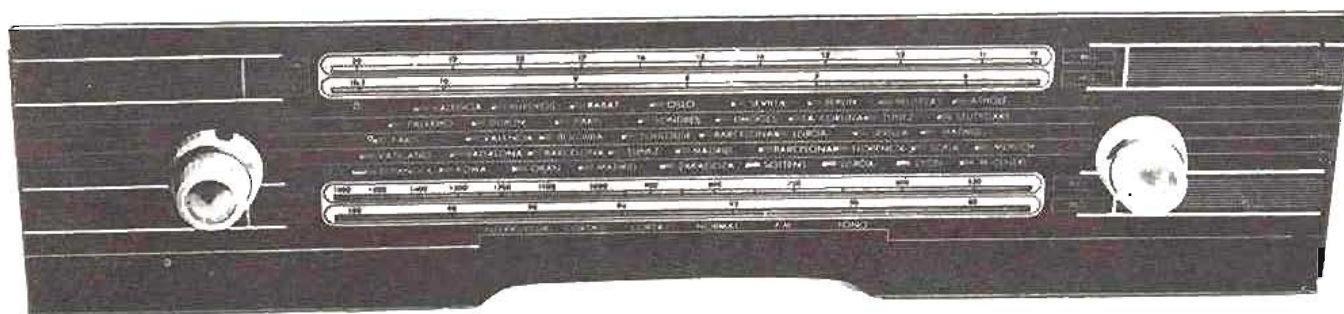
Vista inferior de un chasis, con un zócalo colocado y el taladro apropiado para tal pieza.

## CUADRANTE O DIAL

Llamamos cuadrante o dial al panel de vidrio u otro material donde se han dispuesto los nombres de las distintas emisoras y correspondientes frecuencias a captar por el aparato. Este tablero está recorrido por una aguja que avanza de acuerdo con el giro del sintonizador.

Los diales de cristal acostumbran estar ilu-

minados por medio de pequeñas lámparas (llamadas precisamente lamparitas dial) colocadas detrás del mismo. El tamaño, calidad y lujo del dial depende del valor del aparato. Actualmente se sigue la tendencia actual de aprovechar este elemento de control para aumentar el valor decorativo del aparato.



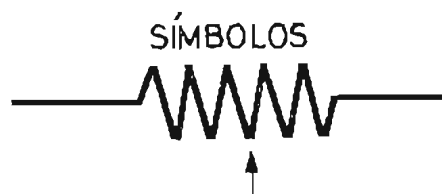
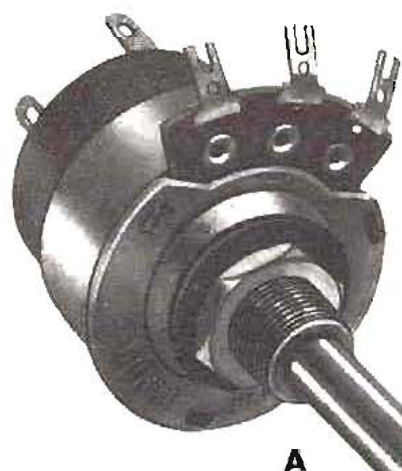
Dial de un moderno radiorreceptor

## POTENCIOMETROS

Un potenciómetro es un componente cuya misión específica consiste en seleccionar parte de una d.d.p. La cosa en sí, es simple: el potenciómetro regula la d.d.p. que debe afectar la parte del circuito que le sigue.

En un aparato de radio encontramos un potenciómetro allí donde existe el botón de mando que controla el volumen, y otro en el control de tono.

Todos los potenciómetros se parecen en cuanto a la forma; pero de buenas a primeras puede aprender a distinguir entre potenciómetros con interruptor y potenciómetros sin interruptor. Los primeros demuestran con absoluta claridad que están formados por dos cuerpos distintos. El anterior o más cercano al eje corresponde al potenciómetro propiamente dicho. Sus terminales salen por la parte superior. El cuerpo posterior corresponde al interruptor.



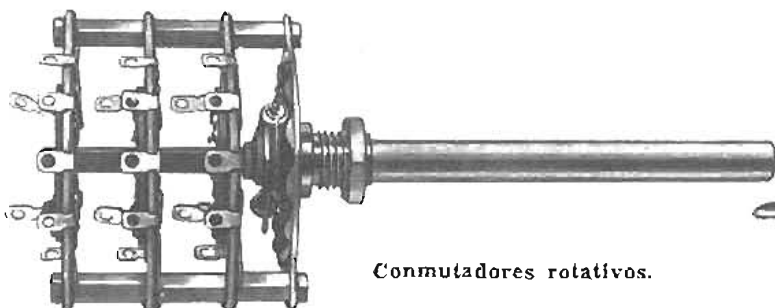
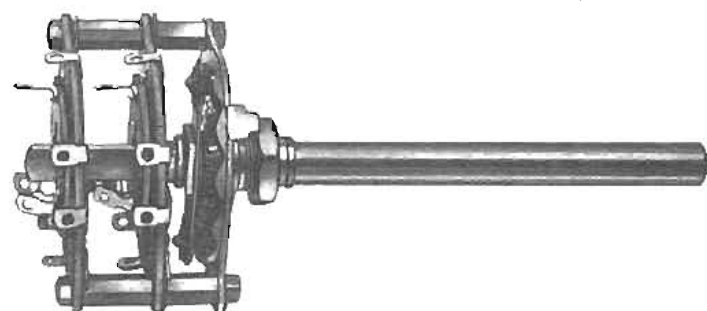
- A. Potenciómetro con interruptor.
- B. Potenciómetro sin interruptor.

## CONMUTADORES DE ONDAS

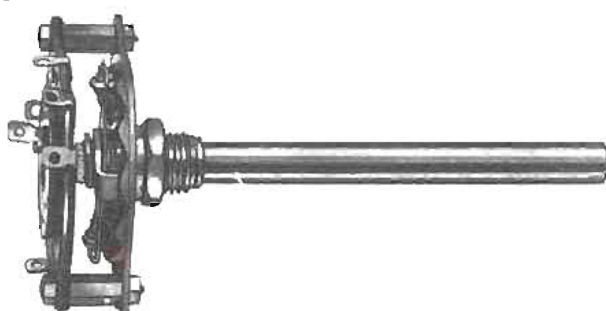
Todos sabemos con cuánta facilidad podemos adaptar nuestro aparato de radio para sintonizar una emisora de onda normal o para sintonizar una emisora de onda corta o de frecuencia modulada. Basta con dar vuelta a un botón para que se establezca el cambio de onda. Este botón acciona el eje de un conmutador, mecanismo que re-

laciona uno o más juegos de contactos fijos con otros móviles. Según la posición relativa entre ambos actúa uno u otro circuito.

Para determinados circuitos (transistores, por ejemplo) resulta muy ventajoso emplear los llamados conmutadores de regleta, que funcionan por un sistema de corredera.



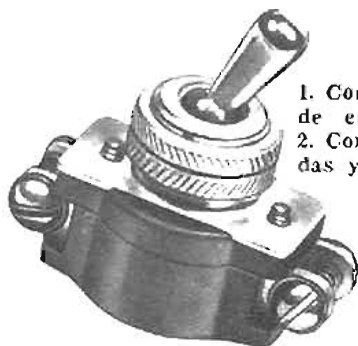
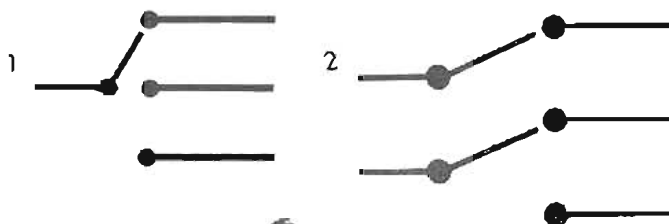
Conmutadores rotativos.



Conmutador de regleta.

### SIMBOLOS

En los símbolos para conmutadores se representan las entradas de los circuitos y las distintas posiciones de salida.



1. Conmutador con un circuito de entrada y tres posiciones.
2. Conmutador con dos entradas y dos posiciones.

Modelo y símbolo de un conmutador de dos direcciones.

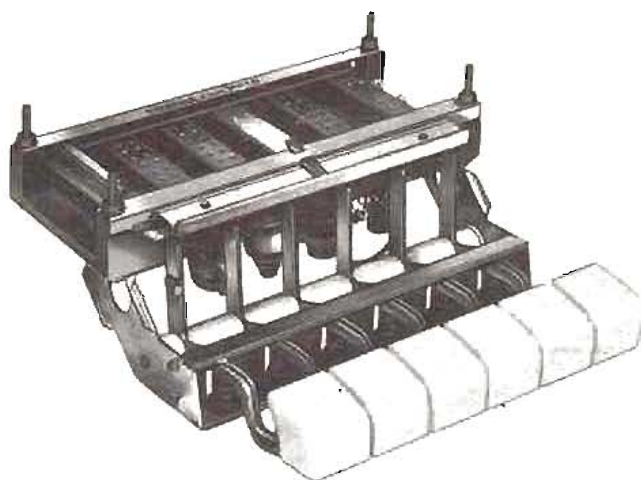
## CONMUTADORES DE PULSADOR Y TECLADO

Los aparatos modernos, de cierta categoría, presentan la modalidad de los conmutadores de pulsador o de teclado que reemplazan la llave conmutadora. Quizás su éxito responda más al factor estética que al factor práctico o técnico. Con los conmutadores de botonera basta apretar un pulsador o tecla para obtener el cambio de onda deseado. En algunas botoneras se incorporan dos nuevas teclas que reemplazan el botón del control de tono. Una de estas teclas permite elegir un tono más agudo, mientras que al pulsar la otra obtenemos calidades más graves. Ello permite que los aparatos presenten una cara frontal con sólo dos botones de mando: el de sintonía y el de volumen.

Es frecuente que algunos receptores dispongan de un mando doble para volumen y tono, con lo cual, con la misma apariencia, suprimimos parte del teclado.



Conmutador de pulsadores.



Conmutador de teclado.

## ALTAVOCES Y AURICULARES

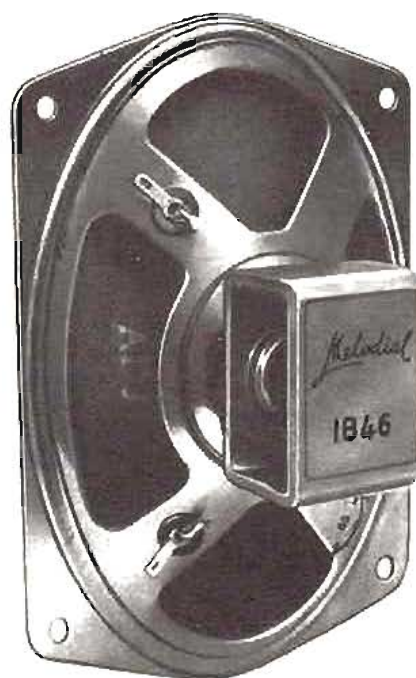
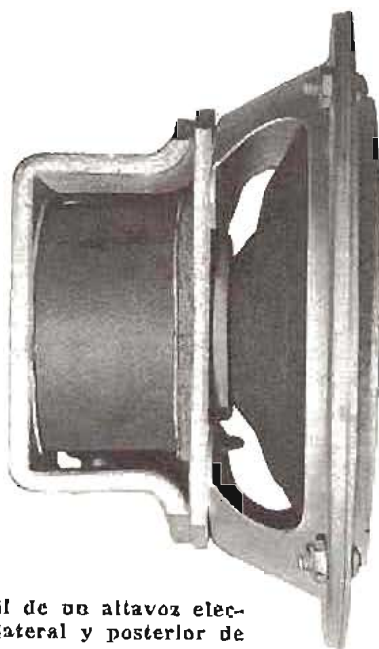
Son los elementos cuya finalidad directa es permitir la audición. Sin circuito (con toda la complejidad de elementos que supone) no hay posibilidad de audición. Nada de cuanto compone un aparato de radio puede considerarse despreciable; pero es quizás el altavoz lo que, por significar el último paso hacia la obtención del sonido inteligible, parece más insustituible.

La forma de un altavoz es sobradamente conocida para que entremos en su descripción. Y sobre su descripción técnica, sobre sus compo-

nentes y razón de su funcionamiento, hablaremos cuando llegue el momento oportuno.

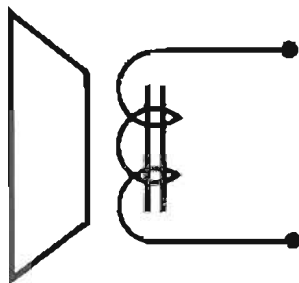
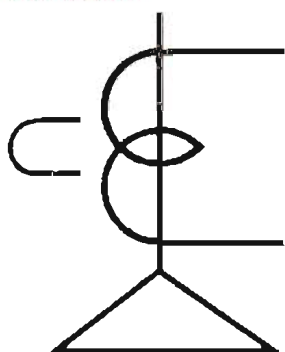
Sepa, eso sí, que existen distintos tipos de altavoces: electromagnéticos y electrodinámicos son los dos tipos más característicos.

Un auricular (lo veremos en la próxima lección) es un aparato reproductor del sonido que da una potencia muy reducida. Por ello debe aplicarse a la oreja para poder escuchar los sonos que reproduce. También la forma de un auricular es harto familiar para que nos entretengamos en una descripción detallada.

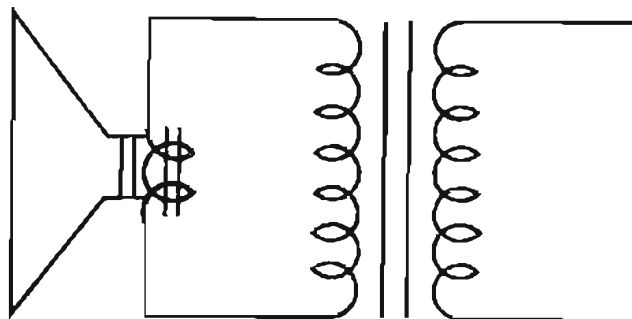


Vista posterior y medio perfil de un altavoz electromagnético normal. Vista lateral y posterior de un altavoz elíptico.

## SIMBOLOS



Altavoz electrodinámico.

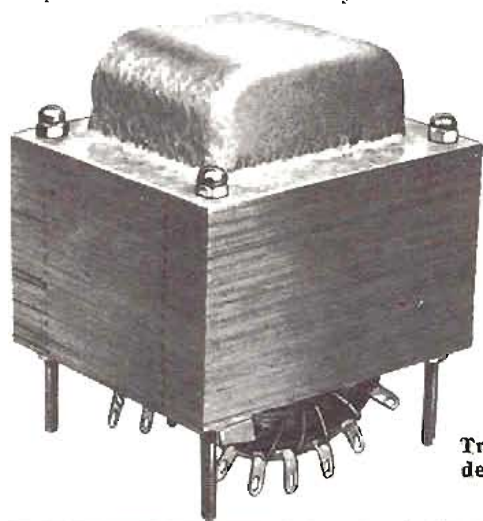


Símbolos para altavoces magnéticos.

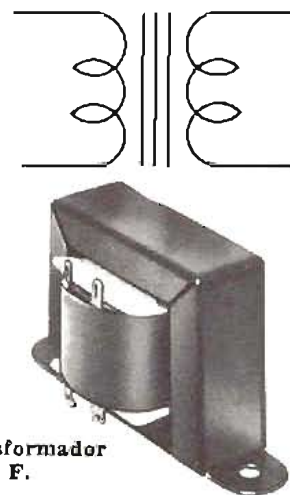
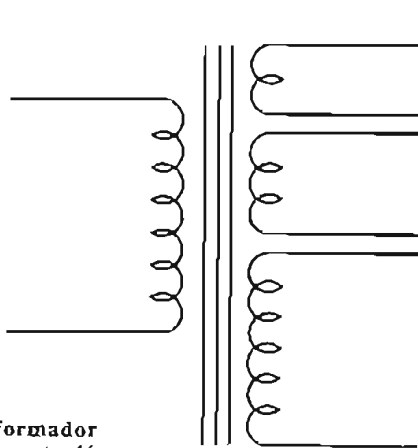
## TRANSFORMADORES

Las corrientes eléctricas que normalmente alimentan las instalaciones domésticas son alternas de 125 ó 220 voltios o —cada vez más escasas— continuas de 150 voltios. Estas corrientes son las que alimentan nuestros aparatos receptores, cuyos circuitos requieren tensiones varias y distintas a las que podemos obtener de un enchufe. Un aparato de radio, pues, necesita de unos elementos especiales que tomen las tensiones de que se dispone en una vivienda y las transformen a los

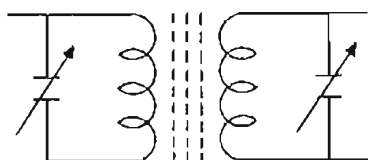
voltajes requeridos por cada una de las partes del circuito. Es la misión del transformador en los receptores para corriente alterna. Recuerde lo que hemos dicho al empezar: que no se trataba de un capítulo para estudiar las características técnicas de estos materiales. Se trata de obtener un conocimiento superficial que nos permita afirmar que aquello es un transformador sin que nadie pueda reírse de nosotros al ver que estamos señalando un condensador electrolítico.



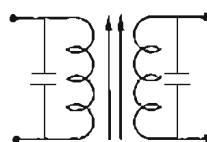
Transformador de alimentación.



Transformador de B. F.



Transformador de frecuencia intermedia con núcleo de hierro.



Transformador de R.F. con núcleo deslizable.



## INTERPRETACION DE ESQUEMAS

Vamos a hablar de una cuestión fundamental en la práctica de la radio. Se trata de saber interpretar un esquema para conseguir de él el montaje real de lo que representa.

Cuando se conocen los símbolos empleados en radio (nosotros conocemos ya una buena serie), es fácil intuir, por lo menos, cuál es la marcha de la corriente en el circuito y cuáles son los elementos electrónicos a que afectará dicha corriente a lo largo de su recorrido. Por medio del esquema, sabemos por dónde entra la corriente, cuándo atraviesa esta corriente una inductancia, cuándo un condensador o una resistencia, así como el valor de las mismas, puesto que es un dato que da directamente el dibujo. Pero lo que no resulta tan fácil es idear la forma real que puede tener el aparato, una vez construido. El esquema nos dice los elementos que intervienen en un circuito y la relación que existe entre ellos; pero no nos dice la forma constructiva del aparato.

Los elementos electrónicos de un circuito requieren un soporte, lo que llamamos un chasis; como es natural, este chasis debe proyectarse para que facilite la construcción hasta lo máximo.

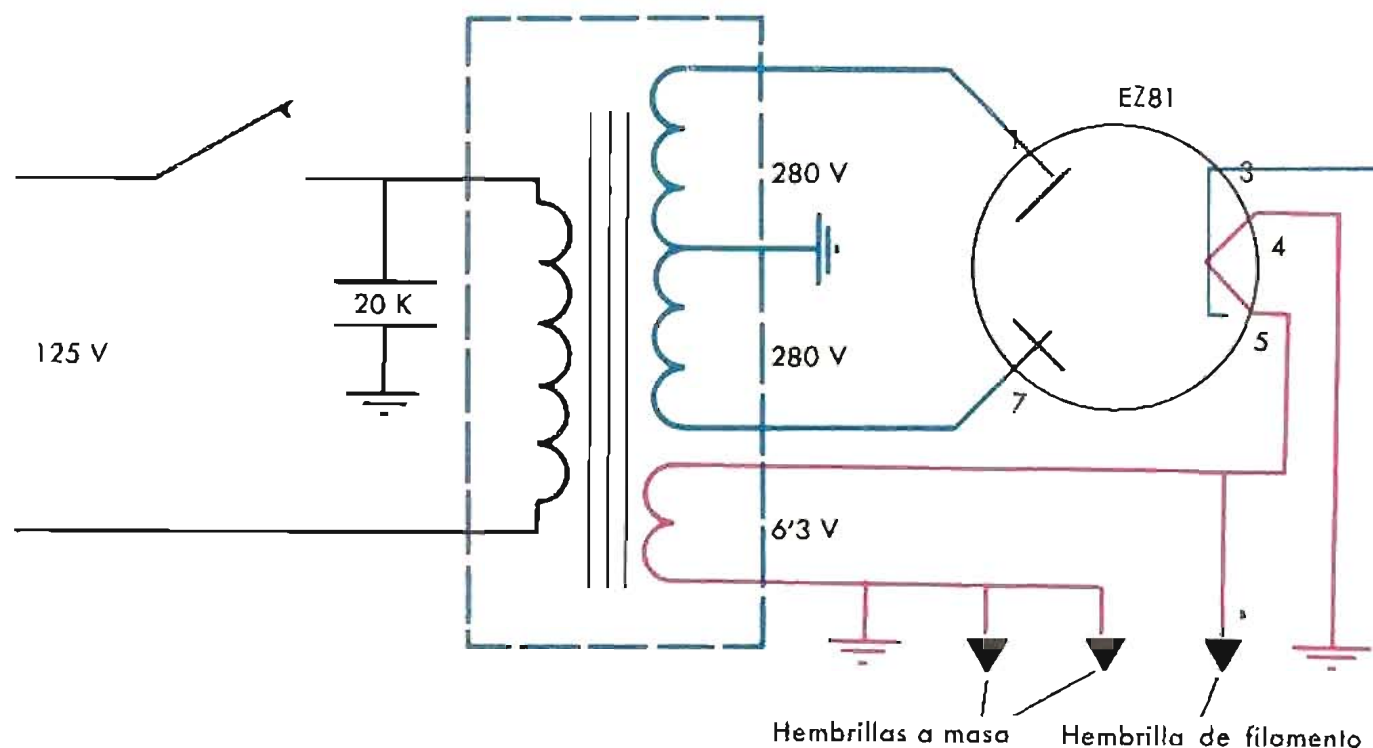
Supongamos, empero, que el chasis ya nos llega hecho, que es lo que sucede la mayoría de las ve-

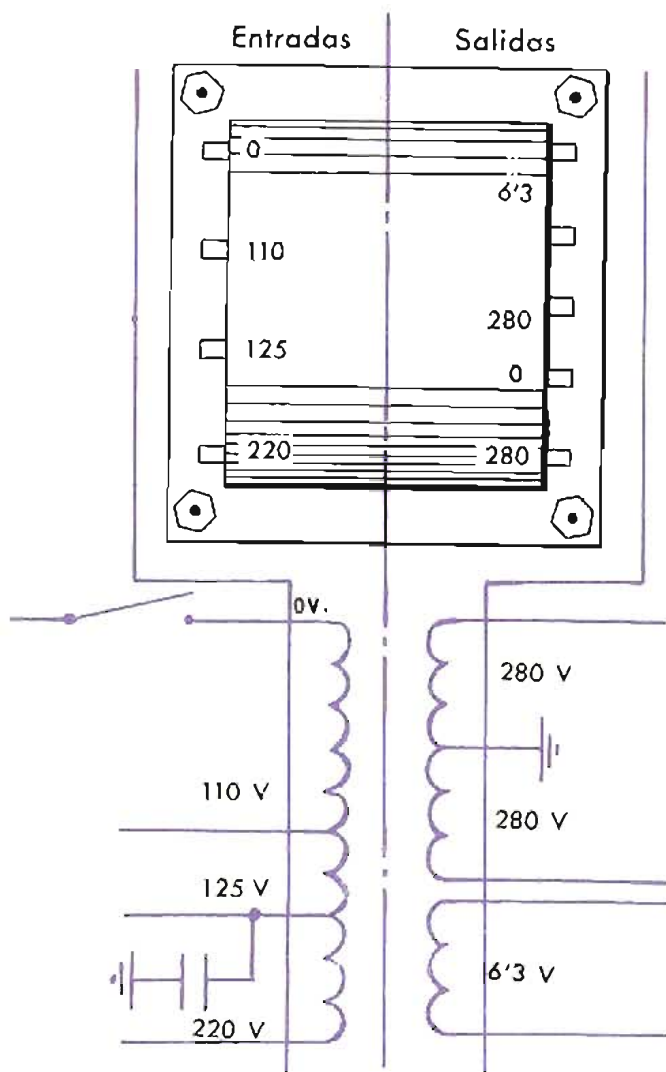
ces. Entonces se nos presenta el problema de saber cómo y dónde deben colocarse los distintos componentes del circuito. Son problema de índole estrictamente práctica, cuya solución acaba por ser un problema de simple intuición. En general, bastan unos pocos montajes que nos obliguen a meditar para ponernos al corriente sobre la cuestión.

Hemos tenido especial interés en mostrarle la forma real de algunos componentes de radio, para que ante un chasis cualquiera pueda deducir si aquel taladro que considera está destinado a alojar un transformador, o un zócalo de válvula, por ejemplo.

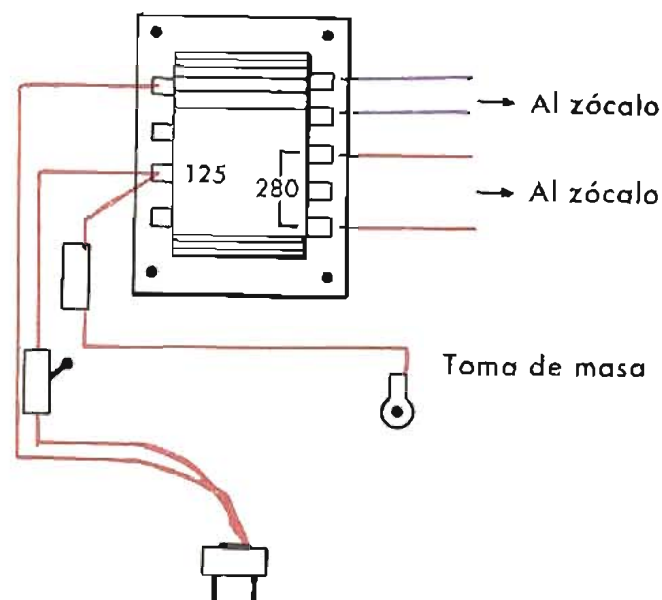
Analicemos un pequeño ejemplo para tener una idea más cabal de las reflexiones que normalmente debe hacerse el radiotécnico cuando se propone montar un circuito, del cual tiene el esquema y el chasis que le corresponde. El esquema cuyo montaje vamos a seguir es el que centra la página. No se trata de un esquema completo, sino tan sólo de un fragmento del esquema de una fuente de alimentación para aparatos destinados a funcionar con corriente alterna.

La parte central del esquema está ocupada por un transformador. Usted, es seguro, ya se ha dado





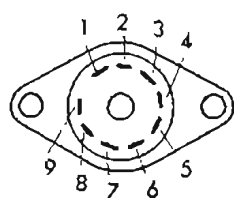
cuenta. Es un transformador de alimentación, con entrada de corriente alterna de 125 V (parte izquierda), a cuya salida obtenemos un voltaje de 280 V alterna (bobina superior derecha) y otro voltaje de 6.3 V alterna (bobina inferior derecha). Observe cómo el esquema consta de tres partes bien definidas: la parte que corresponde al circuito que lleva la corriente al transformador, con un interruptor y un condensador conexionado a



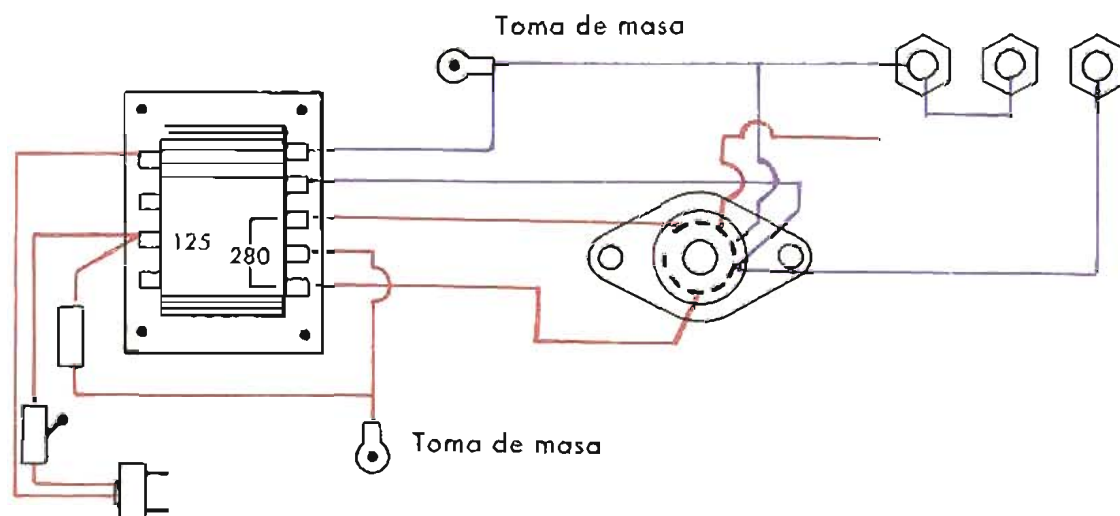
masa de cuya utilidad, por el momento, no debe preocuparse. La segunda parte del circuito es la que lleva corriente de alta tensión (280 V); y la tercera, la que lleva corriente de baja tensión (6.3 V).

En el transformador real encontramos distintos terminales de entrada y distintos de salida, al lado de los cuales aparece la indicación de los voltajes de entrada que admiten y de los voltajes que proporcionarán a su salida. Observe en el esquema práctico (gráfico superior derecha) cómo la entrada de corriente se establece entre el terminal 0 y el terminal 125. Asimismo, las salidas tienen dos conexiones: la de los 6.3 V y la de alta tensión.

Al pie de esta página aparece el esquema práctico completo del fragmento de esquema cuyo montaje nos proponemos seguir. Relacione este esquema con el teórico de la página anterior. Son exactamente el mismo circuito. Puede comprobar cómo las tomas a masa (son las conexiones que deben hacer contacto con el chasis) se han indicado con dos terminales.



Zócalo Noval visto por su cara inferior. La numeración sigue el sentido de las agujas del reloj.



## EL MONTAJE

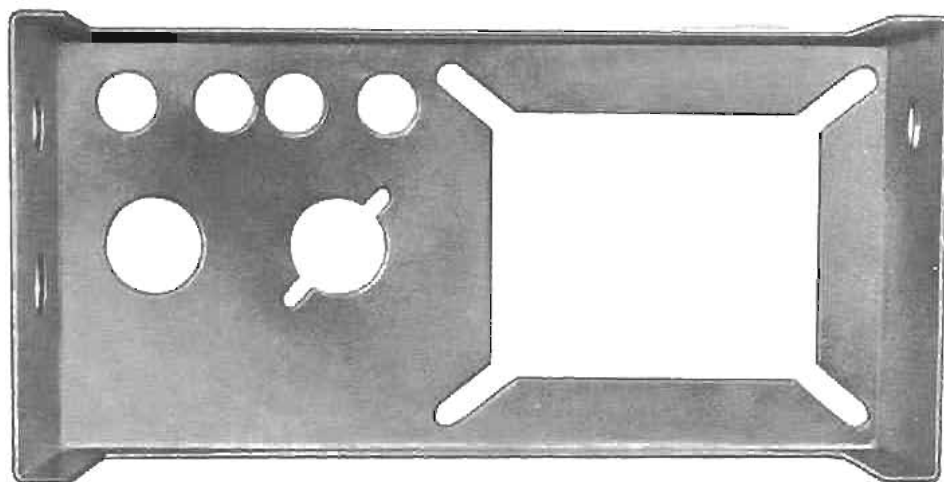
Veamos ahora la solución práctica que se ha dado a este esquema parcial. Vamos a seguir en forma gráfica las distintas fases del montaje, realizado sobre un chasis especialmente proyectado para sostener los elementos del circuito que acabamos de analizar.

Lo primero que le llamará la atención es ver cómo la disposición de los elementos y la dirección que siguen los distintos conductores difieren bastante, no ya del esquema teórico, sino incluso de lo que deja prever el esquema práctico. No olvide nunca que un mismo esquema admite distintas soluciones prácticas. Lo único que debe permanecer inalterable es la relación eléctrica entre los distintos componentes. Eso es lo único que debe

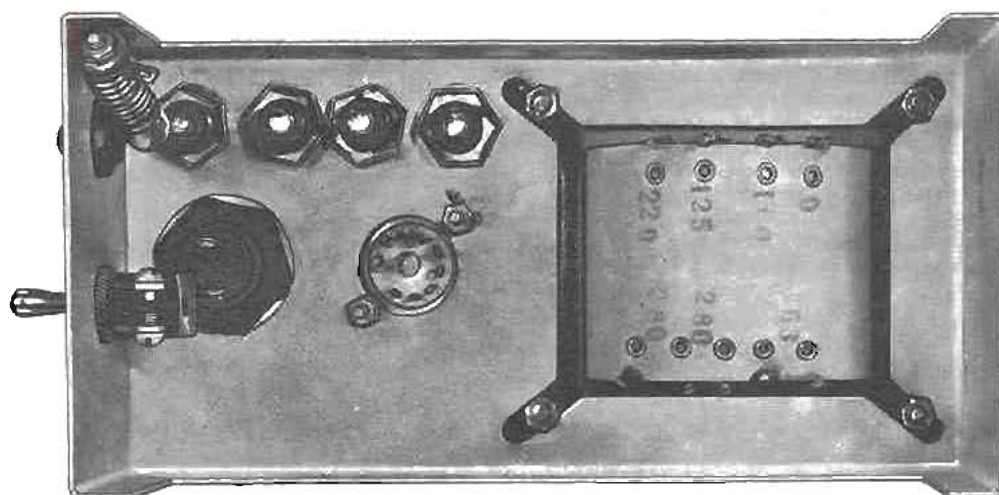
seguirse al pie de la letra, o mejor dicho: al pie del esquema.

Otra advertencia: lo único que ahora interesa es que compare los gráficos pertenecientes al montaje con los esquemas teórico y práctico, para comprender que las conexiones realizadas son exactamente las prescritas en ellos. No intente pensar ni menos adivinar, para qué sirve cada uno de los elementos que forman parte del circuito. Esa es una cuestión técnica para la cual aún no está capacitado.

Lo que le pedimos es un esfuerzo; un poner a punto su intuición e inteligencia para identificar en los esquemas cada una de las conexiones que aparecen a través del montaje. Vamos allá:

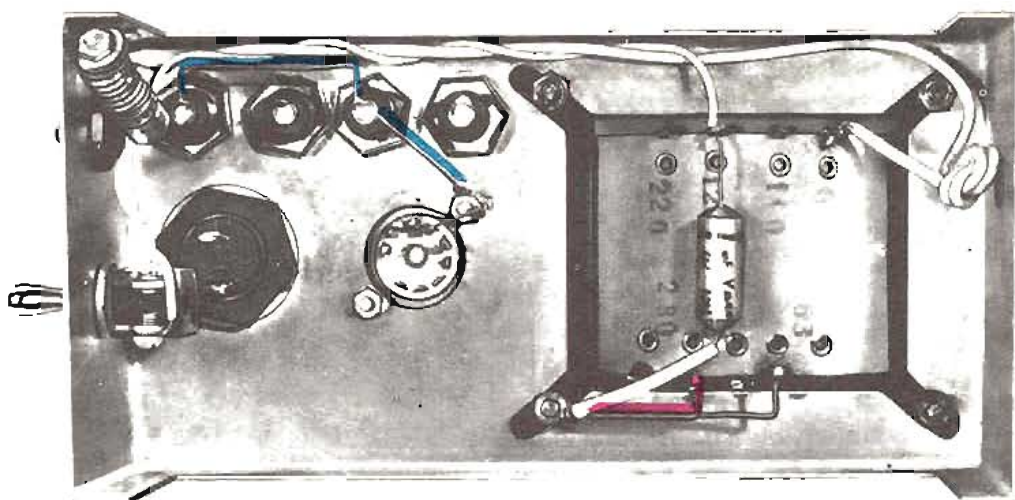


Los chasis se construyen pensando en el circuito que deberán contener. Todos los taladros se troquelan según formas estandarizadas, ajustadas a las dimensiones y forma de los componentes mecánicos del circuito.

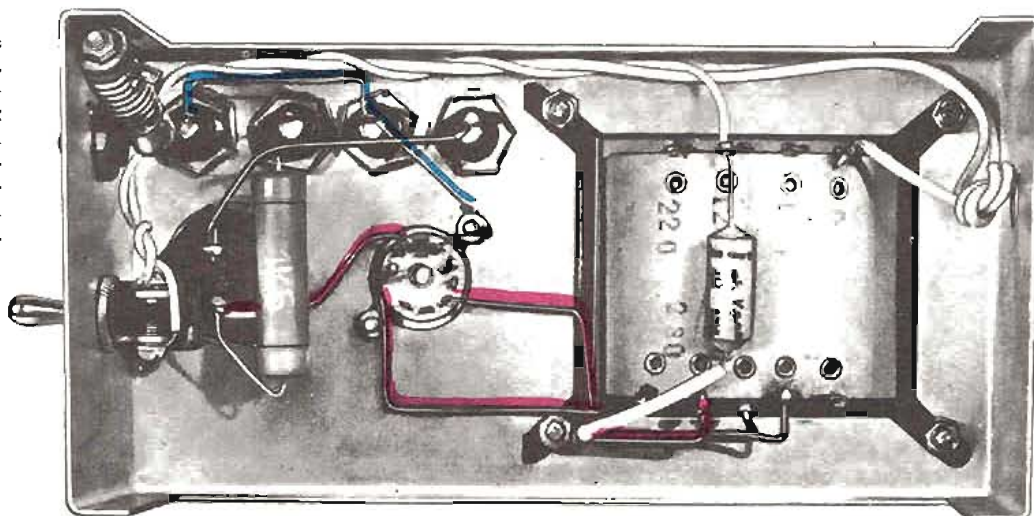


La primera operación consiste en colocar los componentes mecánicos en el lugar del chasis que les corresponda. Tales emplazamientos se localizan en seguida. Basta haber practicado unos pocos montajes.

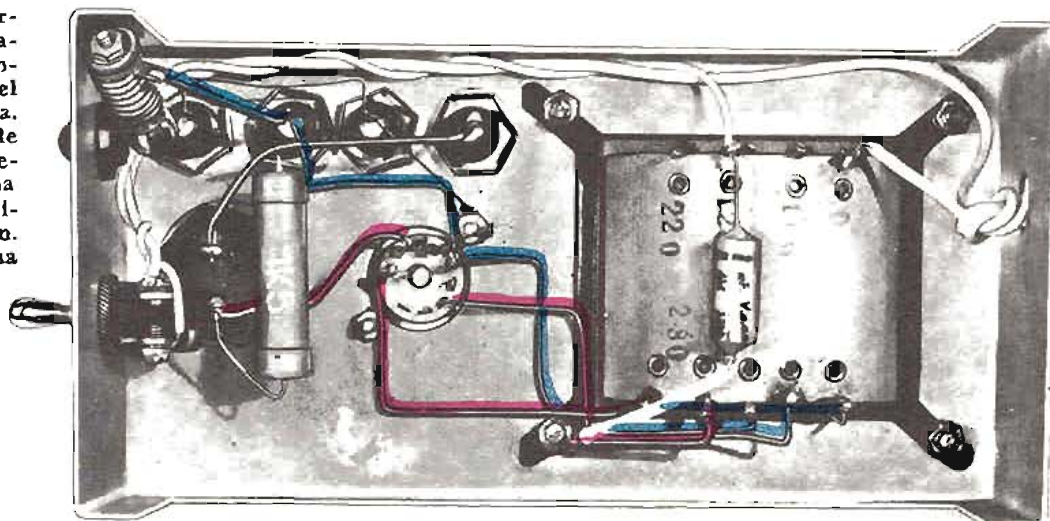
Montaje de la parte del esquema que corresponde a la entrada de corriente: enchufe, interruptor, conexiones a las entradas del transformador y condensador a masa. Observe que este montaje se efectúa para corriente de 125 V.

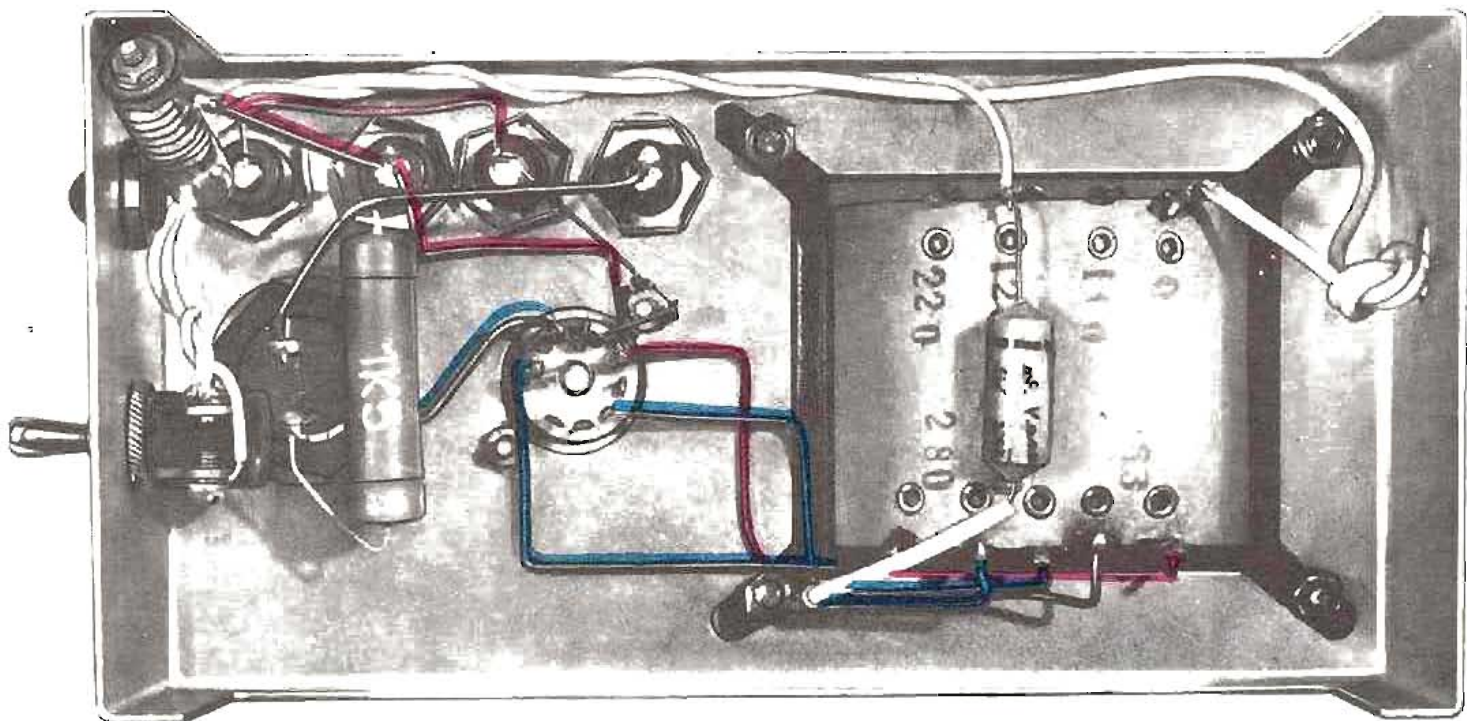


Signe el montaje con el alambrado del circuito que lleva las corrientes de alta tensión salidas del transformador. Fijese en un detalle: las tomas de masa se han practicado aprovechando elementos que están en contacto directo con el chasis. Con ello eliminamos terminales.

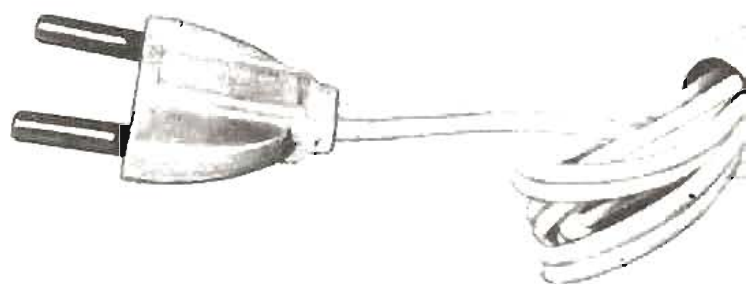


Cableado de la parte del circuito que arranca de la salida de baja tensión. También aquí se ha suprimido el terminal de la toma de masa. La realización práctica de los circuitos de radio requiere por parte del técnico una visión certera de las posibilidades de simplificación. Para estas cosas, hay una gran maestra: la práctica.





Aquí se aprecia el cableado completo de la parte de esquema que hemos estudiado. Recuerde que los hilos rojos corresponden al circuito de alta tensión y que los hilos azules llevan las corrientes de baja tensión



Es de suponer que los dos colores que distinguen el circuito de baja y alta tensión le habrán servido para seguir fácilmente el montaje. Repetimos que nuestra pretensión no ha sido enseñarle cómo debe montarse este circuito, sino tan sólo forzarle a interpretar lo que significa un esquema de un conjunto electrónico.

En el montaje aparece un elemento que en el esquema se ha desestimado por no formar parte del circuito electrónico propiamente dicho: la lámpara *piloto*, que en la fotografía aparece en el ángulo superior izquierdo. Su misión consiste en advertir que el aparato está en marcha; cuando es así, la lámpara piloto se enciende.

## Construcción de un micrófono e instalación de un teléfono

Después de haber estudiado el telégrafo y el teléfono como antesala de la radio, es natural que desee comprobar la efectividad de tales instalaciones. Ciertamente que todos sabemos que el telégrafo y el teléfono son dos realidades de enorme influencia en la vida social; pero también es cierto que, muchas veces, la presencia continuada de las cosas nos hace olvidar su importancia y perder la curiosidad por saber cómo son.

Sabemos cómo es un teléfono; hemos estudiado el micrófono y el auricular, con lo cual ha desaparecido el misterio de la transmisión de la voz a distancia a través de un hilo conductor.

Sin embargo, para el estudiante que aún su interés científico con el interés por la aplicación directa de los fenómenos estudiados, parece que no basta la garantía de una explicación teórica. Y ello no es por desconfianza. Uno está en su interior convencido de que el profesor, cuando explica el comportamiento de los elementos que constituyen un aparato, dice la verdad escueta. Pero ¿por qué será que en nuestro fuero interno, parece que surge la voz de la duda...? ¿Será posible?, parece que nos dice esta voz... Si yo intentase poner en práctica esto que teóricamente resulta tan simple, ¿conseguiría el resultado que teóricamente puedo esperar...?

Estas reacciones las hemos experimentado todos los que nos hemos decidido por una profesión técnica. Le diré por qué: porque la técnica es el resultado inmediato de la ciencia y sólo pode-

mos hablar de ciencia cuando obtenemos un conocimiento perfectamente fundado de las cosas; es decir: cuando las cosas pueden demostrarse o cuando su naturaleza permite un conocimiento directo de las mismas. Que la corriente eléctrica puede transformarse en calor, por ejemplo, es un conocimiento científico que la técnica ha aprovechado ampliamente. También la variación de la resistencia de un circuito cuando la corriente se hace pasar a través de una barrera de granalla de carbón sometida a presión variable, es un hecho que puede demostrarse perfectamente; luego, es un conocimiento científico... que la técnica ha aprovechado, entre otras cosas, para conseguir llevar la palabra a través de una línea conductora.

La efectividad de un micrófono es la mejor demostración de la verdad científica enunciada; y la mejor manera de convencernos de ella —demostrándonos además que, muchas veces, las cosas para solucionar grandes problemas no requieren una complicación proporcionada a la grandeza de su cometido— será ésta: construirnos un micrófono. Si con elementos caseros somos capaces de obtener un micrófono que funcione (perdonándole, claro, las deficiencias previsibles), comprenderemos fácilmente que con amplios recursos técnicos puedan obtenerse los micrófonos de extremada sensibilidad a que actualmente estamos acostumbrados.

Pongamos manos a la obra.

## MATERIAL NECESARIO

Muy poca cosa:

Una pequeña cantidad de cartón cuyo grueso sea aproximadamente de un milímetro. Lo encontrará con toda facilidad en el mercado. Procure, eso sí, que sea de buena calidad para asegurar la duración del instrumento.



Unos pocos centímetros cuadrados de papel de estaño muy fino. El que envuelve las tabletas de chocolate sirve perfectamente a nuestros fines.



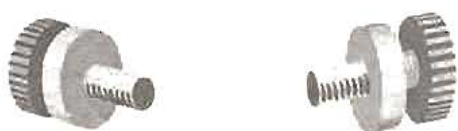
Granalla de carbón, que obtendrá machacando un electrodo de pila descargada. Es muy importante que obtenga granalla; no polvo. Elija los terrones que tengan de uno a dos milímetros de grueso.



Hágase también con un poco de algodón en rama.

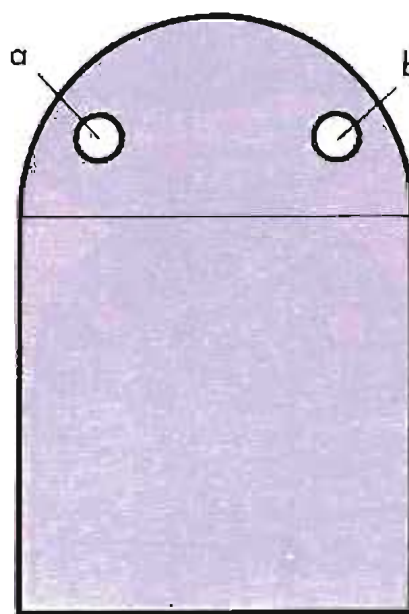


Finalmente, adquiera un par de bornes o terminales.

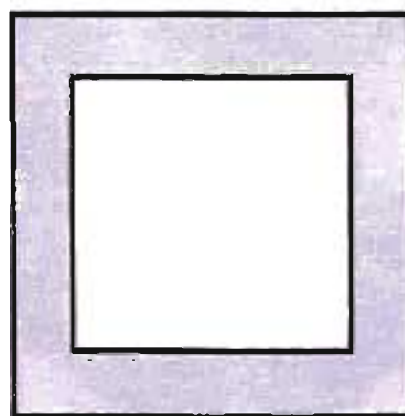


## LA CONSTRUCCION

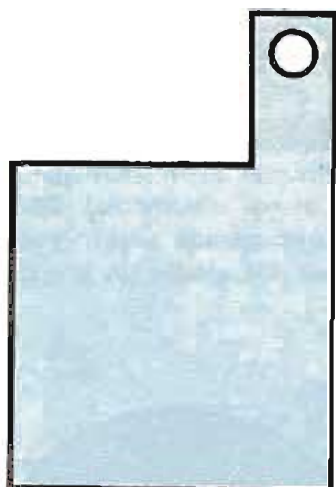
Como es normal en estos casos, los gráficos resultan mucho más expresivos que las palabras; y fieles a la mayor efectividad del dibujo o fotografía, le proponemos seguir paso a paso lo que explicamos por medio de gráficos y pies explicativos.



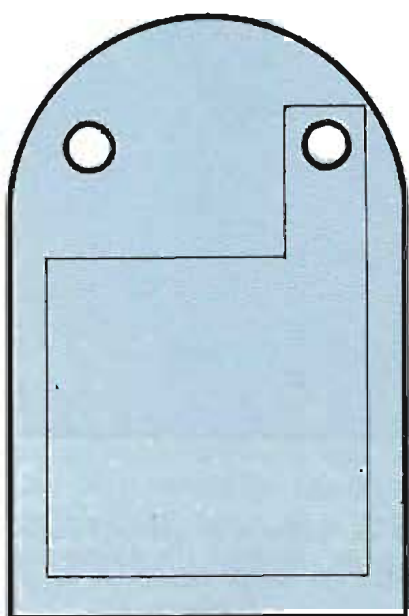
En cartón de un milímetro de grueso, recorte esta pieza, sin olvidar los dos taladros a y b. La dibujamos a tamaño natural para que pueda obtener un calco directo.



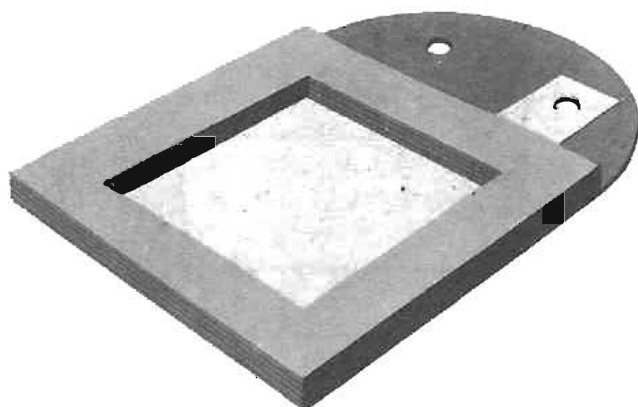
Del mismo cartón obtenga tres o cuatro piezas iguales a la del gráfico. Son piezas cuadradas con una ventana central también cuadrada que deberá recortar ateniéndose exactamente a las medidas indicadas. También ahora damos la plantilla a tamaño natural.



Tome el papel de estaño y, después de haberlo alisado perfectamente, recorte dos piezas como la que dibujamos aquí.



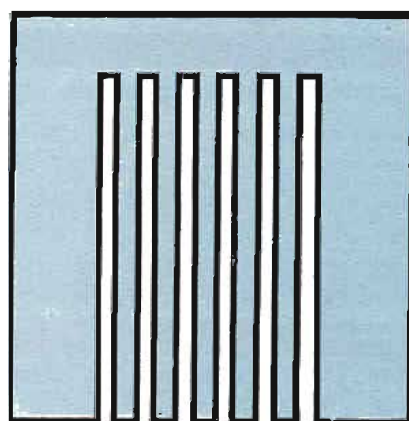
Una de estas piezas de estaño debe pegarse sobre la primera pieza de cartón que ha recortado. Procure que, al unir las, los taladros se correspondan con exactitud. Deben quedar tal y como demostramos gráficamente. Emplee una buena cola.



Acto seguido pegue una de las ventanas (vamos a llamarlas así) en la forma que demuestra la figura, y sobre ella una o dos más, para conseguir un a modo de caja cuya profundidad sea de dos o tres milímetros.



La cavidad central de la caja que ha obtenido, en cuyo fondo se encuentra el papel de estaño, debe acondicionarse para recibir la granalla de carbón. Haga para ello una especie de elgarro con algodón en rama, al que luego dará forma circular. Obtenga un a modo de neumático que fijará sobre el papel de estaño previamente engomado por los lados.



Sigue la confección de una nueva pieza de cartón que exige un poco de paciencia. Es esta especie de parrilla que debe actuar de tapa al mismo tiempo que deje pasar la voz. No se trata de nada que requiera una distribución matemática. Ranura más o ranura menos, carece de importancia.



Sobre una de las caras de la pieza anterior coloque una de las ventanas cuadradas que le hemos indicado que cortase.



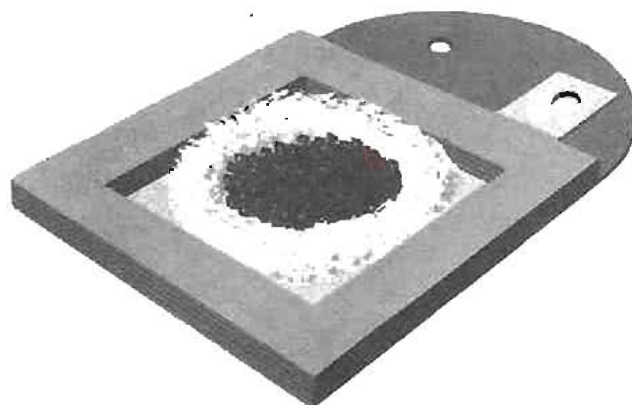
Ahora cubra la abertura de la ventana que acaba de pegar sobre la parrilla con un cuadrado de cartulina muy delgada (de una tarjeta de visita, por ejemplo).



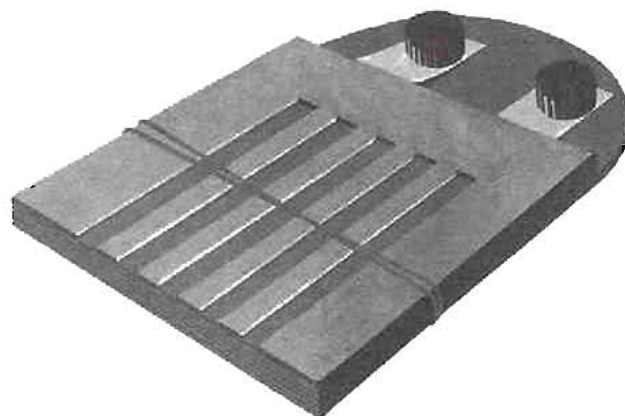
Sobre la cartulina pegará la pieza de papel de estaño que aún no ha empleado. Hágalo como demuestra la figura.

De momento no conviene cerrar definitivamente el aparato. Antes debemos comprobar su funcionamiento. Para ello deberemos disponer de un auricular, instrumento que por requerir una fabricación muy precisa no admite interpretaciones

Con granalla de carbón de retorta (la que habrá obtenido del electrodo de la pila gastada) llene la mitad o los dos tercios de la cavidad que deja el redondel de algodón.

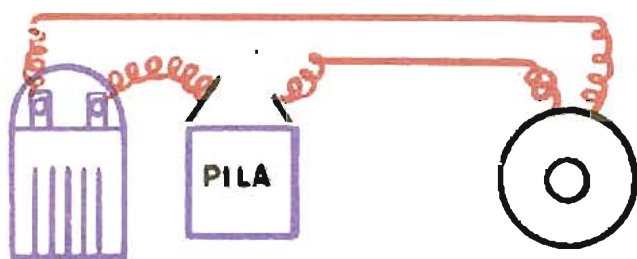


Tape el conjunto con la pieza que contiene la parrilla, de modo que las ranuras de ésta queden hacia el exterior. De este modo las dos láminas de papel de estaño están en contacto con los gránulos de carbón.



Coloque dos terminales en los taladros a y b, apresando las lengüetas con que terminan las piezas de papel de estaño, y sujete la tapa de nuestro micrófono con una goma elástica.

simplificadas. Sinceramente: no podríamos fabricarlo sin disponer de un instrumental idóneo y por ello es mejor adquirirlo en cualquier establecimiento dedicado a la radio. Es un elemento francamente barato.



Círcuito de comprobación del micrófono.

Para comprobar el micro debemos montar un circuito formado por el micrófono, una pila y el auricular conectados en serie. Las conexiones deben ser un poco largas, de modo que permitan situar el auricular en una habitación adonde no alcance el sonido de la voz que hable por el micrófono.

Haga que alguien hable o cante delante del micro mientras usted se aplica el auricular al oído. Compruebe la fidelidad de la audición.

Le advertimos que pocas veces se consiguen buenos resultados al primer intento. El éxito, tratándose de algo realizado sin la menor precisión técnica, depende de muchos factores. Puede variar la cantidad de carbón, el grueso de los granulos, el de la cartulina que hace de membrana vibradora, etc., hasta conseguir una audición lo más perfecta posible. Es cuestión de tanteo.

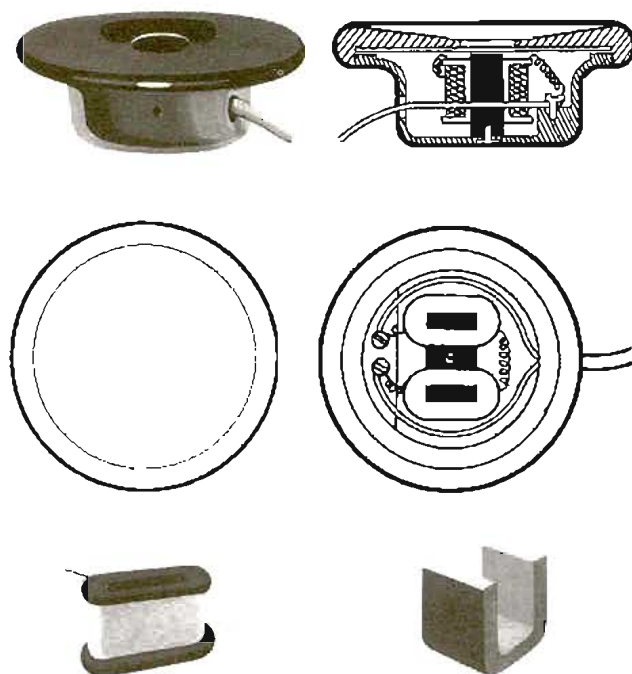
Cuando esté satisfecho del rendimiento de su microfono, quite la gomita que mantiene unidas sus dos partes y péguelas con cola.

## EL TELEFONO

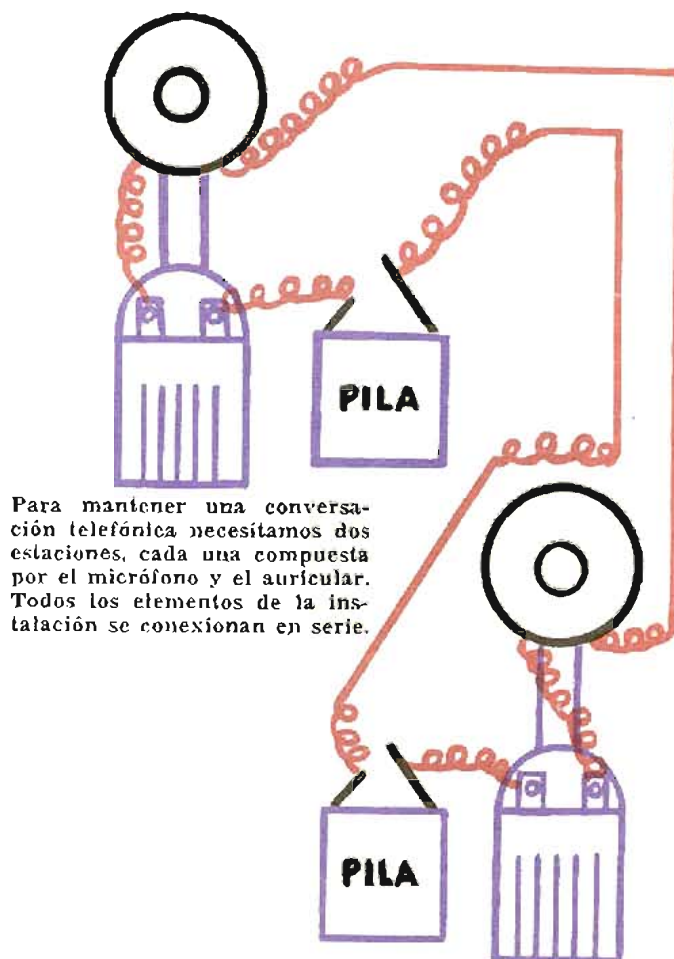
Como es natural, para mantener una conversación telefónica debe disponer de otro micrófono y de otro auricular, así como de otra pila para disponer de suficiente energía eléctrica. Las dos unidades quedarán conectadas sobre una sola línea.

Vea en el gráfico cómo todos los elementos del circuito quedan conectados en serie, como si se tratase de un hilo continuo interrumpido por los distintos componentes del teléfono.

El alcance de esta instalación, es aproximadamente de un kilómetro. Es una distancia considerable, y por ello vale la pena considerar la posibilidad de valernos de nuestro aparato para establecer comunicación telefónica entre dos pisos distintos o entre dos lugares cualesquiera cuya separación no sea superior a los mil metros.



Auricular normal, despiezado.



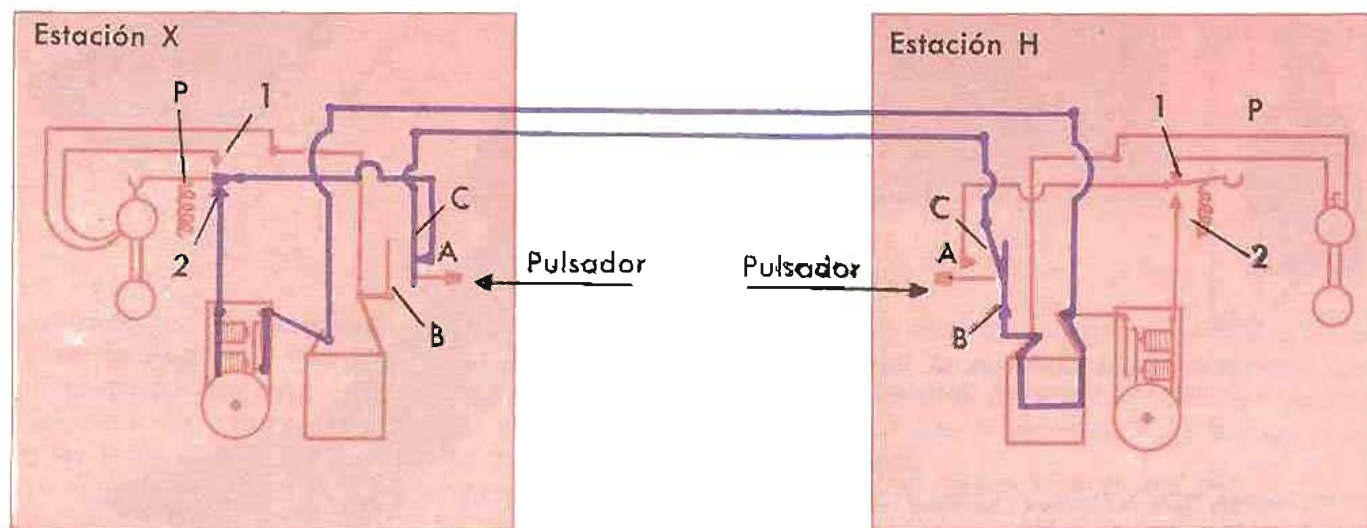
Para mantener una conversación telefónica necesitamos dos estaciones, cada una compuesta por el micrófono y el auricular. Todos los elementos de la instalación se conexionan en serie.

## LA INSTALACION EN LA PRACTICA

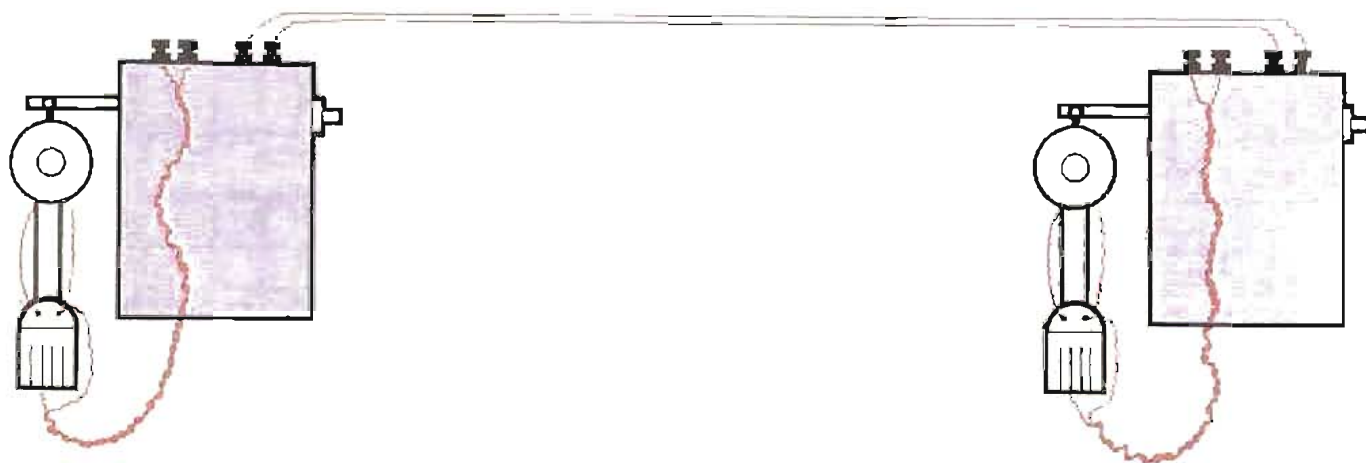
Si no nos conformamos con el valor experimental de lo que, hemos construido y deseamos obtener su aplicación practica, surgirá el problema de la llamada. Quien deba comunicarse con nosotros desde el otro aparato, deberá hacernos una señal para que sepamos que se encuentra ante su micrófono, dispuesto a decirnos algo.

La señal de llamada propia de los teléfonos es un timbre, que debe instalarse de tal manera que pueda provocarse su actuación desde el aparato de quien desea comunicarse con el poseedor del otro.

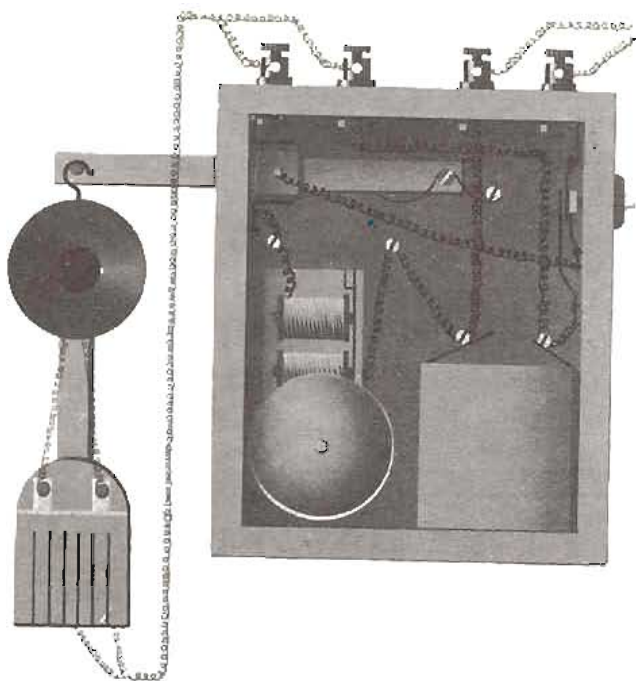
Vea el esquema de esta instalación.



Supongamos que la llamada se efectúa desde la estación H. Para ello se habrá apretado el pulsador, hasta que la lámina C, que estaba en contacto con A, llegue a tocar la plaquita B empalmada directamente al borne de la pila. En este momento se cierra el circuito que acciona el timbre de la estación X. El camino recorrido por la corriente queda destacado en el dibujo. Cuando cesa la presión ejercida sobre el pulsador, se abre de nuevo el circuito, cesando la corriente.

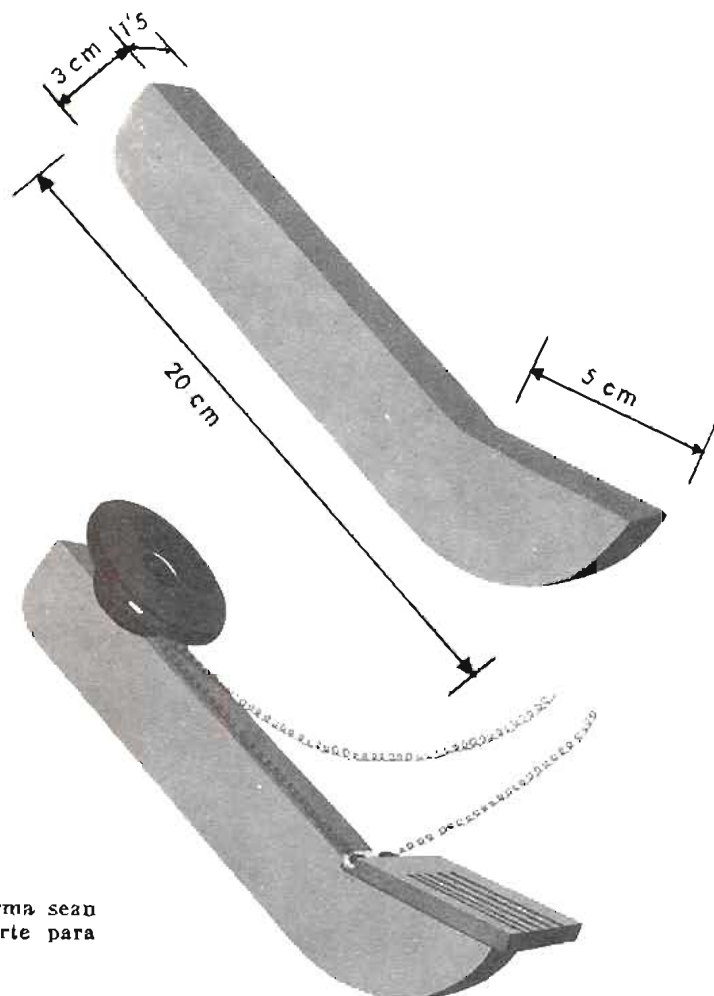


La palanca P que aparece entre los contactos 1 y 2 es la que sostiene el conjunto micro-articular, cuyo peso la mantiene en contacto con 2. Al descolgar el teléfono, la palanca P sube hasta quedar en contacto con 1, cerrando el circuito de la línea telefónica propiamente dicha. La palanca P no es más que un interruptor.



Conexión interior de la instalación telefónica con timbre de llamada incorporado.

Con una pieza de madera cuyas medidas y forma sean las que indicamos, obtendrá un práctico soporte para el micrófono y el auricular.



En la práctica, convendrá montar este circuito de forma que cada estación quede dentro de una caja que podamos colgar de la pared. Le damos la solución real que puede dar a su instalación telefónica y le aseguramos que, si se siguen al pie de la letra las instrucciones de su montaje, el éxito debe ser total.

Si las conexiones son exactamente las que puede ver, tanto en el esquema como en el dibujo real del montaje, sonarán los timbres y funcionará el teléfono. No hay ningún secreto escondido y nada puede fallar, siempre que sea capaz de trabajar con paciencia. Se trata de una experiencia práctica útil.

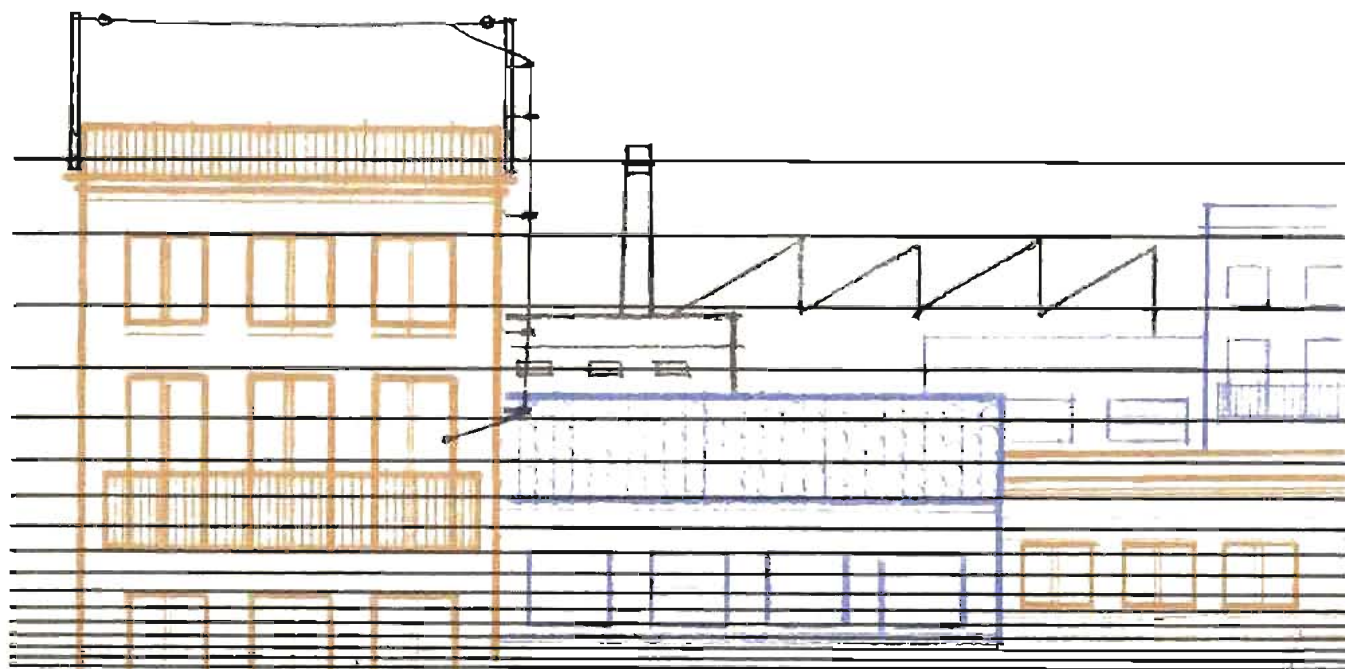
# lección práctica

## Instalación de la antena Montaje de un radiorreceptor con detección por diodo de germanio

Puesto que nos proponemos captar por primera vez una emisión radiofónica con un receptor de construcción propia, deberemos preparar nuestro puesto de trabajo capacitándolo para recibir en las mejores condiciones posibles las ondas de radio que nos llegan de todas partes a través del espacio. Esto se traduce diciendo que antes de proceder a la construcción de nuestros aparatos de radio debemos preparar un buen sistema antena-tierra.

En el capítulo de radiotecnia hemos estudiado un sistema de antena que bien podemos considerar tradicional: una antena exterior tendida entre dos mástiles y por encima de la parte más alta del edificio.

Una antena exterior del tipo que hemos estudiado es, sin duda, una de las que presta mejores servicios..., siempre que su instalación se haga teniendo en cuenta la necesidad de un perfecto aislado entre el hilo de antena y las paredes del



### Zona de perturbaciones

Las grandes masas férreas producen zonas de perturbación, razón por la que las antenas deben situarse en las partes más altas de los edificios para no quedar afectadas por la influencia nociva de las masas de hierro.

edificio. Repetimos que estas antenas exteriores proporcionan óptimos resultados; si usted vive muy alejado de las estaciones emisoras (cosa que actualmente es muy raro que suceda, puesto que no hay ciudad un poco importante que no tenga su emisora de radio), o si vive usted en las inmediaciones de grandes masas férreas, como son astilleros navales, grandes fundiciones, talleres metalúrgicos, minas, etc., también será prudente que instale una antena exterior.

Pero estas circunstancias resultan más bien fuera de serie: en condiciones normales, basta la instalación de una antena interior para obtener

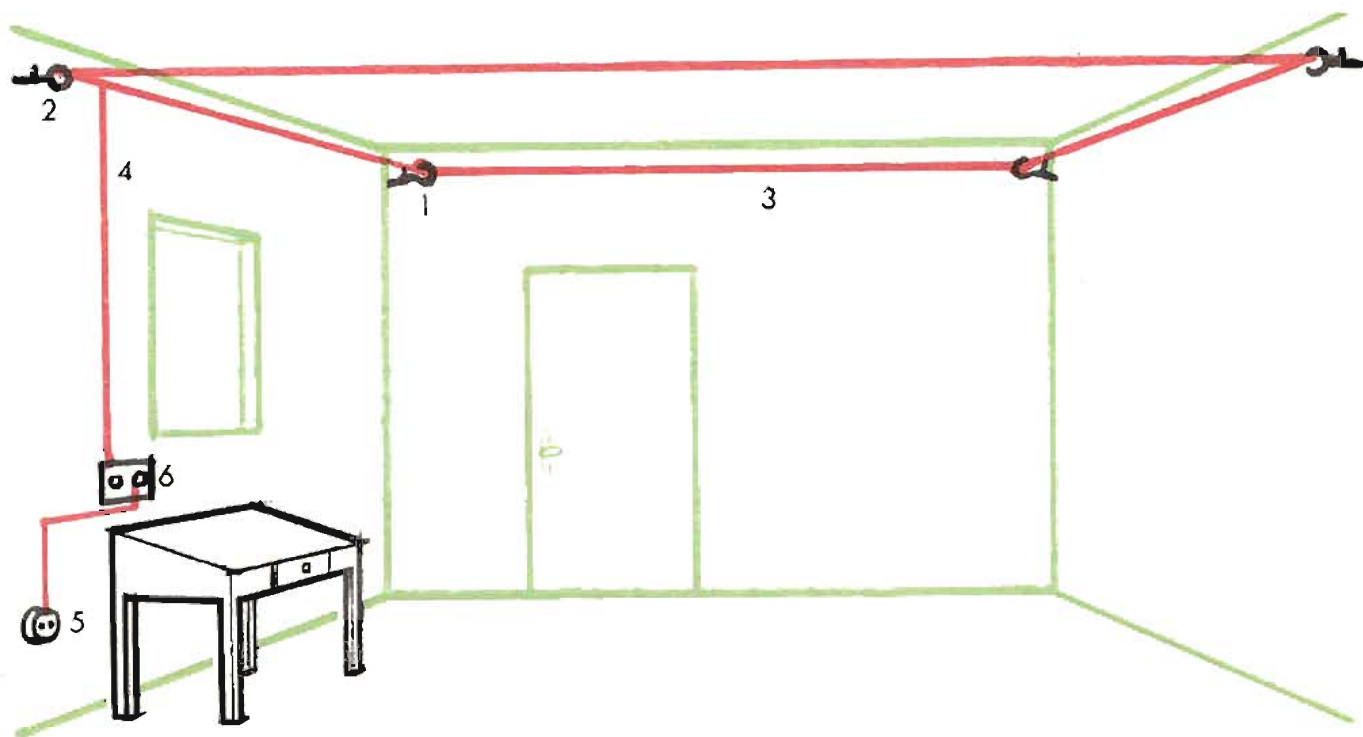
una captación suficientemente clara de las ondas de radio. Por otra parte, a nadie escapa la complicación que en múltiples ocasiones puede representar la instalación de una antena exterior (sobre todo cuando en el edificio en que se habita no existen terrazas a niveles altos) y la inversión económica que representa, dada la gran cantidad de hilo que debe emplearse. Sin embargo, deseamos que quede claro el hecho de que, en las circunstancias expresadas más arriba, sólo se obtendrán buenos resultados de los receptores que llamaremos *de estudio* si se ha tenido la precaución de instalar una antena exterior.

## INSTALACION DE UNA ANTENA INTERIOR

Vamos a suponer que usted se encuentra en condiciones normales para la recepción de las señales de radio de las emisoras del país más cercanas a su localidad. Por tanto, puede intentar trabajar con antena interior con suficientes posibilidades de éxito. Esta antena será de hilo de cobre y tendrá la longitud suficiente para cubrir todo el perímetro de la estancia en que vaya a trabajar. El hilo de antena ideal está formado por múltiples hilos de cobre extremadamente finos trenzados en forma de cable, lo que le proporciona gran flexibilidad. El hilo de antena no llevará envoltura aislante.



La longitud del hilo de la antena deberá cubrir todo el perímetro de la habitación.



1. Clavo de sujeción. — 2. Aro aislante. — 3. Antena. — 4. Bajada de antena. — 5. Enchufe. — 6. Tomas de A.T.

Para sustentar la antena empezará por situar un clavo de los llamados alcayata (clavos de gancho) en cada rincón de la habitación, a una altura aproximada de tres metros a partir del suelo.

Prepare cuatro aisladores de vidrio o porcelana. Son aisladores en forma de anillo con una hendidura periférica. Los gráficos que acompañan esta explicación, le ilustrarán perfectamente sobre la forma de estos aisladores. Verá también en los dibujos que la antena pasa por el taladro central de la pieza aislante, la cual queda separada de la pared por un tirante de alambre. Estos cuatro tirantes deben mantener una separación de 20 a 30 cm entre la antena y la pared.

La antena, pues, sigue todo el perímetro de la habitación a una distancia aproximada de 30 cm de las paredes. Procure que el hilo de antena quede muy tirante. En el punto de unión entre el principio y el final de la antena, una y suelde otro hilo, que será la bajada de antena. Este hilo será de cobre flexible con cubierta de plástico y se procurará que no toque la pared. Su longitud será la suficiente para que alcance las proximidades de su mesa de trabajo.

### Toma de antena y tierra

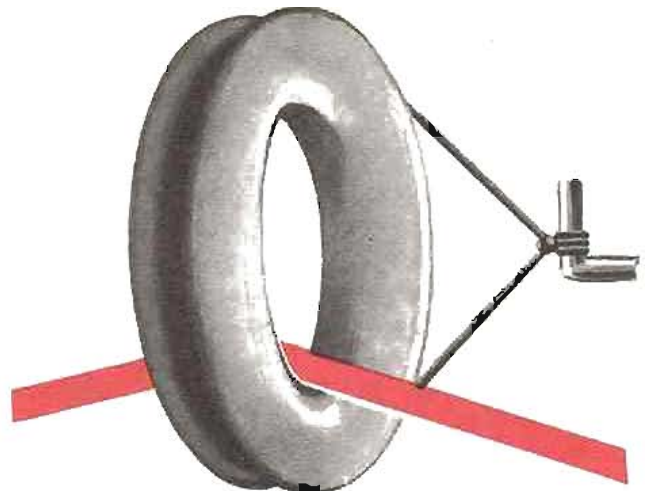
Para hacer lo más cómoda posible la toma de antena y tierra, prepararemos un pequeño tablero donde sujetaremos dos hembrillas. En una de ellas conectaremos el cabo final de la bajada de antena. Será nuestra toma de antena. De la otra hembrilla saldrá el hilo que conectaremos a la tierra.

Para mayor facilidad de interpretación será prudente dibujar sobre la hembrilla de la antena el símbolo correspondiente. También sobre la hembrilla de tierra dibujaremos el símbolo que le corresponde.

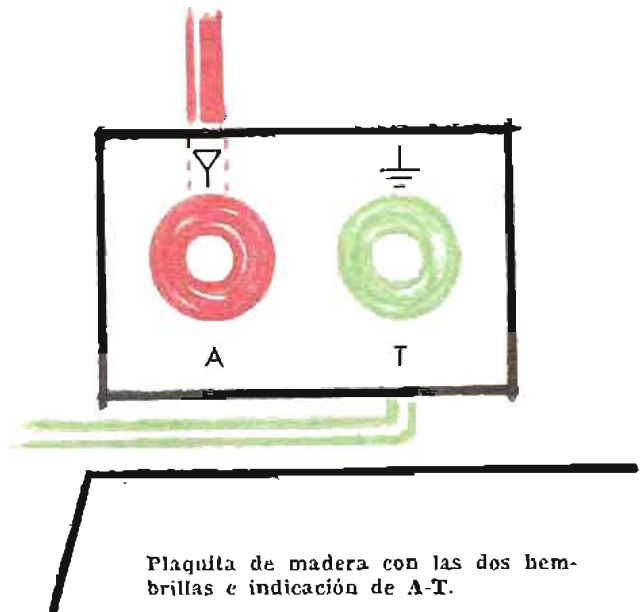
Fijará en la pared o sobre la mesa de trabajo este tablero, con lo cual tendrá siempre a mano una cómoda toma de antena y tierra.

### Conexión a tierra

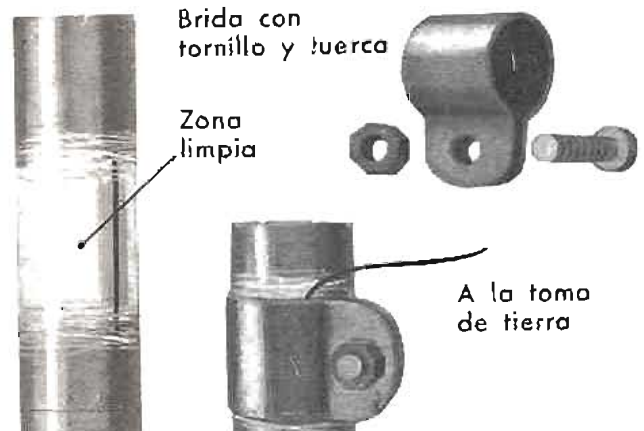
El hilo que arranca de la hembrilla que hemos llamado *de tierra* debe llegar hasta una conducción de agua o gas, detalle que, según lo apartadas que estas conducciones queden de nuestro cuarto de trabajo, puede dificultar la instalación del sistema antena-tierra. Usted conoce las posibilidades o inconvenientes que van a presentársele para obtener una conexión a tierra y deberá juzgar, al final de este apartado, si realmente le



Detalle de la alcayata, el tensor de alambre con el aislante y el hilo de antena.



Plaqueta de madera con las dos hembrillas e indicación de A-T.



compensará efectuar la toma de tierra en una tubería, o bien si, dadas las dificultades que habría de vencer, le resultará mucho mejor adoptar otro sistema aun en detrimento de la eficacia del conjunto.

Con la toma de tierra ocurre algo parecido a lo que decíamos al hablar de la instalación de la antena: la solución más eficaz es la que acarrea mayores dificultades de montaje.

Y como entonces, encontramos otro procedimiento que por lo mucho que simplifica la obtención de la toma de tierra puede compensar lo que perdemos en eficacia. Si encuentra muchas dificultades para establecer la conexión a tierra sobre una conducción de agua o gas, desestime esta solución y adopte un sistema mucho más sencillo: puede tomar por tierra uno cualquiera de los dos bornes de enchufe o toma de corriente, siempre que la corriente que suministre sea al-

terna. Si la corriente fuese continua (circunstancia que cada día resulta menos frecuente) sólo el borne neutro del enchufe será apto para servir de tierra.

Supongamos que la situación de las tuberías de agua o gas de su casa permite una fácil instalación de la toma de tierra. En este caso deberá operar de la forma siguiente:

Allí donde determine establecer la conexión, raspe una zona de tubería dejándola completamente limpia de pintura o de cualquier clase de recubrimiento que pudiese llevar. El metal debe quedar completamente al descubierto, con brillo.

Prepare una brida de hojalata o latón que pueda apretar fuertemente alrededor de la zona de tubería preparada para la conexión de tierra. Aprovechando el mismo tornillo que aprieta la brida, puede establecer la conexión entre el cabo del hilo de tierra y la toma propiamente dicha.

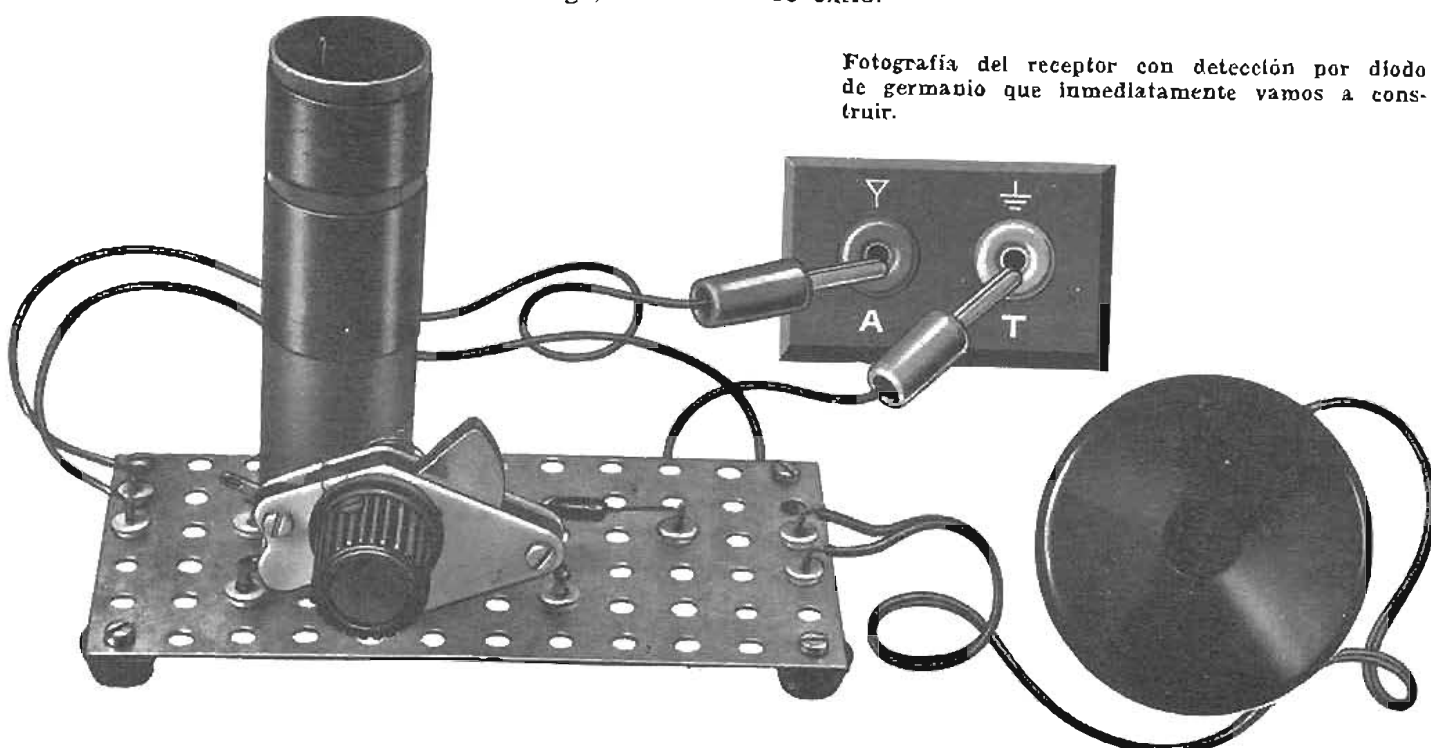
## PRIMERA EXPERIENCIA SOBRE RADIORRECEPCION

### MONTAJE DE UN RECEPTOR CON DETECCION POR DIODO DE GERMANIO

Vamos a suponer que usted dispone ya de un sistema antena-tierra, que ha montado siguiendo uno cualquiera de los sistemas que acabamos de estudiar. Dispone de una antena, exterior o interior, suficiente para captar las señales de radio emitidas como mínimo por las emisoras cercanas. Para el estudio de la radio es suficiente tener la seguridad de disponer de un par de emisoras con las que pueda sintonizar. Luego, a me-

dida que aumente la categoría de los receptores que vaya montando, aumentará automáticamente el número de emisoras que podrá sintonizar.

De momento, si con el receptor que vamos a construir en esta lección puede sintonizar la emisora más cercana o más potente de las que se encuentran en las inmediaciones del lugar en que habita, puede considerar que ha obtenido un franco éxito.



Fotografía del receptor con detección por diodo de germanio que inmediatamente vamos a construir.

Vamos a empezar por lo más simple (es lógico), rememorando los tiempos heroicos de los aparatos de galena, verdaderos pioneros de los modernos receptores. Actuaremos, empero, con una gran ventaja: la de disponer de los actuales diodos de germanio, que nos aseguran una detección perfecta. Nuestro primer aparato, pues, será un receptor con detección por diodo de germanio.

La construcción de este receptor, requiere disponer del siguiente material:

Un tubo de cartón, cuyo diámetro exterior aproximado sea de 28 mm, para sustentar las bobinas. En realidad trabajaremos con el mismo tubo reseñado en la lección 3, cuando proponíamos la construcción de una bobina de radio.

Las bobinas serán de hilo de cobre esmaltado de 3/10 mm. Es suficiente disponer de 15 metros.

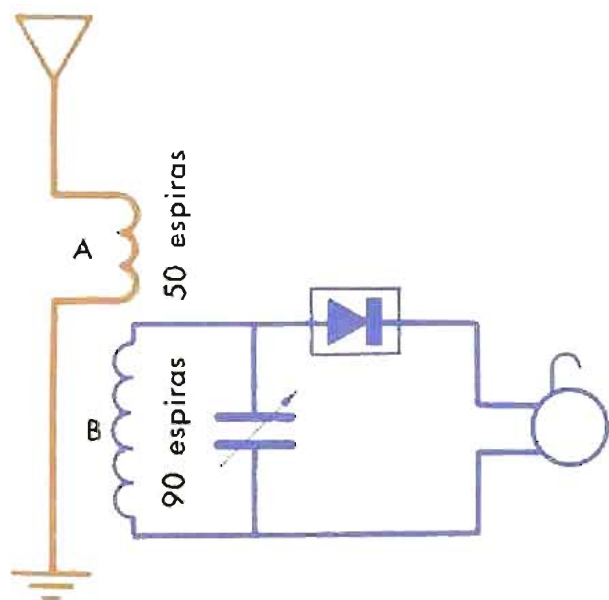
Como chasis emplearemos una plancha tala-drada de hierro estañado, cuyas medidas aproximadas pueden ser de 14 x 7 cm. Ya conocemos los pasamuros y terminales que nos permitirán la fijación de todos los componentes sobre el chasis.

## EL ESQUEMA

No hay montaje sin esquema, empiece a acostumbrarse a ello. El esquema es siempre el punto de partida para cualquier montaje electrónico.

Veamos, pues, el esquema teórico de nuestro receptor. Es un esquema ya familiar, por cuanto lo hemos estudiado en el capítulo de radiotecnica.

Añadimos el esquema de montaje, donde los



Para obtener el circuito resonante vamos a requerir el concurso de un condensador variable de 500 cm.

Como detector emplearemos un diodo de germanio.

Un auricular de 500  $\Omega$  de resistencia interna será nuestro reproductor del sonido.

Con un par de metros de cable unipolar efectuaremos las conexiones de antena y tierra, así como las del auricular.

Dos bananas van a facilitarnos la toma de antena y de tierra.

Un botón de mando permitirá que busquemos la sintonía sin necesidad de forzar el eje del condensador variable.

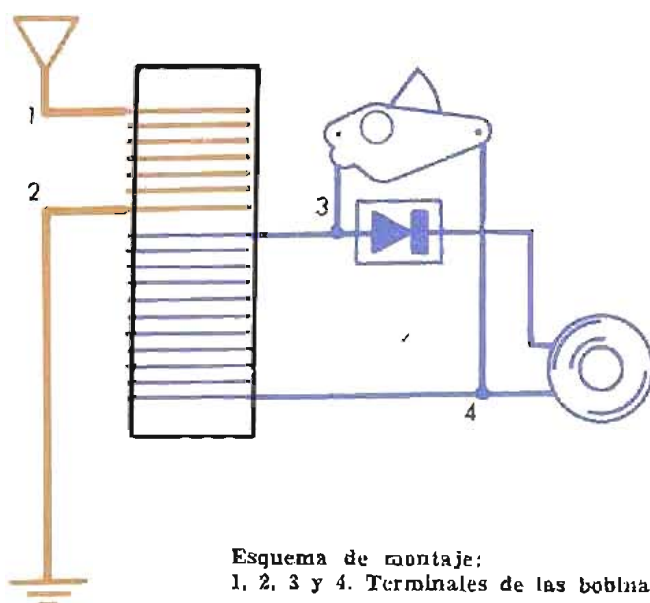
Con unos 40 cm de hilo de cobre con cubierta de plástico efectuaremos el alambrado del circuito.

Por último, cuatro taquitos de goma aislarán el chasis de cualquier superficie conductora.

Todo este material, convenientemente empleado, nos dará como resultado un sencillo receptor capaz de sintonizar aquellas emisoras de onda media cuya señal llegue a la antena con suficiente potencia.

símbolos se han sustituido por una representación más concreta de los componentes que representan. Este esquema proporciona una forma de montaje, una primera interpretación del esquema teórico.

Los puntos 1, 2, 3 y 4 son los puntos de conexión entre los terminales de las bobinas y el resto del circuito.



Esquema de montaje:  
1, 2, 3 y 4. Terminales de las bobinas.

## LAS BOBINAS

El tubo en el cual bobinaremos el hilo de los dos solenoides que forman parte de nuestro receptor es el mismo que hemos descrito en la lección 3. De aquella bobina, empero, sólo necesitaremos los dos primeros bobinados, puesto que en el receptor descrito sólo existe una bobina de antena y una bobina de sintonía. El esquema teórico determina el número de espiras a contar en cada una de ellas: 50 espiras para la bobina de antena y 90 para la de sintonía.

Conservaremos la misma numeración de los terminales. Al terminal 1 (vea en el esquema de montaje que corresponde a la conexión de la antena) soldaremos el cabo del hilo que previamente habremos introducido por el agujero *a*. No olvide que debe raspar el extremo del hilo para quitar todo vestigio de esmalte. Procure que estas soldaduras resulten muy limpias y con el mínimo de estaño.

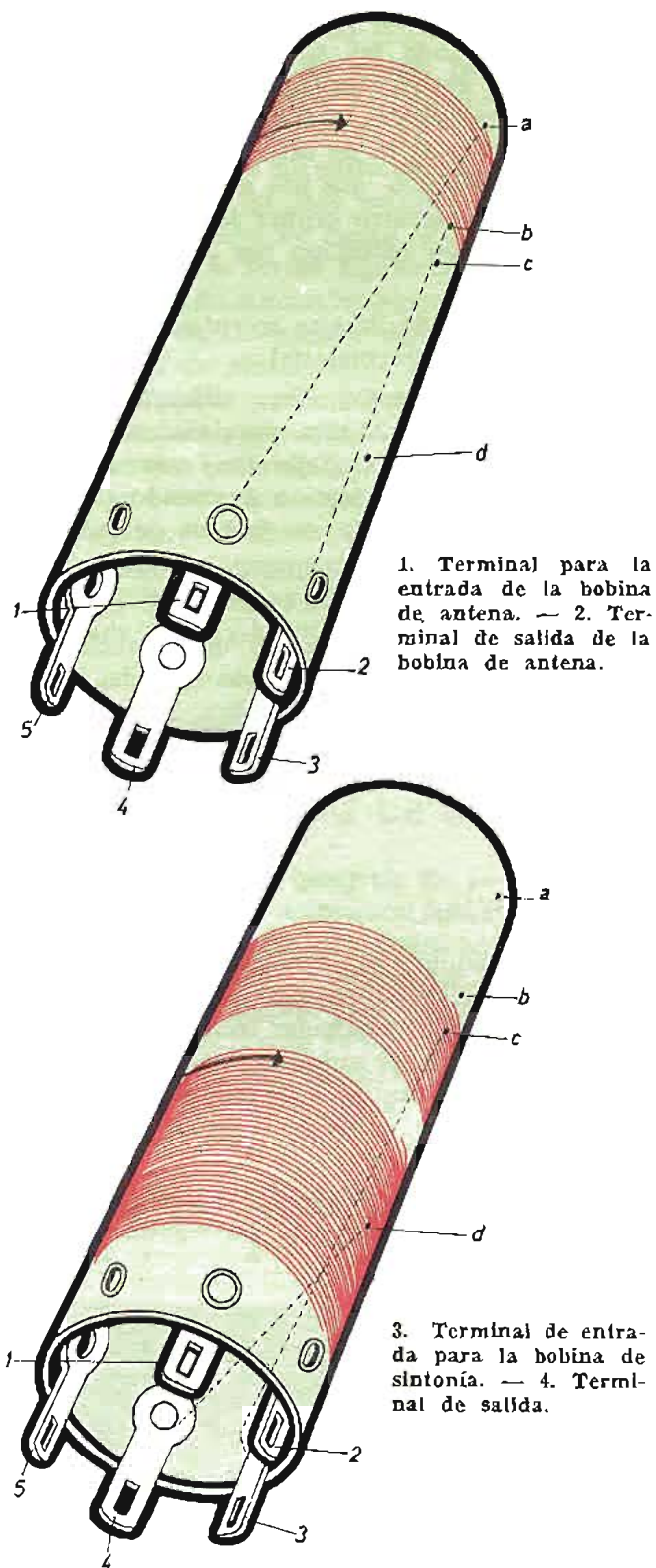
Después de haber enrollado 50 vueltas sin ninguna separación entre ellas, cortará el hilo calculando que, haciéndolo pasar por *b*, alcance el terminal 2 por el interior del tubo. Con un nuevo punto de soldadura fijará el terminal 2 al cabo final de la bobina de antena. Observe que este terminal (2) corresponde al que en el esquema de montaje queda conectado a la tierra.

Pasemos a la bobina de sintonía. Son 90 espiras enrolladas en el mismo sentido que las anteriores. Consideramos que el terminal 3 es el de entrada (también podría ser el 4), terminal que según vemos en el esquema de montaje corresponde a la conexión con el condensador variable y ánodo del diodo. Después de las 90 espiras que empiezan en el taladro *c* cortaremos el hilo para que, entrando por *d*, llegue al terminal 4 por el interior de la bobina. Practicaremos una nueva soldadura. Observe que entre 3 y 4 (vea el esquema) se cierra el circuito resonante.

La separación entre los taladros *a*, *b*, *c* y *d* es la prescrita para la bobina de la lección tercera: entre *a* y *b*, 16'5 mm; entre *b* y *c*, 4 mm; y entre *c* y *d*, 30'5 mm.

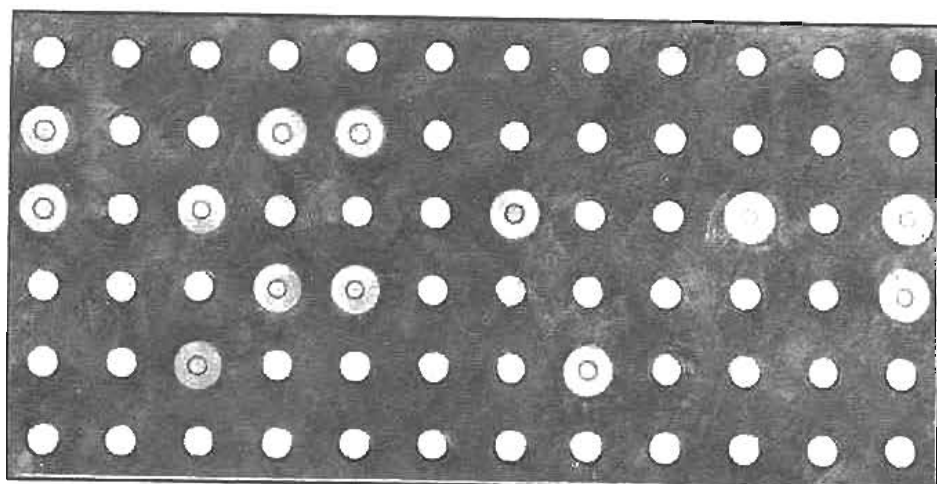
## PREPARACION DEL CHASIS

Es innegable que podríamos alambrear este circuito exactamente igual a como aparece en el esquema de montaje. Aunque dejásemos los elementos sin ninguna base de sustentación, también cumplirían con su misión. Pero no se nos oculta la incomodidad que ello significaría y la facilidad con que podrían producirse averías en las cone-

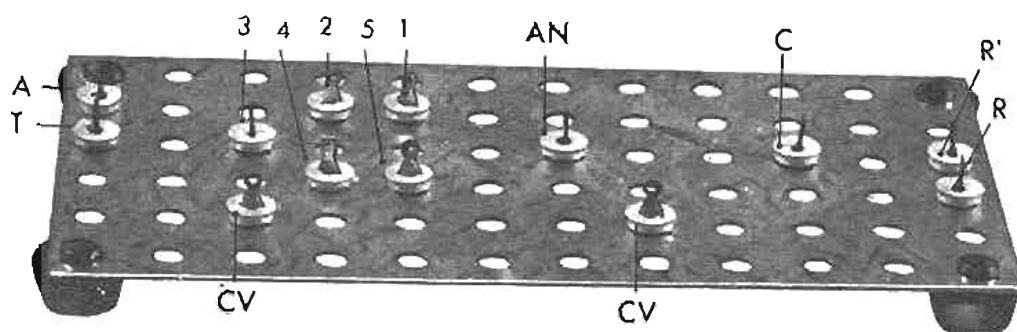


xiones. Se impone conferir cierta rigidez al conjunto, y para ello nada mejor que disponer todos los elementos sobre una base indeformable. Es lo que identificamos como chasis del aparato.

En esta ocasión nuestro chasis será una chapa de hierro taladrado en la cual dispondremos los correspondientes pasamuros con terminal. La



Emplearemos como chasis una placa de hierro estañado taladrada. Para aislar las conexiones usamos pasamuros de plástico.



Vista en perspectiva del chasis una vez preparado con los pasamuros y terminales y habiéndole añadido cuatro taquitos de goma.

disposición de estos pasamuros responde a una visión de conjunto del montaje en que se ha procurado que, a la par que los componentes estén situados en orden a su función y relación dentro del circuito, respondan también a un mínimo sentido estético. Esta es una cuestión que merece cuidarse, aunque técnicamente carece de importancia. Nunca está por demás que las cosas sean agradables al mismo tiempo que útiles.

Cada uno de los terminales colocados en el chasis tiene su propia denominación. Hemos escogido números y letras según la circunstancia. Así, el terminal A será el destinado a recibir la

conexión de la antena; el T será el terminal que reciba la conexión de la tierra.

Los terminales 1, 2, 3, 4 y 5 se unirán respectivamente con los terminales 1, 2, 3, 4 y 5 del tubo de las bobinas.

Los terminales CV se destinarán a las dos conexiones que situarán el condensador variable en el circuito. Entre AN y C deberemos colocar el diodo. En AN soldaremos el terminal de ánodo, y en C el terminal de cátodo.

Finalmente, en R y R' soldaremos los extremos de los conductores que llevarán la señal detectada al receptor; el auricular en nuestro caso.

## COLOCACION DE LOS COMPONENTES

Una vez preparado el chasis, podemos emprender la segunda etapa de nuestro montaje: colocar sobre él todos los componentes.

Preparemos, pues, el soldador, el estaño y la pasta antióxido y dispongámonos a efectuar las soldaduras necesarias.

Empecemos por situar la bobina. Recordando la numeración dada a sus terminales, haremos que se correspondan las numeraciones de los terminales del chasis con la numeración establecida para los terminales de la bobina. Este detalle es muy importante, puesto que en caso de error

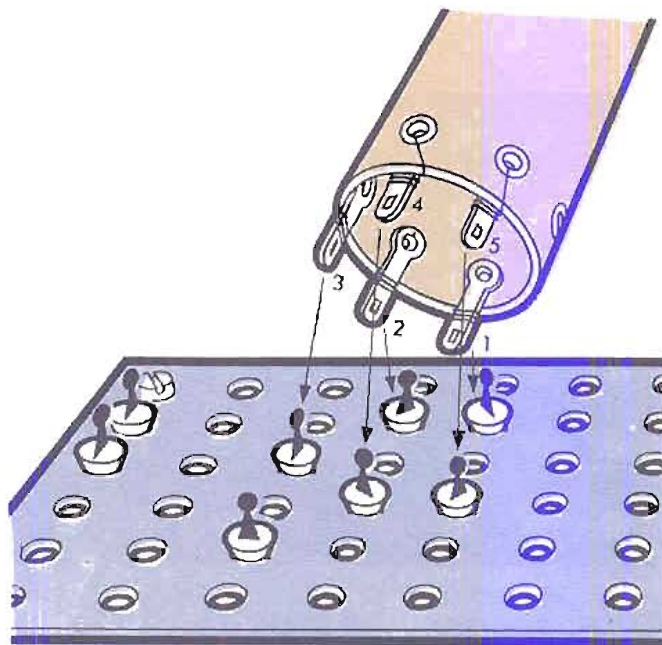
alteraríamos el circuito indicado en el esquema, del que no podemos apartarnos ni un ápice.

En el grabado de la derecha, parte superior, se demuestra cómo deben relacionarse los dos juegos de terminales. Si la coincidencia entre ellos no es perfecta, pueden forzarse un poco los de la bobina inclinándolos hasta que, más o menos, coincidan con los del chasis. Lo que interesa es tener un contacto suficiente para poder practicar un punto de soldadura.

Es de suponer que su pericia en el manejo del soldador será suficiente para que estas soldaduras hayan dejado de representar un problema. Haga, pues, las cinco soldaduras que fijarán la bobina sobre el chasis.

El siguiente componente a colocar será el condensador variable. Hemos escogido un modelo muy usual, dentro de los condensadores sencillos. Es un condensador con dieléctrico de papel. Estos condensadores presentan tres terminales: uno para la conexión que lleva la corriente a las placas móviles y dos que permiten sendas conexiones a las placas fijas. En el gráfico indicamos con *a* el terminal de las placas móviles; con *b* y *c* los terminales de placas fijas. De estos dos sólo usaremos el terminal *b*. Soldaremos los terminales del condensador sobre los terminales CV del chasis, haciendo que la parte saliente del eje del condensador sobresalga del chasis.

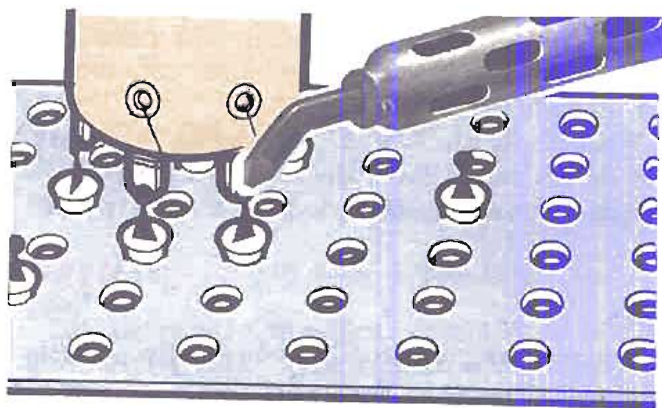
Entre los terminales del chasis AN y C vamos a situar el diodo de germanio. Recuerde que hemos dicho, en el capítulo de radiotecnica, que en el caso de un aparato con detección por diodo era indiferente la situación del cátodo y del ánodo. Estamos en este caso y no importa que el cátodo esté a la derecha o que esté a la izquierda. Pero, puesto que nada nos cuesta, vamos a si-



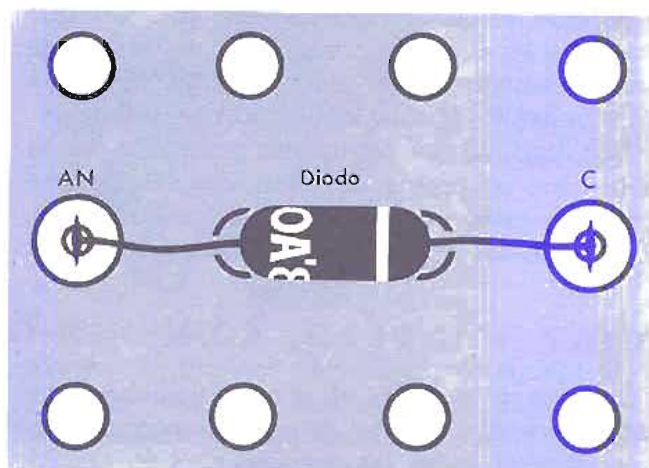
Así deben corresponderse los terminales del tubo de las bobinas con los terminales preparados sobre el chasis.



Soldaremos el condensador variable sobre los terminales que hemos señalado con las letras CV.



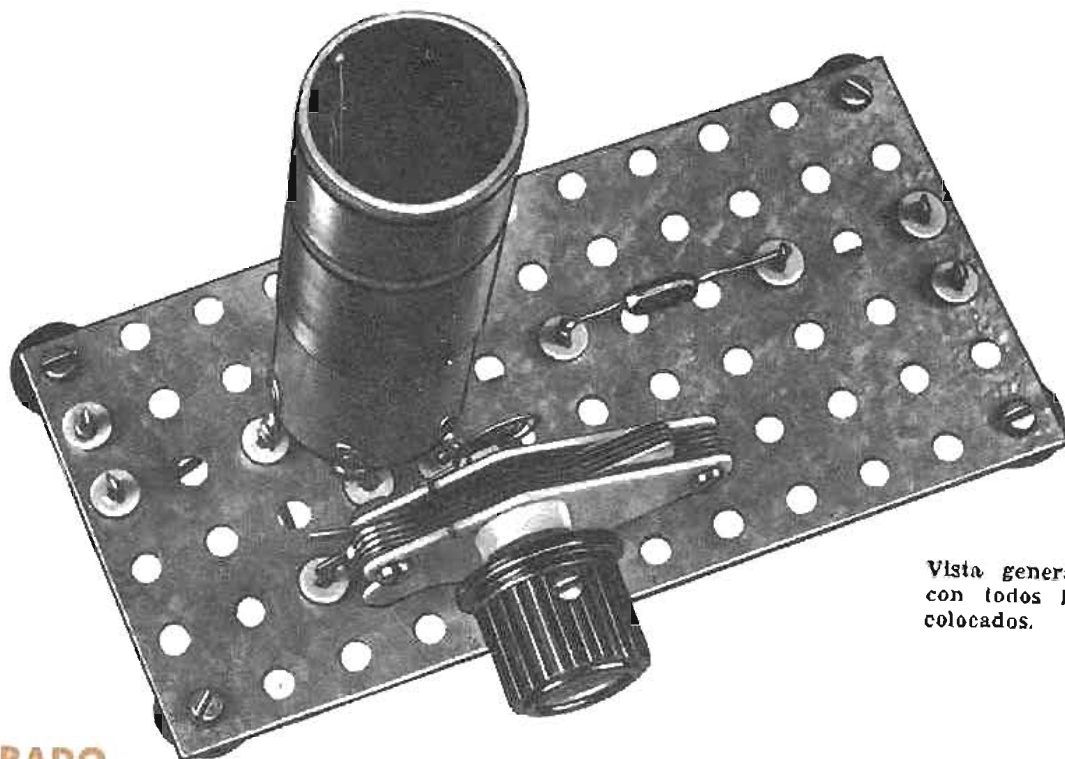
Bobina soldada sobre los terminales del chasis: un punto de soldadura une los extremos de ambos terminales.



Colocaremos el diodo entre los terminales AN (ánodo) y C (cátodo). Bastan dos soldaduras.

tuar el diodo de forma que el cátodo correspon-  
da con el terminal C y el ánodo con el terminal  
AN. Recuerde que el cátodo está señalado, bien  
sea con un puntito situado en el extremo que le  
corresponde o con una pequeña franja. Los ter-  
minales que salen del diodo resultan demasiado

largos en la mayoría de los casos. Por lo tanto,  
antes de soldarlos sobre los terminales AV y C,  
córtelos para que el conjunto tenga la longitud  
justa. El diodo propiamente dicho debe quedar  
centrado entre los dos terminales; es pura cues-  
tión estética.

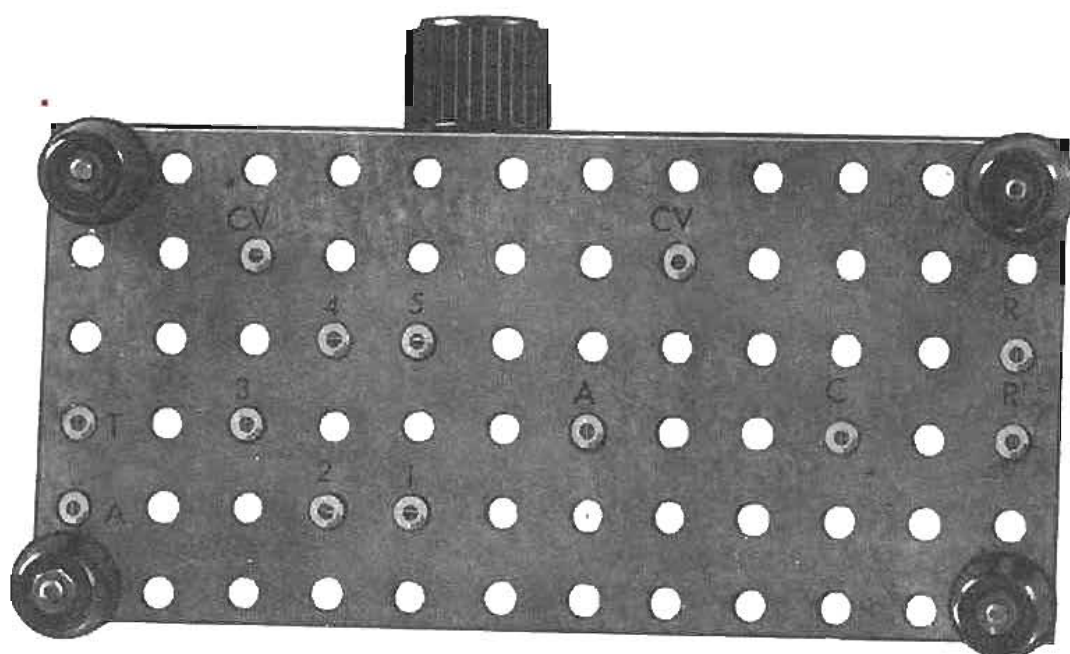


Vista general del chasis  
con todos los elementos  
colocados.

## EL ALAMBRADO

Hasta aquí hemos trabajado con los compo-  
nentes electrónicos de nuestro receptor, dándoles  
una situación en el chasis. Estos elementos aún  
no están relacionados entre sí; aún no forman  
un circuito.

Por lo que llevamos estudiado, sabemos cuál  
es la relación que debe existir entre estos tres  
elementos básicos (bobinas, condensador y dio-  
do); y por lo mismo hemos sido capaces de trazar  
el esquema de esta relación. Es decir: gracias



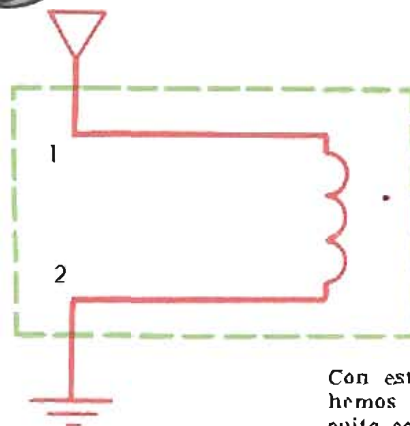
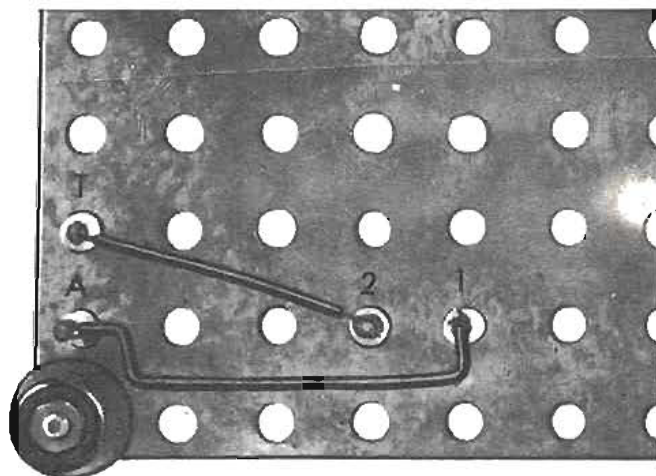
Vista inferior del chasis  
con sus terminales. Alam-  
braremos el circuito por  
esta cara.

a conocer la función de las bobinas, del condensador y del diodo, nos ha sido posible dibujar el esquema del receptor que estamos montando. Por lo tanto, lo que ahora procede es pasar del esquema a la realidad, haciendo que, entre los componentes que acabamos de situar sobre una pieza rígida (lo que venimos llamando chasis), las corrientes que desde la antena se dirigen a la tierra circulen conforme a lo que se ha previsto en el esquema.

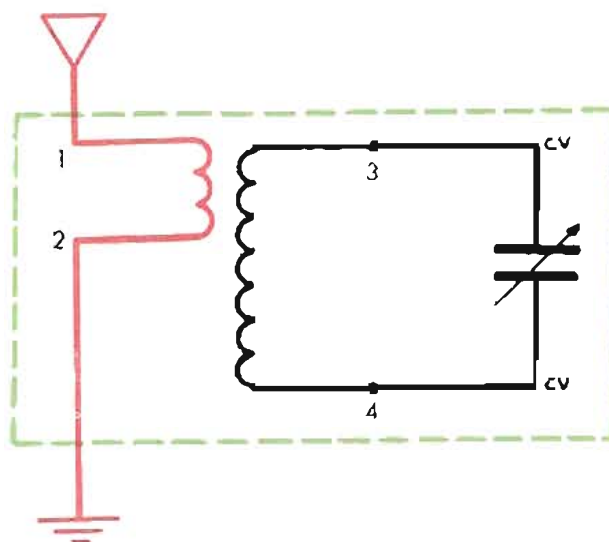
Conseguir el circuito es lo que en términos generales se llama alambrado del receptor, puesto que no hacemos otra cosa que proporcionar a las corrientes un camino de alambre que las lleve a través de los distintos componentes.

Realizaremos el alambrado por la parte inferior del chasis. Tampoco se trata de ninguna prescripción técnica. Podríamos situar los conductores por el mismo lado que los componentes; pero es indiscutible que si lo hacemos por el reverso del chasis obtendremos un montaje mucho más limpio.

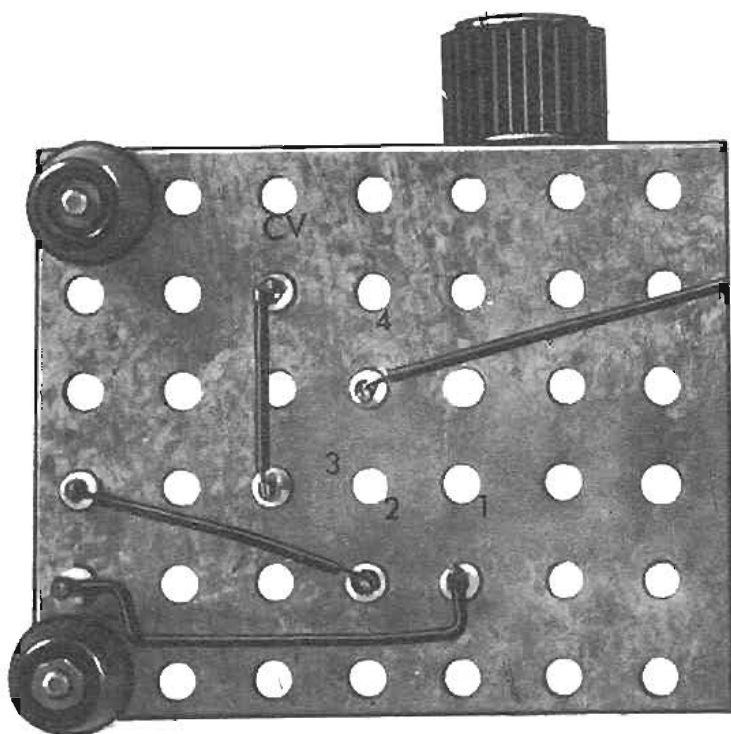
Empezaremos por prolongar los terminales de la bobina de antena (1 y 2) hasta los terminales A y T, que hemos quedado en que serían las conexiones correspondientes a la antena y la tierra.



Con estas dos conexiones hemos solucionado el circuito correspondiente a la bobina de antena.

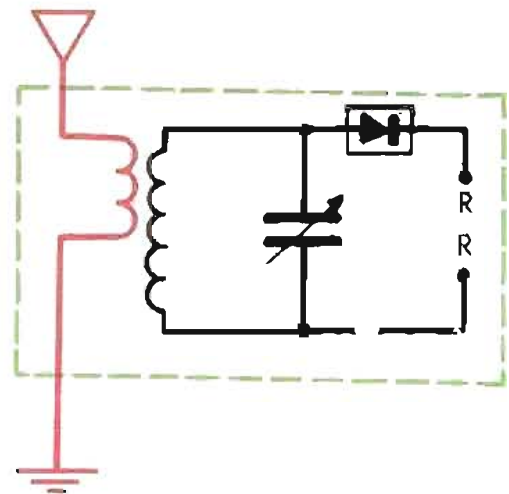
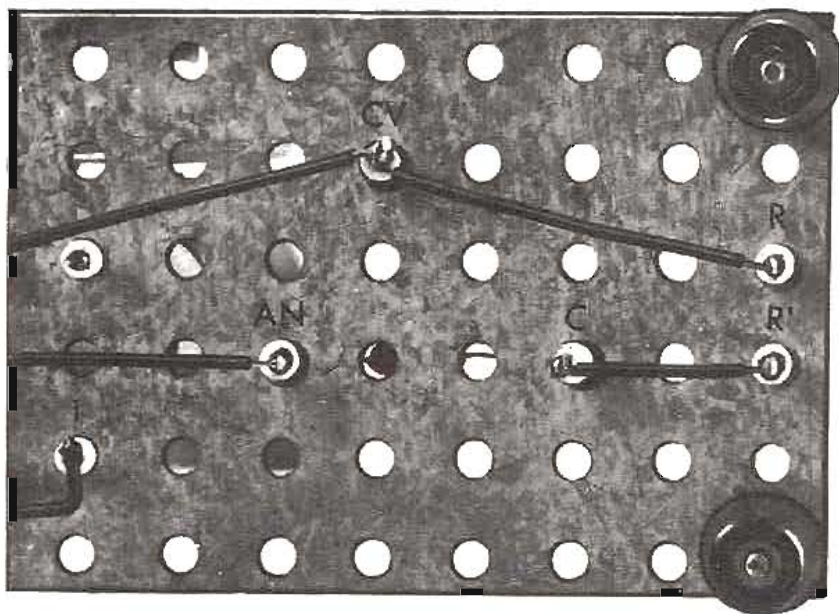


Hasta aquí hemos alambrado esta parte de circuito: antena-tierra y circuito resonante.



En 1 soldaremos un cabo de hilo conductor aislado en plástico cortándolo a una medida tal que pueda alcanzar el terminal A. Observe que en la figura correspondiente la conducción A-T no es una línea recta, sino que ha adoptado una forma

que lo aparta un poco del terminal 2. Si este conductor A-1 fuese recto tocaría en 2, dificultando la soldadura en este punto, al tiempo que proporcionaría un lugar de posibles roces con el consiguiente peligro de avería.



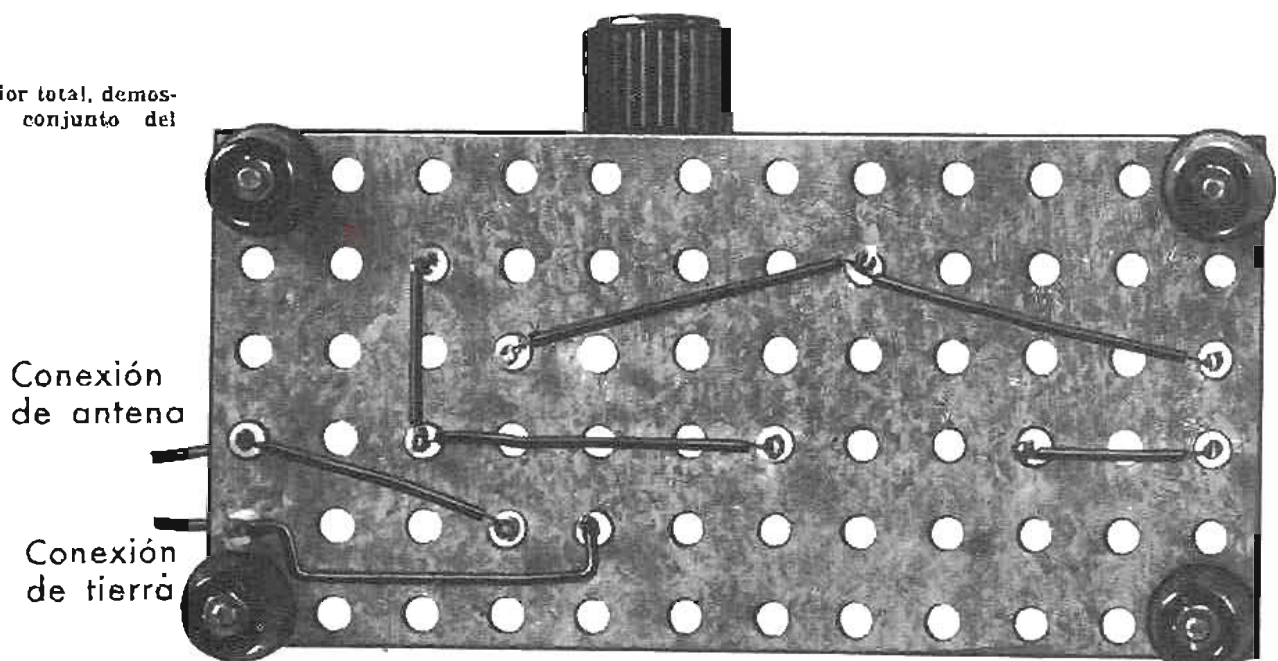
Una vez situados los conductores 1-A y 2-T habremos solucionado el circuito correspondiente a la bobina de antena. Observe que en A tenemos una entrada de antena, de la cual pasa la corriente hasta el terminal 1 y recorre la bobina, saliendo por el terminal 2 para dirigirse a la conexión T, de la tierra.

Cerremos ahora el circuito resonante. Si recordamos dónde están la entrada y la salida de la bobina de sintonía y dónde se hallan situados los dos contactos del condensador, es fácil comprender que debemos establecer una conexión entre el terminal 3 (entrada de la bobina de sintonía) y el terminal CV que queda a su mismo nivel.

Desde 4 (salida de la bobina de sintonía) estableceremos una conexión con el terminal CV aún no empleado. Como entre 3 y 4 queda situada la bobina de sintonía y entre los dos terminales CV queda el condensador variable, es evidente que con estas dos conexiones hemos completado el circuito resonante de nuestro receptor.

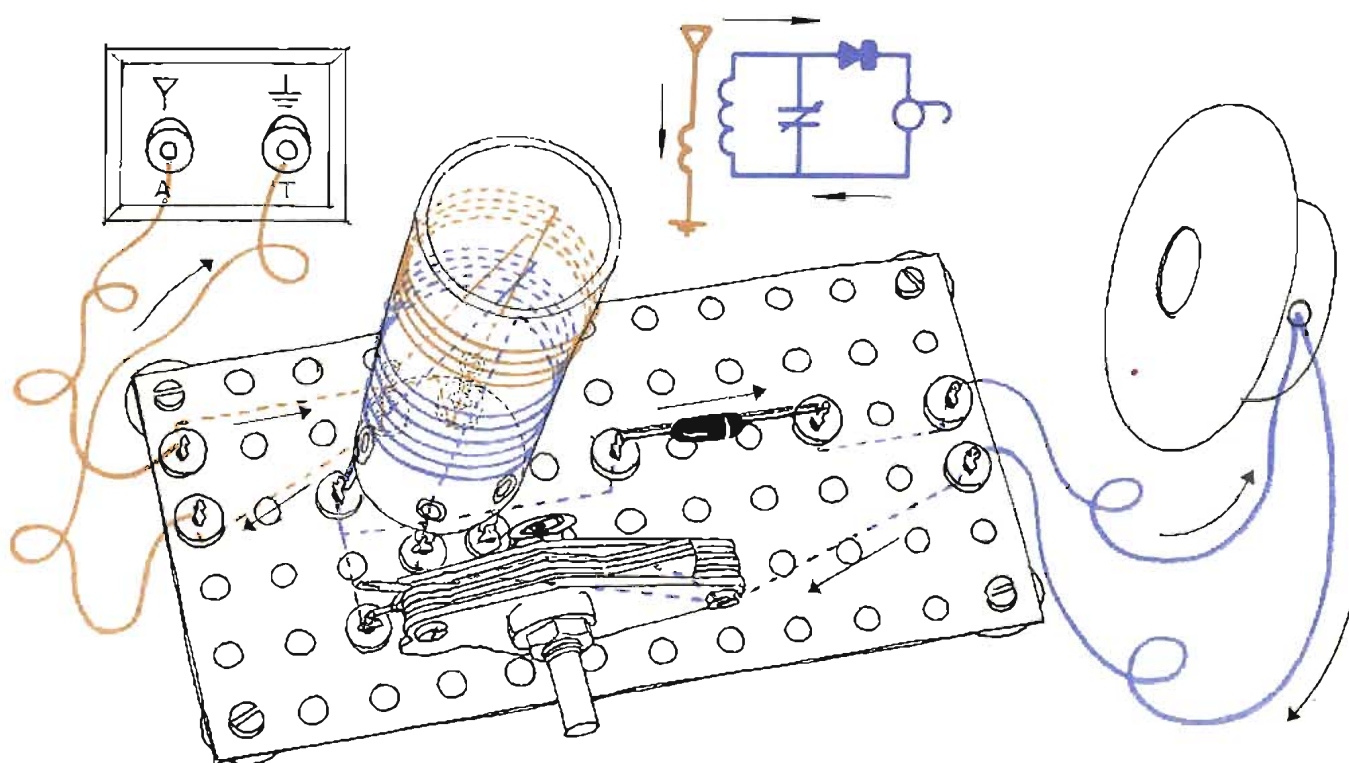
Con tres conexiones más completaremos el circuito del receptor. Observe que conexiionando 3 con CV C con R' y R con CV dejamos el circuito preparado para completarlo con las correspondientes tomas de antena y tierra y el auricular, que conectaremos en R y R'.

Vista inferior total, demostrando el conjunto del cableado.



Dos cables conductores, soldados respectivamente al terminal A y al terminal T, alcanzarán las tomas de antena y tierra previamente establecidas en nuestro lugar de trabajo. Al final de cada cable colocaremos una banana para facilitar la conexión a las tomas de antena y tierra, que, según hemos aconsejado, estarán en sendas hembra-situadas sobre una pequeña tabla de madera.

Consideramos muy interesante que estudie atentamente el gráfico inmediato, donde se pretende demostrar cómo el montaje responde con toda exactitud al esquema de partida. Mediante dos colores distintos destacamos lo que es el circuito antena-tierra y lo que es el circuito de sintonía y detección, al que habremos incorporado el auricular.



He ahí una ilustración que permite observar perfectamente cómo la dirección de las corrientes previstas en el esquema se cumple al pie de la letra en el montaje.

## EL APARATO NO FUNCIONA - Posibles causas

Supongamos que, una vez construido este receptor, no hay manera de sintonizar ninguna emisora.

En este caso debe pensarse en dos posibles motivos: uno de ellos es la imposibilidad por parte de la emisora para afectar un receptor de poca sensibilidad, bien sea debido a su poca potencia o por razón de la excesiva distancia a que se encuentra. Para una emisora de potencia media la distancia máxima para obtener una sintonía clara, con un receptor a diodo, es de unos 10 ó 12 kilómetros.

Sin embargo, cuando se dispone de una buena antena exterior y se está en un lugar despejado, no es raro conseguir la sintonía de las emisoras de potencia media situadas a 20 y hasta 30 kilómetros. ¡No digamos si tiene la suerte de contar con una emisora de gran potencia dentro de un radio no mayor que las distancias citadas!

Dentro de una misma comarca existen zonas de terreno donde parece que las ondas emitidas por determinadas emisoras se resisten a entrar, y en cambio estas mismas señales son audibles desde puntos mucho más distantes.

Los accidentes geográficos y las condiciones atmosféricas afectan de muy varias formas las posibilidades de recepción. Es muy difícil predecir el resultado que puede rendir un aparato tan elemental como el nuestro si no existe ningún precedente en el mismo lugar. Lo único que puede dar por cierto es que si allí donde usted debe comprobar su receptor alguien tiene un aparato de galena que funciona, con mayor motivo debe funcionar este receptor con diodo de germanio.

También es posible que la sensibilidad del aparato aumente de modo considerable durante ciertas horas de la noche. A medianoche, por ejemplo, la audición suele ser mucho mejor que a horas más tempranas; por tanto no es nada extraordinario que durante el día desaparezca la sin-

tonia que por la noche quizás haya resultado perfecta.

Hasta aquí los problemas que pueden atribuirse a la emisora en cuanto a potencia y situación geográfica.

El segundo motivo del silencio puede estar en el mismo receptor; bien sea en el auricular, en la antena, en la toma de tierra, o en las partes alambradas.

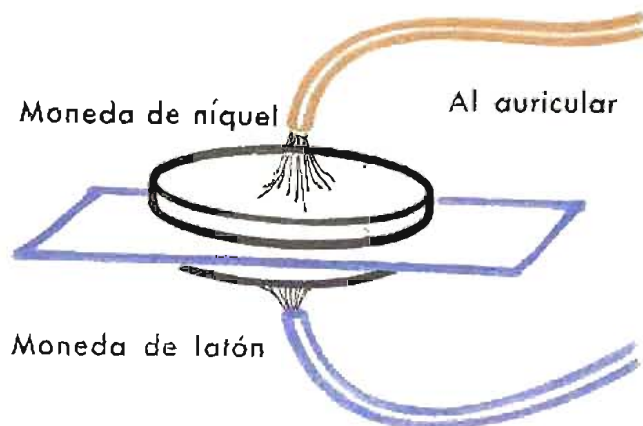
Es decir: si usted llega al convencimiento de que la potencia de la emisora más próxima, así como las condiciones geográficas, son las necesarias para obtener un buen resultado con el receptor que acaba de montar, y a pesar de ello no consigue sintonizarla, debe pensar en algún defecto de montaje o en algún fallo técnico en el material empleado.

### El defecto puede estar en el auricular.

Es incuestionable que de nada servirá que haya sido perfecto el montaje del receptor si el auricular es defectuoso. Creemos con sinceridad que hemos explicado el montaje del receptor con claridad suficiente para excluir un error en este sentido, y por lo mismo le recomendamos que compruebe si el auricular tiene la sensibilidad necesaria para captar las débiles corrientes que deberán accionar su membrana.

Para ello existe una prueba que puede considerarse clásica. Puesto que la respuesta del auricular debe referirse a corrientes muy débiles, vamos a excitar el electroimán mediante una diferencia de potencial extremadamente pequeña. Si para tal estímulo el auricular acusa el paso de una corriente tendremos la seguridad de su perfecta sensibilidad.

Obtendremos esta debilísima corriente por medio de un par voltaico de fabricación casera. Tomaremos un trozo de papel secante, que empaparemos con agua y vinagre o con agua salada. Colocaremos este papel entre una moneda de latón y una de níquel, o bien entre una de aluminio y otra de latón; el caso es que sean dos metales distintos.



Si unimos cada uno de los contactos del auricular a cada una de las monedas, y una vez situado sobre nuestro oído escuchamos una especie de carraspeo cada vez que restreguemos un contacto con cualquiera de las monedas, podemos tener la certeza de estar en posesión de un auricular con la sensibilidad suficiente.

### El defecto puede estar en el receptor

Si el auricular está en perfectas condiciones y a pesar de ello nuestro receptor no funciona, deberemos pensar en algún defecto de montaje. Lo que procede es efectuar un buen repaso a lo que acabamos de hacer.

Podemos mirar, por ejemplo, si las espiras de las bobinas quedan completamente aisladas unas de otras, cosa que no se cumplirá si por cualquier circunstancia se ha cuarteado el esmalte que recubre el hilo de cobre de las bobinas.

Examine los contactos entre los extremos de los devanados de las bobinas y los terminales del tubo. Es importante que las soldaduras sean perfectas.

También es posible que se haya equivocado en el número de vueltas del devanado. Repase este detalle.

Otro elemento que puede contribuir al fallo del receptor es el condensador variable. En este componente sólo cabe pensar en defectos de fabricación (ciertamente muy raros) o en que se haya establecido contacto entre las placas fijas y las placas móviles. Esto último, en condensadores sencillos como son los de papel, puede suceder cuando un exceso de humedad interior ablanda las láminas de papel que separan los dos juegos de placas.

Finalmente, cabe pensar en un posible error en la interpretación del circuito, olvidando alguna conexión o confundiendo los puntos a relacionar mediante conductores. Repase su montaje, asegurándose al mismo tiempo de que los contactos son perfectos. Es otro motivo de avería.

Hemos dicho, y repetimos, que lo mejor para conseguir audiciones perfectas y para alcanzar un máximo de sintonías, de acuerdo con la calidad del receptor, es disponer una antena exterior, situada a la mayor altura posible. Se han ofrecido a su consideración otros sistemas de antena, de los que recomendamos la antena interior descrita.

No se nos oculta la posibilidad de que se le presenten dificultades para conseguir tal instalación, y que debido a ello se decida a montar el receptor antes de disponer de un sistema antena-tierra técnicamente correcto.

No escribimos para profesionales, sino para los que desean llegar a serlo; y por ello sabemos retroceder a nuestros años mozos, cuando debimos superar las mismas dificultades que usted encontrará en su camino hacia la profesionalidad. Aquí, pues, son buenas todas las soluciones, por caseras que puedan parecer; máxime tratándose de poner en funciones un receptor tan elemental como el que nos ocupa.

Los primitivos aparatos de galena y sus hermanos, los de diodo de germanio, tienen reacciones muy curiosas:

Suponiendo que la emisora más cercana tiene suficiente potencia para que, en buena lógica, el receptor pueda reproducir sus señales, podemos



Las espiras con el esmalte cortado restan efectividad a las bobinas.

encontrarnos ante situaciones paradójicas, tales como la ineficacia de lo que, en principio debemos considerar una buena antena o lo que consideramos una buena tierra.

Algunas veces, lo que no se consigue con una antena interior montada con toda las exigencias descritas se consigue empleando la tela de un sommier o uno de los bornes de una toma de corriente alterna que generalmente usamos como tierra. Una toma de tierra practicada sobre una conducción de agua (que se prescribe como la más eficaz) puede proporcionar resultados muy inferiores al rendimiento como tierra de la baranda metálica de un balcón.

Aclaremos, empero, que estas anomalías se presentan sólo en aparatos de la familia de los de galena y que no se mantienen cuando se trata de receptores con detección y amplificación termoiónicas.

Por esta vez, dispóngase a emular la paciencia (que algunas veces alcanzó grados heroicos) de los primeros radioescuchas, probando cuantas combinaciones se le ocurran hasta encontrar el sistema A-T más eficaz.

Claro que hay cosas que no debe hacer, como por ejemplo adoptar por antena el conductor de un pararrayos o pensar en utilizar los dos polos de un enchufe. En ambos casos, se comprende, el peligro es inminente.

## Cuando no hay posibilidad de sintonía

Vamos a situarnos en el peor de los casos: por la distancia que lo separa de la emisora más cercana, usted comprende que las posibilidades de sintonizar con ella son nulas. Sin embargo, es lógico que sienta el deseo de saber si realmente ha montado el receptor de forma correcta.

Pues bien: esta comprobación es fácil. Lo es porque toda descarga eléctrica lleva implícita la creación de ondas electromagnéticas de una determinada frecuencia.

Por ello el receptor debe apreciar las señales producidas por las chispas que saltan entre los contactos de un timbre eléctrico. Haga la prueba colocando una antena cerca de un timbre; si accionando el condensador llega a percibir una especie de ronroneo por el auricular cada vez que

suenan el timbre, puede dormir tranquilo: su aparato está bien montado.

También los rayos son un sistema de comprobar el receptor. Desde cincuenta kilómetros puede captarse la señal emitida por los rayos de una tormenta. ¡Pero no es prudente efectuar la prueba cuando tenemos el chaparrón encima!

Aún podemos proponerle otra prueba. Accionando con rapidez un interruptor que apaga y enciende una bombilla, se emite una señal electromagnética capaz de producir una respuesta en el auricular.

Como ve, aun suponiendo los mayores inconvenientes, puede tener la satisfacción de comprobar que si el aparato no puede captar ninguna sintonía no se debe a ningún error de montaje.



**AFHA**