

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS DE LA ELECTRONICA

La Electrónica podría definirse como la ciencia que estudia las particularidades del electrón y de sus acciones, por lo cual queda establecido que el primer paso en su estudio será una mención del mismo con una definición aunque sintética de su esencia y propiedades.

Qué es el electrón

Toda la Electricidad y sus fenómenos derivados están apoyados en una diminuta partícula movediza y potente, que puede darnos luz, calor, movimiento, música, imágenes, etc. Y bien, todos los cuerpos que hay en el universo, sean sólidos, líquidos o gaseosos, están formados por una aglomeración de pequesísimas partículas, tan pequeñas que son invisibles aun para los microscopios más poderosos. Esas partículas se llaman *átomos*. Si tomamos un trozo de hierro, por más que lo miremos no podemos explicarnos cómo parece materia sólida sin subdivisiones, pero es una compacta aglutinación de átomos. La figura 1 nos quiere mostrar esto, pero allí los átomos están tan agrandados que pueden verse, y ya hemos dicho que es imposible verlos. Si los átomos están fuertemente adheridos

entre sí, el cuerpo es sólido. Si la adherencia no es tan efectiva que permite que los átomos se deslicen unos contra otros, tenemos los líquidos. Y finalmente, si no hay ninguna adherencia entre los átomos, se forman los gases.



Fig. 1. — Todo cuerpo está formado por infinidad de minúsculas partículas.

Durante mucho tiempo se pensó que el átomo era una partícula sólida, maciza, indivisible y que, por lo tanto, no admitía subdivisión alguna. Sin embargo, posteriores investigaciones permitieron comprobar que el diminuto átomo está formado como un sistema planetario, con un núcleo central y un conjunto de sutiles partículas que giran a vertiginosa velocidad alrededor

de aquél (véase Fig. 2). ¿Por qué se admitía que todo ese conjunto era un sólido? Por la misma razón que si se hace girar una piedra atada a un hilo se ve un círculo macizo. Como hay muchas partículas girando en derredor del

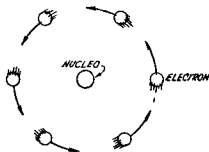


FIG. 2.—Cada átomo es un pequeño sistema planetario en miniatura.

núcleo la apariencia del átomo es la de una bola o esfera. Ya llegamos a encontrar nuestra incógnita. Esas partículas son los *electrones*.

Conviene ir formándose una idea del tamaño de un electrón, para lo cual imaginemos que los alineados en fabulosa cantidad pegados unos a otros como quiere representar la figura 3. Cinco billones de electrones ocuparán la longitud de un centímetro. No debe el lector preocuparse por este problema, pues no podrá comprobarlo y sólo está a su alcance verificar qué es lo que produce los electrones cuando se hallan en cantidades impresionantes.

Para el estudio de la Electrónica no nos interesan los átomos con todos sus componentes sino precisamente cuando ocurre que se descompleta, es decir, que sale un electrón del átomo, tal como se han ilustrado en la figura 4. El electrón que queda libre corre por el cuerpo a que pertenece el átomo, y el átomo de donde

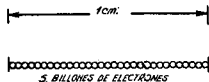


FIG. 3.—Este dibujo nos da idea de la pequeñez del electrón.

salió queda incompleto. Estamos ya frente a lo que se conoce con el nombre de *Electricidad*, pues un electrón libre es una carga eléctrica negativa y un átomo incompleto es una carga

eléctrica positiva. Por el momento no sabemos todavía lo que es electricidad pero hay que confesar que tampoco lo saben bien los científicos que hablan de ella. Lo que sí se conoce perfectamente son los efectos de la electricidad, los fenómenos que provoca, la manera de conducirla y lo que le ocurre a los cuerpos cuando por ellos circula. Por lo dicho anteriormente tenemos que admitir desde ya que la electricidad circulante no es otra cosa que electrones libres generalmente en cantidad enorme. Los átomos incompletos tratan de recuperar a los electrones perdidos y por eso se habla de la atracción entre cargas eléctricas de distinto signo.

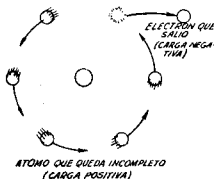


FIG. 4.—Al salir un electrón de un átomo se origina la electricidad.

Qué es la tensión eléctrica

Un nuevo *porqué* nos coloca frente a un nuevo interrogante, como es el de comprender qué es o qué significa la tensión eléctrica. Hemos oído muchas veces mencionar el *voltaje* de un circuito o de una línea eléctrica, y esto no es otra cosa que el nombre vulgarizado de la *tensión eléctrica*. Para entrar en materia consideremos primero un hecho que resultará más conocido por presentarse frecuentemente en la vida diaria.

La figura 5 nos muestra dos depósitos comunicados por una cañería. Todos sabemos que el agua del depósito más alto correrá por el caño hasta el depósito más bajo y tanto más velozmente o con más fuerza cuanto mayor sea la diferencia de nivel entre ambos depósitos. Quiero decir entonces que la posición en que se encuentra el agua puede dar una fuerza propulsora, provocar un movimiento, realizar un trabajo y ello sólo por el hecho de existir esa diferencia de nivel.

En los fenómenos de la electricidad también hay causas que pueden provocar fuerzas y movimientos, y aunque no puedan hacerse comparaciones entre el agua y los electrones, puede

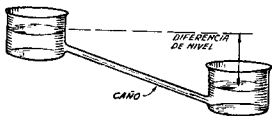


Fig. 5. — La diferencia de nivel de los depósitos se traduce en una presión.

hablarse de una diferencia de nivel eléctrico que no tiene nada que ver con la posición o la altura pero sí con la electrización de los cuerpos. Veamos por ejemplo un caso muy simple que se plantea en la figura 6 y que nos muestra dos cuerpos electrizados, por ejemplo con carga positiva, es decir que en ambos faltan electrones. Los signos en cruz significa *positivo*, mientras que para indicar la carga *negativa* se usa el signo *menos* que en Aritmética marca la resta. Observemos que el cuerpo de la izquierda tiene más cruces que el de la derecha, lo que quiere significar que tiene mayor electrización,

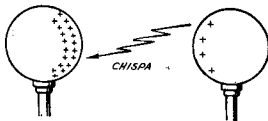


Fig. 6. — La presión eléctrica produce la descarga.

o sea que tiene mayor cantidad de cargas eléctricas. El cuerpo de la derecha tiene menos cruces o sea menos cargas eléctricas. Esto nos habla de un diferente estado eléctrico entre ambos cuerpos que es equivalente a la diferencia de nivel de los depósitos de la figura 5; luego, puede producirse un desplazamiento de cargas de un cuerpo hacia el otro o sea saltar la chispa si se los aproxima. Esa chispa tenderá a nivelar la diferencia, es decir, que saldrán electrones del cuerpo de la derecha porque allí faltan menos cantidad que en el otro. Esto es lógico, puesto que las cruces significan átomos incom-

pletos, o sea falta de electrones, y entonces al cuerpo de la izquierda le faltan más electrones que al de la derecha.

Quiere decir entonces, que podemos denominar *nivel eléctrico* al estado de electrización de un cuerpo, más precisamente a la situación que ese cuerpo presenta en potencia por su posibilidad de actuar sobre otros cuerpos. Por esto suele llamarse también *potencial eléctrico* a ese estado. Podríamos decir entonces que si dos cuerpos se hallan a distinto potencial puede haber una descarga eléctrica entre los mismos. Cuando hay una diferencia de potencial o de nivel eléctrico entre dos cuerpos se dice que existe entre ellos una tensión eléctrica.

Ahora ya podemos llegar al concepto práctico de la tensión eléctrica, para lo cual tomamos una pila de las que se emplean para circuitos de campanillas, teléfonos, etc. y veremos en ellas dos tornillos con tuerras que se denominan bornes o polos. Si colocamos un cable que toque ambos tornillos observaremos que salta una chispa. Esto quiere decir que en la pila hay cargas eléctricas y que por lo menos debe haber dos cuerpos electrizados.

Si observamos la envoltura de cartón que tiene la pila notaremos que en ella hay escrita una cifra que dice "1.5 Volt" o simplemente "1.5 V.". Bien, esa cifra es la que da la tensión eléctrica que tiene la pila, lo cual nos dice que así como se puede hablar de la capacidad de una botella, por ejemplo un litro, también se puede expresar una tensión eléctrica en números y hasta medirla, para lo cual se emplean los aparatos denominados voltímetros. También hemos oído mencionar muchas veces la cifra 220 Volt, que es la tensión eléctrica que hay en la línea domiciliaria. Esto nos dice que tal línea tiene una tensión mucho mayor que la de la pila. Y podríamos mencionar los casos de tensiones muy elevadas como las que se emplean en las usinas, en los aparatos de televisión, etc., donde se habla de miles de Volt.

Lo que se destila de todo lo dicho es que la tensión eléctrica podría definirse como una fuerza, como una capacidad de descarga, como un algo que está latente por el hecho de haber distinto grado de electrización entre dos cuerpos. La tensión eléctrica se mide en Volt y siempre aparece en los circuitos de electricidad o de electrónica la cifra que debe dar la cantidad de Volt que debe haber en cada lugar, para que se pueda lograr el desplazamiento de cargas eléctricas necesario en esa parte del circuito. Es evidente que cuantos más Volt haya mayor será el desplazamiento de la carga.

Por qué circula la corriente

Un electrón aislado, que ha salido de un átomo, constituye una carga eléctrica sola, muy pequeña, y carece de importancia práctica; pero si podemos imaginar muchos, pero muchos millones de electrones en libertad y los hacemos correr por un alambre metálico, vulgarmente denominado también cable o conductor, tenemos el caso de la figura 7, donde no se han dibujado todos los electrones porque sería imposible. Ahora viene la afirmación sorprendente: esos electrones circulando por el cable constituyen precisamente la corriente eléctrica. Repetimos entonces: la corriente eléctrica no es otra cosa que una ininidad de electrones corriendo en velocísima carrera por el interior de un alambre metálico.

Llegamos, pues, al momento de contestar la pregunta antes formulada. Para ello observamos la figura 8 que nos muestra un cable muy agrandado, un electrón libre en su interior y dos cuerpos cargados de electricidad en ambos extremos del cable. El cuerpo de la izquierda tiene carga eléctrica negativa, es decir que allí hay electrones en exceso. El cuerpo de la dere-

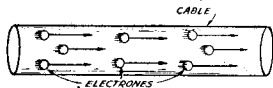


FIG. 7. — La corriente eléctrica es una carrera de electrones por un conductor.

cha tiene carga eléctrica positiva, es decir que aquí faltan electrones en los átomos. El hecho de haber enfrentado dos cuerpos cargados con electricidad de distinto signo o clase sabemos que da origen a fuerzas eléctricas poderosas, capaces de impulsar los electrones o sea ponerlos en movimiento.

Ahora nos preguntamos: ¿de dónde puede haber salido el electrón y hacia dónde irá, impulsado por las fuerzas eléctricas? En primer lugar el electrón de la figura 8 debe haber salido del cuerpo de la izquierda, porque allí hay electrones en exceso. En segundo lugar, el electrón debe dirigirse hacia donde faltan elementos similares, que es precisamente el cuerpo de la derecha. Luego, sin entrar en mayores detalles, sabemos que nuestro electrón irá de izquierda a derecha, o sea del cuerpo con carga negativa hacia el cuerpo con carga positiva, corriendo por el cable.

Todavía podemos decir algo más al respecto. Dos cargas eléctricas colocadas vecinas ejercen

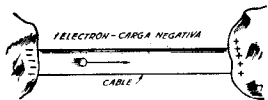


FIG. 8. — El electrón corre desde el polo negativo hacia el positivo.

entre sí una fuerza. Si las cargas son del mismo signo hay repulsión, pues ninguna de las dos puede completar los átomos incompletos del cuerpo, pero si las cargas son de signo contrario hay una fuerte atracción, que tiende a completar los átomos. Luego, pensando en nuestro electrón de la figura 8, vemos que será rechazado por la carga negativa de la izquierda y atraído por la positiva de la derecha. Esto demuestra la aseveración que podemos hacer ya, y es que la corriente eléctrica circula desde el polo negativo al positivo, y asunto terminado.

Una vez que hemos definido la esencia de la corriente eléctrica, podemos pasar a los casos prácticos de circulación de la misma en casos reales. Por ejemplo, citemos al pasar la figura 9, que muestra una pila eléctrica, que nos resulta conocida. Un cable une por un momento sus dos bornes, el positivo central y el negativo lateral. De acuerdo con la afirmación que hicimos antes, por el hecho de unir con un cable

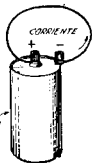


FIG. 9. — Un cable que une los polos de una pila sirve de descargador.

dos puntos o cuerpos con carga de distinto signo, circulará una gran cantidad de electrones o sea una corriente eléctrica. El sentido de esa circulación nos resulta ahora conocido, y es el que va del polo negativo al polo positivo.

Claro está que el dibujo de la figura 9 nos muestra un caso irreal, porque no hay ventaja práctica en conectar un cable directamente en-

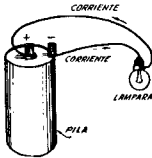


Fig. 10. — Si se intercala una lamparilla, la corriente que pasa por ella la enciende.

tre los bornes de una pila para hacer circular electrones o corriente por él. En la realidad, se intercala en el pasaje de la corriente un elemento capaz de aprovechar esa circulación, como en una lamparita, del tipo utilizado en las linternas. La figura 10 nos aclara la afirmación precedente. La misma pila, el mismo cable, pero hay una pequeña lamparita inserta

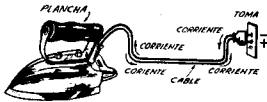


Fig. 11. — La corriente eléctrica también produce calor.

en el circuito. Mientras dura la carga eléctrica de la pila, la lámpara permanece encendida. Y es que el pasaje de los electrones por dicha lámpara enciende su filamento. Cuando todos los electrones excedentes llegan al polo positivo, se neutralizan las cargas y se dice que la pila se ha gastado. Por consiguiente, dejará de circular corriente y la lámpara permanecerá apagada.

No es necesario que imaginemos la lámpara conectada a la pila, como único caso. Si se trata de la instalación eléctrica domiciliaria, podemos poner el ejemplo de una plancha que se ve en la figura 11. En el toma hay una fuente eléctrica con dos polos, uno positivo y uno negativo, tratándose de corriente continua (de la alternada nos ocuparemos más adelante). La

plancha se conecta mediante una ficha de dos cables que cierran el circuito. La corriente sale de un polo de la línea, que es el negativo y pasando por el cable y la plancha y vuelve a la línea, al polo positivo. Al pasar por el interior de la plancha produce calor, como sabemos. Este es otro de los fenómenos que puede producir la corriente eléctrica circulante.

Por qué existe la resistencia

Hemos dicho que la corriente eléctrica no es otra cosa que una gran cantidad, pero una enorme cantidad de electrones libres corriendo a fantástica velocidad por un cuerpo. En la realidad ese cuerpo toma casi siempre la forma de un alambre metálico cuyos extremos están unidos a los polos eléctricos del circuito, que pueden ser los de una pila, los de la red eléctrica de canalización u otra fuente.

Pero pensando en la circulación de la corriente eléctrica por el alambre, tal como lo quiere ilustrar la figura 12, con una cantidad pequeña de electrones, en seguida se nos ocurre que no debe ser lo mismo si dicho alambre es grueso o fino, si es corto o largo, si es de hierro, de cobre o de otro material.

Ocupémonos primero del grosor del material, para lo cual no hay más que imaginarse la estación de un subterráneo en Buenos Aires a la hora del mayor tránsito. Las personas se agolpan a la entrada de la escalera y el movimiento se hace lento. Si la escalera fuera mucho más ancha, pasarían con más facilidad. La figura 13 nos muestra lo que ocurre y podemos llevar el ejemplo a todo tipo de desplazamiento de unidades, partículas, etc. Un embudo de una máquina moladora de café también nos da una idea cabal de lo que estamos diciendo. Quiere

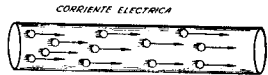


Fig. 12. — Aparentemente, la corriente circula libremente por los conductores.

decir que si llevamos el problema a la corriente eléctrica, nos damos cuenta en seguida que la circulación de electrones por un alambre será tanto más fácil cuanto más grueso sea éste. Todos sabemos que se usan cables gruesos cuando se debe conectar un artefacto de gran consumo.

como una cocina eléctrica, por ejemplo.

Otro de los factores que facilitan la circulación de electrones, o sea de la corriente eléctrica, es la longitud del alambre. No hay que hacer mucho esfuerzo para advertir que es muy distinto para una persona recorrer una cuadra

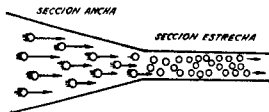


FIG. 13.— Aquí empezamos a ver que la sección de pasaje tiene influencia.

que veinte. Si bien en los electrones no podemos hablar de fatiga corporal, es lógico pensar que si tenemos un alambre corto que forma el circuito, circularán más electrones que si ese alambre es largo. La limitación obra en sentido inverso al del grosor o sección transversal, pues en ésta, a mayor sección más facilidad, mientras que en el largo, a mayor longitud menor facilidad. Este problema no nos debe preocupar por ahora, pues más adelante reuniremos en un solo concepto todos estos factores.

Ahora viene la tercera cuestión, que hace que la corriente eléctrica encuentre mayor o menor facilidad en su circulación. Se trata del tipo o

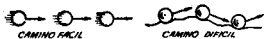


FIG. 14.— El camino de la circulación de la corriente ofrece dificultades.

naturaleza del material por el cual debe circular. A primera vista se nos ocurre pensar que el agua que corre por una cañería no depende en absoluto del tipo de material de esa cañería, pues a igual sección interior no tiene importancia que se trate de cobre, plomo, hierro u otro material cualquiera. Pero hay que tener en cuenta que en el caso de la cañería, el agua circula por el interior de la misma y no importa el material que tienen alrededor como envoltura. En el caso de los cables eléctricos interesa el metal con que está hecho el alambre y no el forro que se le coloca por razones de aislación.

Pongamos un ejemplo un poco más compren-

sible. En la figura 14 vemos unas bolitas que deben circular o correr por sobre el piso. En el caso ilustrado a la izquierda se desplazan con entera facilidad por cuanto el camino es liso, mientras que en el de la derecha la rugosidad del suelo dificulta la circulación, es decir, le opone resistencia. En el caso de la corriente eléctrica, sabemos que los electrones corren por el interior del material y, por consiguiente, no debe interesarnos la rugosidad exterior; pero, sin embargo, hay una cierta característica de facilidad o resistencia a la circulación de electrones en los distintos materiales.

Para comprender el porqué de lo que acabamos de mencionar tendríamos que analizar la naturaleza íntima de la materia, es decir, los átomos y los espacios vacíos que median entre los mismos. Parece ser que cada sustancia presenta una textura íntima muy diferente y particular. En general, los metales presentan la particularidad de que tienen una constitución interna muy adecuada a la circulación de electrones, mientras que los otros materiales no son así. En particular, si mencionamos la porcelana, el vidrio y sustancias similares, ocurre que su constitución impide notablemente la circulación de corriente eléctrica. Por tal motivo los primeros se llaman conductores y los segundos aisladores. Entre estos últimos se encuentran la goma, la mica, la bakelita y todos los aisladores conocidos vulgarmente. Hay todavía una particularidad notable y es que el cobre es el mejor conductor, o sea que es el cuerpo que ofrece más facilidad al paso de los electrones, lo que equivale a decir que es el cuerpo que les ofrece menos resistencia. Por esta razón los cables eléctricos se hacen de cobre. También podemos ya afirmar que para que los electrones no se salgan del alambre de cobre se lo envuelve en goma o plástico, y cuando hay que sostenerlo en el aire se emplean piezas aisladoras de porcelana, vidrio o bakelita.



FIG. 15.— Símbolo con que representamos la resistencia eléctrica.

Ya estamos en condiciones de definir la resistencia eléctrica. Hemos dicho que la sección

transversal del alambre, la longitud y el material de que estaba hecho tenían importancia en la mayor o menor facilidad que hay para que circule la corriente eléctrica. En la técnica se ha preferido hablar de la resistencia de los cuerpos a la circulación de electrones en lugar de mencionar la facilidad para esa circulación. Tenemos, entonces, que un alambre grueso ofrecerá menos resistencia que uno fino; un alambre largo tendrá más resistencia que uno corto y un alambre de cobre tendrá menos resistencia que uno de hierro. Con esto queda definida la resistencia eléctrica, y podríamos agregar que la

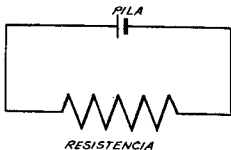


Fig. 16.— Aquí tenemos un circuito eléctrico elemental.

misma obra como una cifra, ya que se puede medir, y que su unidad es el Ohm. Esta unidad es convencional, y se usan también sus múltiplos, como el Kilohm (1.000 ohm) y el Megohm (1.000.000 ohm).

En los circuitos eléctricos se representa la resistencia por el símbolo que vemos en la figura 15 y que es una línea quebrada con una letra R puesta al lado o sobre ella. También se escribe un número que es la cantidad de Ohm que tiene la resistencia; por ejemplo, 300 ohm, 50.000 ohm, etc.

El circuito se completa en la forma como se ve en la figura 16, que sería el más simple de todos, pues sólo contiene una pila, que se representa con el símbolo indicado en la figura, y una resistencia. El lector se preguntará qué objeto tiene esa resistencia, y la respuesta es inmediata: precisamente limitar la circulación de la corriente eléctrica al valor que corresponda. Quiere decir que si queremos que en el circuito circule una corriente pequeña, pondremos una resistencia de muchos ohm y, viceversa, utilizaremos una de pocos ohm para que haya una corriente grande.

Por qué produce calor la corriente

Sabemos ya que los electrones que se han desprendido de los átomos circulan velozmente por los conductores, es decir por los cables, impulsados por las fuerzas eléctricas que también hemos definido con anterioridad.

Suponemos que estos electrones parten de un lugar y llegan a otro y hemos adoptado símbolos para poder establecer la dirección en que se produce la circulación. Asignando a cada electrón la calidad de carga eléctrica negativa aceptamos que salen del polo negativo de la fuente, rechazados por las cargas negativas que allí existen y se dirigen hacia el polo positivo de dicha fuente, atraídos por la carga de ese signo que hay en ese lugar. Por el momento podemos pensar que la fuente eléctrica de que estamos hablando es una pila, ya que no nos interesa el tipo de fuente sino su efecto sobre los electrones.

Volvemos a tomar un trozo de cable como el que se ilustra en la figura 17; para ver unos cuantos electrones que corren por él y aclaramos una vez más que aparecen cinco solamente cuando en la realidad se trata de millones, muchos millones de ellos. Estos electrones van pasando por la masa del cuerpo y precisamente por los espacios vacíos que hay entre los átomos produciendo una especie de rozamiento. Al respecto podemos imaginarnos una gran cantidad de piedras que ruedan por la ladera de la montaña. En su caída saltan, chocan y vuelven a rozar la ladera. Es cierto que en este ejemplo no corren por el interior de la montaña sino por afuera, pero la carrera desordenada de las piedras nos permite imaginar cómo es la circulación de los electrones por el interior del cable.

El rozamiento, es decir, lo que hace cada electrón cuando va raspando sobre los átomos

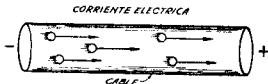


Fig. 17 — Los electrones que corren chocan entre sí, y se produce el calor.

del cuerpo produce calor. Pensemos lo que ocurre cuando frotamos con la mano cualquier cuerpo. La superficie de ese cuerpo se calienta en seguida y, lógicamente, algo parecido debe ocu-

rrir con los electrones y el cable. Es cierto que los electrones son muy pequeños pero su cantidad es tan fabulosa que el cable se calienta lo mismo.

Con esto queda aclarado que la corriente eléctrica que circula por un conductor produce en él una elevación de temperatura, es decir que el cable se calienta, y también queda explicado en forma un poco elemental el porqué de ese fenómeno térmico. Ahora que sabemos esto podemos entrar a considerar cuánto es el calor que se produce.

Sin tener mayores conocimientos sobre la electricidad, en seguida nos damos cuenta que cuanto mayor sea la cantidad de electrones mayor debe ser la cantidad de calor que se produce en

viene que caliente mucho pues se quemaría la goma o material similar que sirve de envoltura aislante. Esto nos dice que conocido el valor de la intensidad de corriente que va a circular deberemos utilizar un cable de un grosor determinado. Por ejemplo, para intensidades no mayores de 10 Amper se emplean cables de un milímetro cuadrado de sección transversal y así se establece la sección que corresponde a la intensidad de corriente que se supone va a circular por el cable. Obsérvese que hemos nombrado a la unidad de la intensidad de la corriente eléctrica el *Amper*, que se usa siempre, así como sus submúltiplos, el *miliampér* y el *microampér*, que son la milésima y la millonésima parte, respectivamente.

Otro caso es cuando nos interesa precisamente producir calor con la electricidad. Ahora tenemos que cambiar de táctica y emplear metales de alta resistencia eléctrica y hacer pasar por los mismos corriente de intensidad elevada. Estos conductores generalmente se arrollan para que no ocupen una dimensión exagerada, y todos los conocemos, puesto que se encuentran en los calentadores eléctricos, las planchas, estufas, etcétera.

La figura 18 nos muestra lo que acabamos de decir. El alambre que va a irradiar el calor producido lo dibujamos con el símbolo correspondiente a una resistencia eléctrica y en la práctica toma precisamente este nombre. Esta resistencia se conecta mediante dos cables a los polos del tomacorriente y la corriente eléctrica circula por cables y resistencia en la forma establecida en la figura. Los cables no deben calentarse y por ello son de cobre, material de baja resistencia. La *resistencia* se hace con alambre de alta resistencia, como ser el alambre *nicrome* que es una aleación especial. Al paso de la corriente eléctrica se produce tanto calor que el alambre se pone al rojo y eso lo hemos visto observando una estufa eléctrica o un calentador sin tapa. Si reducimos el diámetro del alambre, además de calor llega el momento que produce luz. Del estado al rojo pasa al estado incandescente, sin dejar por ello de producir calor. Así se fabrican las lámparas eléctricas colocando en el interior de una ampolla de vidrio una resistencia hecha con un delgadísimo filamento de tungsteno.

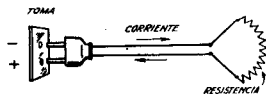


FIG. 18.— Un alambre delgado recorrido por corriente produce calor.

el cable. Pero ocurre que al ir aumentando la cantidad de electrones se produce también rozamiento entre ellos y el calor es mayor todavía. Luego una corriente eléctrica de doble intensidad no produce en un mismo cable el doble de calor sino cuatro veces. Una corriente triple producirá un calentamiento nueve veces mayor, y así en más. Esto se puede expresar matemáticamente diciendo que la cantidad de calor que produce la electricidad depende del cuadrado de la intensidad de corriente.

Otro factor muy importante para determinar el grado de calentamiento de un cable es la resistencia que ofrece a la circulación de la electricidad dicho cable. Y esto es evidente porque si el cable es más grueso los electrones tienen más lugar para circular y no se chocarán tanto entre sí. Además si el cable es de un material buen conductor los electrones circulan con mayor facilidad y por consiguiente no rozan tanto.

Ahora viene la aplicación práctica del fenómeno descrito. Si queremos construir cables para conducir la corriente eléctrica, no nos con-

CAPITULO 2

LA CORRIENTE ALTERNA

Qué es la corriente alternada

Podemos ahora imaginar un dispositivo un tanto curioso pero que nos servirá para entrar en el tema establecido para esta oportunidad. Observemos un poco la figura 19; veremos allí un sube y baja que puede ser uno de los tantos que hay en los parques infantiles. En cada extremo hemos colocado un depósito y los hemos comunicado entre sí por un tubo que puede ser de goma porque el movimiento no permitiría usar un caño de metal. En la posición en que se ha dibujado en la figura con trazos llenos a todo el conjunto podríamos considerar que estamos otra vez frente a la figura 5. El depósito de la izquierda está más alto y por consiguiente el agua circula de izquierda a derecha por el tubo.

Ahora hacemos mover la tabla del aparato de tal modo que el depósito de la izquierda baja y el de la derecha sube. El agua entonces que circula del mayor al menor nivel correrá

de derecha a izquierda. Si imprimimos a la tabla del sube y baja un movimiento ascendente y descendente continuado, tendremos que el agua del tubo circula tan pronto de izquierda a derecha como de derecha a izquierda, o sea

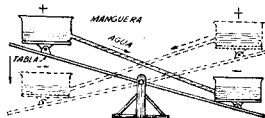


FIG. 19 -- Con depósitos en vaivén la circulación es alternada.

que alterna constantemente su sentido de circulación. Claro está que cuando la tabla queda en posición horizontal, durante su movimiento

de sube y baja, el agua se detiene, pues al estar los dos depósitos al mismo nivel deja de circular. Desde ya podemos definir a esta clase de circulación de la corriente con el nombre de *corriente alternada*.

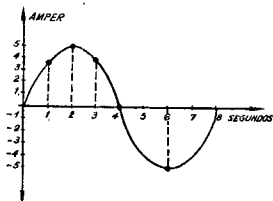


FIG. 20. — Un gráfico especial representa las variaciones de la corriente alternada.

¿Qué es entonces una corriente alternada?

Es una corriente que invierte constantemente su sentido de circulación y que en el momento de invertirlo no circula, es decir se detiene. Es como si una persona caminara en una dirección y de repente quiere retroceder; en el momento en que comience a hacerlo debe pararse para invertir la marcha. Observemos también que si la circulación de agua es más intensa cuanto más grande sea la diferencia de nivel de los depósitos, fácil es imaginar que cuando se alcanzan las posiciones extremas del sube y baja la circulación será más intensa.

Luego agregaremos que la corriente alternada, durante su circulación va alterando la intensidad, alcanzando un máximo y disminuyendo hasta cero, precisamente cuando cambia el sentido de circulación. Esto se puede representar por medio de un gráfico con mucha facilidad y lo vemos en la figura 20. Los puntos en los cuales la diferencia de nivel es máxima es cuando la corriente se hace más intensa, y aquellos en los cuales la tabla está horizontal, es cuando la corriente no circula, o sea que su intensidad es cero o nula.

Vemos ahora un poco los circuitos eléctricos en lugar de las comparaciones hidráulicas. Un circuito de corriente continua como el que estábamos habituados a ver es el que nos muestra la figura 16. Los polos están marcados con los signos más y menos y la corriente circula del polo negativo al positivo a través de la resistencia del circuito. Un circuito de corriente

alternada es como el que se ve en la figura 21. No pueden ponerse signos en los polos o deben ponerse los dos, el más y el menos, en cada uno de ellos. Lo mismo ocurre con la flecha que indica la circulación de la corriente, y en la figura 16 se han dibujado con sentido invariable y que en la figura 21 marcan el doble sentido de circulación o directamente no se colocan. En resumen, en un circuito de corriente alternada es normal no marcar ni la polaridad ni el sentido de circulación de la corriente, pues ambas cosas se invierten constantemente.

Podemos volver ahora al gráfico de la figura 20 si admitimos que se mide hacia arriba del eje el valor de la corriente cuando circula en uno de los sentidos, y hacia abajo cuando circula en el otro. En el sentido horizontal medimos el transcurrir del tiempo, y la curva nos representa entonces un ciclo completo desde que ocurre una polaridad hasta que vuelve a alcanzarse la misma después de un cambio entero.

Qué es la frecuencia

Volvamos ahora a nuestra corriente alternada cuya representación gráfica aparece en la figura 20. Haremos, por el momento, una suposición exótica, como es la de admitir que un cambio completo en esta corriente dura 8 segundos. Esto equivale a decir que los electrones caminan en un sentido, se detienen, retroceden y vuelven luego a avanzar, invirtiendo en todas estas operaciones un tiempo de ocho segundos. Hacia arriba, en sentido vertical medimos la intensidad de corriente cuando los electrones avanzan y hacia abajo del eje tomamos los valores cuando retroceden. Si partimos desde el instante en que los electrones están detenidos y comienzan a avan-

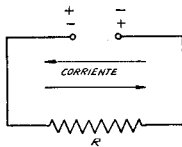


FIG. 21. — En circuitos de corriente alternada el sentido de circulación cambia constantemente.

zar, al transcurrir un segundo la intensidad de corriente ha alcanzado un valor de casi 4 Amper; a los dos segundos se alcanza el máximo

valor de 5 Amper, el cual toma el nombre de *valor de cresta*. A los tres segundos la intensidad ha disminuido nuevamente hasta unos 4 Amper y a los cuatro segundos los electrones se han detenido totalmente, o sea que la corriente tiene un valor cero. En este momento los electrones cambian de dirección o sea retroceden, lo que equivale a decir que la corriente es negativa. Esta aseveración se justifica por el hecho de que si se ha tomado como positivo uno de los sentidos de la circulación al otro le corresponde el signo negativo. Al llegar al quinto segundo la intensidad alcanza un valor cercano a 4 Amper negativos y al sexto segundo se llega otra vez a la máxima intensidad, es decir 5 Amper, a partir de cuyo instante comienza a reducirse la densidad de los electrones hasta los ocho segundos en que están nuevamente detenidos. Ahora comenzaría otra vez el avance de electrones, pero nos interesa definir un poco más lo que ocurrió en los ocho segundos pasados.

Toda variación en la dirección y densidad de los electrones, es decir en la intensidad y signo

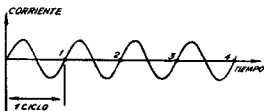


Fig. 22.— La variación representada en la figura anterior es para un ciclo completo, pero el fenómeno continúa en muchos ciclos iguales.

de la corriente durante el lapso descrito, se denomina un *ciclo* de dicha corriente. Este quiere decir que se llama un ciclo a todos los fenómenos que ocurren desde un instante de la variación hasta que se vuelve a la misma situación, aunque luego el fenómeno continúe. En la práctica, la corriente alternada no tiene ciclos de tanta duración sino que siempre duran menos de un segundo. Por ejemplo en la figura 22 hemos representado gráficamente varios ciclos de la corriente alternada, cuatro para este caso. Podríamos seguir dibujando muchos más hasta alcanzar en el eje horizontal el tiempo de un segundo. Luego contamos la cantidad de ciclos que han transcurrido en un segundo y esa cantidad toma el importante nombre de *frecuencia*.

Hemos llegado así a nuestro interrogante inicial. Se llama frecuencia de una corriente alter-

nada a la cantidad de ciclos de esa corriente que se cumplen en el tiempo de un segundo. A título ilustrativo diremos que la frecuencia de la co-

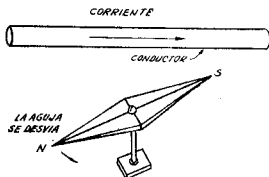


Fig. 23.— Acercando la brújula a un cable con corriente circulante, la aguja de aquélla se desvía.

rriente alternada de la red eléctrica de distribución en Buenos Aires es de 50 ciclos por segundo

Los fenómenos electromagnéticos

Accidentalmente se descubrió un fenómeno llamado a revolucionar las teorías físicas y que está representado en la figura 23. Si se acerca una brújula a un cable por donde circula corriente eléctrica se observará que la aguja se desvía de su posición normal. Esto tiene que ser consecuencia forzosa de la acción de un campo o fenómeno magnético; luego se dedujo que la corriente eléctrica genera fenómenos magnéticos.

Luego, se pudo establecer que el campo magnético en su alrededor podía dibujarse como

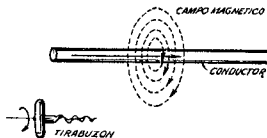


Fig. 24.— La regla del tirabuzón permite marcar el sentido del campo magnético.

círculos concéntricos que tenían la dirección que marcan las flechas de la figura 24. Se llegó también a dar una regla práctica para encon-

trar el sentido de esas flechas y es la famosa *regla del tirabuzón*. Para aplicarla se supone que se hace girar un tirabuzón de tal manera que penetre o avance en el cable en el sentido de circulación de la corriente. El sentido de giro de la manija del tirabuzón es el que fija la dirección de las flechas de la figura 24. Por ahora no podemos asignarle mayor trascendencia a estos hechos, pero sí nos permiten darnos cuenta de que si invertimos el sentido de circulación de la corriente se invertirá también el fenómeno magnético, lo que equivale a decir que la brújula desviaría su polo Sur en vez del Norte o viceversa.

Qué es una bobina

El hecho de que el campo magnético se produzca en el entorno del conductor recorrido por la corriente eléctrica, hizo pensar en seguida en la forma de aumentar la intensidad del fenómeno, porque el magnetismo obtenido era muy débil. Una forma de lograr ese aumento era utilizando corrientes eléctricas muy intensas, pero eso es antieconómico. Si se enrolla el conductor en la misma forma como viene el hilo en los carretes, los campos magnéticos de cada vuelta o espira se suma entre sí obteniéndose una configuración magnética como la que se ve en la figura 25. Tal conductor toma el nombre de *bobina* y por el efecto logrado se suele denominar también *electroimán*.

Un imán sirve para atraer pequeñas partículas de hierro, pues sabemos que las costu-

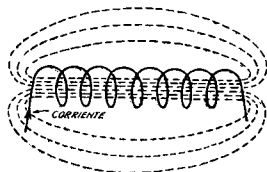


FIG. 25. -- Una bobina forma un campo magnético similar al de un imán.

ras lo emplean para levantar agujas o alfileres. Un electroimán tiene la ventaja de su mayor potencia magnética, pues ésta depende del número de vueltas del bobinado y en consecuen-

cia es cuestión de colocar muchas espiras y podrán levantarse objetos de hierro de peso considerable. Pero nuestro objeto no es ocuparnos de los electroimanes sino de las bobinas.

Por qué se usan bobinas

Imaginemos que tenemos un campo magnético producido por un imán, un electroimán o cualquier otro dispositivo. Se trata de un cierto lugar en el espacio donde existe un fenómeno magnético. Tomamos un trozo de conductor

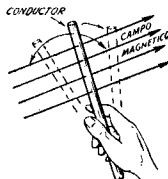


FIG. 26. -- Moviendo un conductor en un campo magnético se genera electricidad.

con la mano y lo movemos rápidamente en ese lugar, tal como se ilustra en la figura 26, dándole un movimiento veloz de vaivén. Al hacer eso ocurrirá un fenómeno muy curioso: en el conductor aparece una corriente eléctrica, es decir que todo ocurre como si al desplazarse el cable con respecto al campo magnético los electrones se desprendieran de los átomos y se pusieran en movimiento. Si el conductor queda abierto dentro del campo magnético, el fenómeno no ocurre y no aparece ninguna corriente en él.

La experiencia ha demostrado que lo que acabamos de explicar sucede lo mismo si dejamos quieto el conductor y movemos el campo magnético. Podemos decir más todavía, ya que en realidad no es necesario que el campo magnético se desplace, es decir cambie de lugar en el espacio. La corriente aparece en el conductor en cuanto el fenómeno magnético aumenta o disminuye de densidad, sufre una especie de expansión o reducción, lo que equivale a un movimiento. Traslademos esta descripción a la figura 27 y veamos lo que ocurre allí. Un cable al que llamamos *primario* está recorrido por una corriente eléctrica y, por lo tanto, produce un fenómeno magnético. Un segundo ca-

ble (*secundario*) está colocado cerca del primario y, por lo tanto, sumergido en el campo magnético. Aclaremos que este campo no es visible ni palpable pero se puede comprobar su existencia mediante una brújula que descubre de inmediato por el desplazamiento de su aguja donde hay campo y donde no lo hay. Si la corriente que recorre el primer cable es constante, o sea de intensidad fija, no pasa nada en el segundo cable, pero si tal corriente es variable, como por ejemplo una corriente alternada, el campo magnético será también variable y en sus expansiones y contracciones barrerá el segundo cable. Esto se entiende fácilmente si se piensa que al aumentar la intensidad de la corriente aumenta la cantidad de círculos concéntricos, cada uno de los cuales va desplazando al siguiente. En cierto modo las cosas pasan

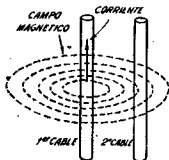


FIG. 27. — Dos conductores vecinos dan lugar también a fenómenos de inducción.

como cuando se arroja una piedra en una pileta, formándose olitas circulares concéntricas que se van alejando del punto central.

Por ser variable el fenómeno magnético, en el segundo cable se inducirá una corriente, y el fenómeno que así ocurre se lo denomina *inducción electromagnética*, o simplemente *inducción*. La corriente obtenida en el segundo cable se denomina *inducida*. Hay que aclarar dos cosas: la primera es que para que circule corriente eléctrica, el segundo cable debe presentar un circuito cerrado y en la figura siempre lo hemos indicado como un conductor abierto; este detalle se corregirá en los esquemas que utilizemos más adelante. El segundo detalle se refiere a que la corriente inducida en un trozo corto del conductor será muy pequeña, y que para aumentarla hay que proceder como cuando queremos aumentar el fenómeno magnético, es decir hacer una bobina para sumar los efectos obtenidos en cada espira.

Llegamos así a demostrar una importante utilidad de las bobinas que justifica su empleo en electrónica. En la figura 28 vemos que se han dibujado dos bobinas arrimadas. Si se hace pasar corriente por una de ellas aparece una corriente inducida en la segunda. La bobina que

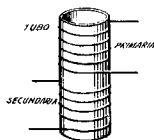


FIG. 28. — Constructivamente, se colocan las bobinas sobre un mismo tubo.

causa el fenómeno se llama *primaria*, y aquella en la cual se obtiene la corriente inducida toma el nombre de *secundaria*. Caben ahora hacer algunas consideraciones muy importantes.

En primer lugar, el lector tiene derecho a pensar que si hay que gastar corriente en la bobina primaria para obtener corriente en la bobina secundaria no habría objeto en recurrir a este dispositivo. Pero tenemos la primera ventaja en el hecho de que el circuito secundario queda aislado del primario. En segundo lugar la cantidad de espiras con que se hagan las bo-

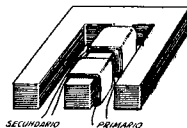


FIG. 29. — También se colocan las bobinas en un mismo núcleo de hierro.

binas tienen una importancia muy grande, ya que la inducción que se produce depende de la suma de las inducciones parciales en cada espira. Esto quiere decir que si alimentamos la bobina primaria con una tensión alternada de por ejemplo 10 Volt y hacemos la bobina secundaria con un número de espiras 20 veces mayor que la primaria, obtendremos en el cir-

cuito secundario una tensión de 200 Volt, es decir 20 veces mayor.

Otro de los factores importantes en los fenómenos de inducción cuando se emplean corrientes alternadas es la frecuencia de estas corrientes. Cuanto más alta es la frecuencia más grande es el fenómeno de inducción. Luego, en electrónica, para frecuencias altas pueden emplearse bobinas de pocas espiras y para frecuencias bajas deben hacerse con muchas espiras. Si observamos las bobinas de un receptor de radio de on-

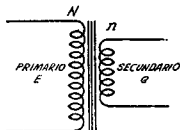


FIG. 30. — Relación entre las tensiones y los números de espiras.

da corta y larga veremos este detalle con toda claridad, pues la llamada onda corta corresponde a las señales de frecuencias más elevadas.

El fenómeno de inducción puede ser aumentado colocando dentro de las bobinas un núcleo de hierro como se muestra en la figura 29. Como el hierro presenta ciertos defectos en su magnetización cuando se trata de campos magnéticos variables, el núcleo se hace con pilas de chapas delgadas. Este conjunto ya toma el nombre de *transformador* y su esquema eléctrico se da en la figura 30. El primario tiene una cantidad N de espiras y se le aplica una tensión eléctrica E ; el secundario se hace con una cantidad n de espiras y en él se obtiene una tensión eléctrica e . Las rayitas colocadas entre las bobinas simbolizan el núcleo de hierro. Cuando el número de espiras del secundario es menor la tensión secundaria es también menor y el transformador se llama *reductor de tensión*. Viceversa, se llama *elevador* cuando el secundario tiene más espiras y por lo tanto suministra una tensión mayor que la del primario.

Qué es un capacitor

Uno de los elementos que juega un papel vital en electrónica es el condensador o capacitor, del cual nos ocuparemos en esta oportunidad. Recordemos primero que un cuerpo cargado de electricidad que se acerca a otro

despierta en él fenómenos eléctricos, es decir electrización por influencia. La figura 31 nos muestra dos cuerpos próximos que no llegan a tocarse. Si uno de ellos tiene cargas eléctricas positivas, como el de la izquierda, cada átomo incompleto ejercerá una poderosa atracción sobre los electrones de los átomos del cuerpo de la derecha, los que se situarán en la parte externa del cuerpo mencionado. Esas cargas eléctricas positivas y negativas permanecen así enfrentadas y en la superficie exterior de los cuerpos.

A esas cargas eléctricas de tipo superficial se las llamó primitivamente *electricidad condensada* por una razón de similitud con la condensación del vapor de agua en la superficie de los cristales. Ese es el motivo por el cual se denominó *condensador* al aparato que consistía en dos placas metálicas colocadas paralelas y próximas, tal como se ilustra en la figura 31. La terminología moderna le asigna el nombre de *capacitor*.

Primero hablamos de dos cuerpos próximos sin interesar la forma de los mismos, pero la lógica nos dice que la acumulación de electricidad será mayor cuanto más grande sea la su-

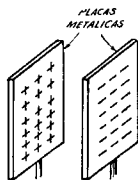


FIG. 31. — Dos placas metálicas enfrentadas forman un capacitor.

perficie enfrentada de los cuerpos, porque de este modo hay una mayor cantidad de átomos que sufren la influencia de los vecinos de enfrente. No interesa para nada el espesor de los cuerpos, razón por la cual el dispositivo se hace con láminas delgadas. También ocurre que la acumulación de cargas eléctricas será mayor cuanto más grandes sean las superficies enfrentadas, dimensión que queda limitada por razones físicas.

Otro de los factores que influyen en la cantidad de electricidad que puede acumular un

capacitor es la distancia entre las placas pero esto tiene un límite. Si acercamos demasiado los dos cuerpos cargados de electricidad la atracción entre las cargas positivas y negativas será tan grande que se producirá un pasaje brusco de las negativas a través del espacio que separa a ambas placas. Esto no es otra cosa que la descarga o chispa eléctrica y la carga que había desaparece, pues los electrones que saltaron completan a los átomos del otro lado y los neutralizan. Hay que establecer, entonces, una distancia mínima entre chapas que no podrá ser disminuida. Como esa distancia dependerá de la fuerza de atracción entre las dos cargas, tenemos que referirnos a la tensión eléctrica entre chapas. Para cada capacitor se determina la tensión máxima que puede soportar sin que se produzca la descarga. Es muy común encontrar en los capacitores cifras escritas que dicen "V.D.T. 500 Volt", que quiere decir: Volt de trabajo 500 Volt. Es de hacer notar que a veces se indica la tensión de prueba, lo que da una cifra un poco mayor. En el uso hay que mantenerse siempre por debajo de la tensión de prueba.

Pensando en aumentar la capacidad, es decir la facultad de admitir cargas eléctricas de los capacitores, se comenzó a colocar, entre las placas, materiales aislantes como la mica, papel parafinado y ciertos líquidos especiales. La figura 32 nos muestra la posición que toma esa

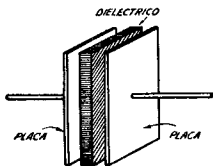


FIG. 32. — Entre las dos chapas pueden colocarse materiales que aumenten la capacidad del capacitor.

sustancia colocada entre las placas, y que se denomina *dieléctrico*. La ventaja del dieléctrico es que también se puede someter al capacitor a una tensión eléctrica más elevada que si entre las placas hubiera aire. Así encontramos que los capacitores se llaman: de *aire*, de *mica*, de *papel*, *electrolíticos*, etc. Las denominaciones corresponden al dieléctrico, y los últimos mencio-

nados son los que llevan sustancias químicas líquidas o pastosas. A veces se trata de papel embebido en tales sustancias, y para hacer una distinción entre los que llevan líquido o papel embebido estos capacitores toman las denominaciones *electrolítico líquido* y *electrolítico seco*.

Constructivamente se busca de aumentar la superficie de las placas de los capacitores sin que adquieran dimensiones incómodas. Lógicamente, a mayor superficie de placas mayor será la capacidad. Los de papel se construyen arrollando dos tiras metálicas entre las que va la tira de papel parafinado o aceitado.

Los capacitores de mica se fabrican con varias hojas metálicas unidas entre sí como si fueran pequeños libritos. Entre las láminas van delgadas hojuelas de mica que las aíslan entre sí y sirven de dieléctrico.

Cada capacitor admite una determinada carga eléctrica y la cifra que caracteriza a esa posibilidad mide la *capacidad* del capacitor. La capacidad tiene su unidad de medida, en la misma forma como se dice que una botella tiene una capacidad de un litro. La unidad elegida para la capacidad de los capacitores era el *Farad* pero resultó demasiado grande, y actualmente se usa la millonésima parte del Farad que se denomina *micro-Farad*. Los capacitores de pequeña capacidad suelen medirse con una unidad que es la millonésima parte del anterior, o sea, en *micro-micro-Farad*. Todos los capacitores tienen indicada la cifra de capacidad, por ejemplo 0,01 mFd, que quiere decir, un centésimo de micro-Farad. En electrónica es usual el empleo de abreviaturas, y en el caso de los capacitores se ha adoptado la norma norteamericana de suprimir el cero y cambiar la coma por un punto, por ejemplo: .01 mFd. para el caso que mencionamos antes. Si el capacitor es pequeño se expresa en la unidad menor, por ejemplo: 50 amFd., que quiere decir 50 micro-micro-Farad.

Los capacitores descritos hasta aquí tienen capacidad fija, pero a veces se necesitan capacitores variables, es decir aquellos en los cuales se puede modificar a voluntad la capacidad. La figura 33 ilustra sobre algunos de los modelos más comunes. Desde el momento que la capacidad depende de la distancia entre las placas o de la superficie de las mismas, puede variarse la capacidad modificando esa distancia. Tal es el caso del modelo ilustrado en A que corresponde a un trimer de mica. En éstos, mediante un tornillo, se acerca o se aleja una de las placas con respecto a la otra.

En el modelo ilustrado en B se cambia la superficie enfrentada por desplazamiento de un cilindro con respecto al otro. Tanto el A como

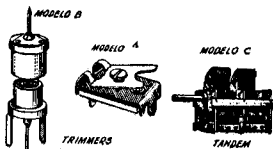


Fig. 33. — Los capacitores variables son conocidos a simple vista.

el B corresponden a los capacitores denominados trimers, y en los cuales la variación de capacidad es ocasional cuando se realizan ajustes en el circuito.

Cuando se debe variar frecuentemente la capacidad de un capacitor se construye el modelo rotativo mostrado en C de la figura 33. Al girar un paquete de chapas se disminuye la superficie enfrentada con respecto al otro paquete que queda fijo. Este tipo de capacitores variables rotativos pueden tener dos, tres o cuatro secciones alterándose la capacidad de todas éstas simultáneamente, por estar montadas en *tándem* sobre un mismo eje. Por este motivo suele denominarse a estos modelos: *tándem doble*, *tándem triple* y *tándem cuadruple*, según el número de secciones.

Por qué se usan capacitores

Ya sabemos qué es un capacitor y cómo se comporta acumulando cargas eléctricas. En las aplicaciones prácticas los capacitores aparecen

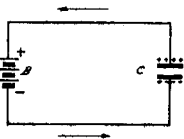


Fig. 34. — El circuito de carga y descarga de un capacitor.

en los circuitos más o menos en la forma como se muestra en la figura 34. Tiene que haber

una fuente eléctrica para cargarlos, y en este caso se trata de la batería B. Tenemos que acostumbrarnos a utilizar los símbolos usuales en electrónica porque a medida que aparezcan circuitos se requiere interpretarlos rápidamente para comprender su funcionamiento. Una batería es un conjunto de pilas, y en la figura aparecen sólo tres de ellas, pero en la práctica pueden ser muchas más. También pueden utilizarse otras fuentes eléctricas que no sean baterías, pero de esos temas nos ocuparemos oportunamente.

Por ahora tenemos un circuito en el cual hay una batería B con dos polos eléctricos, el positivo y el negativo y un capacitor C que se carga con los signos indicados en la figura. La placa superior queda cargada de electricidad positiva y la placa inferior de electricidad negativa. En el momento de la carga circula corriente eléctrica por los conductores en el sentido indicado por las flechas, y una vez cargado el capacitor termina la circulación de corriente. En ningún momento el espacio entre las placas del capacitor es atravesado por las cargas eléctricas.

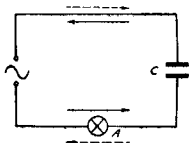


Fig. 35. — Cuando la fuente es de corriente alterna, las cargas y descargas son permanentes.

Todo lo que hemos descrito ocurre cuando se carga un capacitor con una fuente de corriente continua. Veamos qué ocurre cuando se aplica a dicho capacitor una carga de corriente alternada, para lo cual nos remitimos a la figura 35. Sabemos que en la corriente alternada varía constantemente el sentido de circulación y en cada ciclo de la misma se producen dos cambios durante cada uno de ellos medio ciclo. Esto quiere decir que durante medio ciclo el capacitor se cargará con los signos de la figura 34 y durante el otro medio ciclo con los signos opuestos, es decir cargas negativas en la placa superior y positivas en la inferior. La corriente eléctrica que circula mientras se carga el capacitor circulará por los cables, y durante medio ciclo según las flechas de línea llena y durante el otro

medio ciclo según las flechas de líneas punteada. También en este caso las cargas no atraviesan el capacitor, pero si pudiéramos observar el cable en el punto marcado con la letra *A* en la figura, mediante un aparato indicador de la circulación de corriente, comprobaríamos que por ese punto hay circulación constante de ida y de

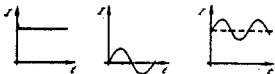


Fig. 36.—Gráfica de superposición de una corriente continua y otra alterna.

vuelta como si por el circuito circulara la corriente alterna. Todo pasa como si el capacitor no presentara una interrupción en el circuito, lo que ha permitido hacer la errónea afirmación de que la corriente alterna *pas*a por los capacitores. Esto no es rigurosamente cierto, pero a los efectos prácticos puede admitirse, ya que el resultado es el mismo. En adelante, entonces, podremos decir que la corriente continua no pasa a través de un capacitor y que la alterna sí pasa o, por lo menos, que las cosas ocurren como si pasara.

De inmediato se nos ocurre una de las explicaciones más importantes de los capacitores, que es la de separar una mezcla de corriente continua y alterna. La figura 36 nos muestra tres gráficos: el primero es la representación de una corriente continua, el segundo la de una alterna, ambas ya conocidas por los lectores, y el tercero es el resultado de sumar los dos gráficos, es decir que es una mezcla de las dos

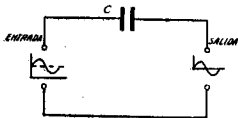


Fig. 37.—Un capacitor sirve para separar una corriente alterna de otra continua que estaba mezclada.

corrientes; la continua y la alterna. Apliquemos esta corriente mezcla al circuito de la figura 37 que encontrará en su camino al capacitor *C*. Como la parte de corriente continua no puede atravesar el capacitor *C*, quedará en él como

una carga fija, es decir, con signos eléctricos similares a los de la figura 34. A la salida del circuito tendremos libre la corriente alterna que puede ser conducida a otro lugar mediante conductores.

Qué es un filtro

Un dispositivo que deja pasar una cosa de una mezcla reteniendo otras se denomina *filtro*. Así, por ejemplo, el agua turbia se hace pasar por un filtro en el que quedan retenidas las partículas en suspensión, siguiendo su camino el agua limpia. En electrónica sólo circula corriente eléctrica y por consiguiente los filtros conservan ese nombre pero dejarán pasar algunos tipos de corrientes e impedirán la circulación de otros tipos.

Podríamos expresar ya que dos corrientes continuas al mezclarse no pueden separarse más sino subdividirse, por el hecho de que son homogéneas y la adición forma un todo. Dos porciones de agua están en el mismo caso, pero una mezcla de agua y aceite permite obtener separadamente ambos componentes, pues se separan con facilidad. En el caso de las corrientes eléctricas pueden mezclarse y volver a sepa-

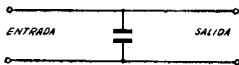


Fig. 38.—Un capacitor absorbe corrientes de alta frecuencia y constituye un filtro.

rarse una continua y una alterna o dos alternadas de distinta frecuencia. Si estas dos últimas son de la misma frecuencia, caemos en el mismo caso de las dos corrientes continuas y no hay filtro que pueda separarlas. Con esto queremos decir que al mezclarse los electrones de corrientes del mismo tipo ya no se puede deshacer esa mezcla, aunque se subdivida tal corriente en varias fracciones.

El caso más elemental del filtro lo vemos en las figuras 38 y 39, pues emplea únicamente un capacitor. Se usa para separar corriente alternadas de distintas frecuencias que llegan mezcladas a la entrada. Sean dos corrientes, una de alta y otra de baja frecuencia, por ejemplo 50 y 10.000 ciclos por segundo respectivamente. En el caso de la figura 38 la corriente de alta frecuencia pasará fácilmente por el capacitor mientras que la de baja frecuencia encontrará

en el mismo una impedancia elevada y continuará su camino hacia la salida. En la figura 39 ocurre precisamente lo contrario, es decir que la corriente de alta frecuencia seguirá su camino por encontrar en el capacitor una impedancia baja mientras que la corriente de baja frecuencia no puede pasar con esa facilidad. Aclaremos antes de seguir adelante que en la figura 38 el filtro es imperfecto porque nada

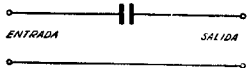


FIG. 39. — Un capacitor en el camino de corrientes de baja frecuencia obstaculiza su circulación, y también se tiene un filtro.

impide que las corrientes de alta frecuencia también sigan su curso, de manera que habrá que poner en el camino algo que les presente alta impedancia; precisamente ahora nos ocuparemos de ello.

Recordando la propiedad de las bobinas, que reaccionaban ante campos magnéticos variables, comprenderemos de inmediato que si pasa corriente alternada por una bobina, el campo magnético que se produce será también alternado y, por consiguiente, variable. Luego estamos en presencia de una bobina sumergida en un campo magnético variable o sea que se inducirán en ella fenómenos eléctricos. Por un principio muy conocido de física los fenómenos eléctricos que aquí aparecen tratan de anular la causa que los origina, es decir tienden a impedir que varíe el campo magnético o sea producen un efecto de impedimento sobre la corriente alternada que circula por la bobina. Luego, una bobina impide el pasaje de la co-

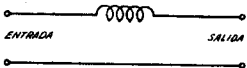


FIG. 40. — Una bobina en el camino de las corrientes de alta frecuencia obstaculiza su circulación; tenemos un filtro.

rriente alternada en mayor o menor grado, es decir que ofrece impedancia. Como cuanto más alta es la frecuencia, más rápido varía el campo magnético, más grande serán los fenómenos de

inducción, y esto se traduce en que la bobina tendrá mayor impedancia cuanto más alta sea la frecuencia.

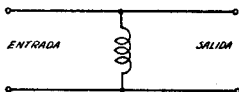


FIG. 41. — La bobina absorbe las corrientes de baja frecuencia.

De inmediato advertimos que el comportamiento de las bobinas es inverso al de los capacitores en cuanto se refiere al grandor de la impedancia con respecto a la frecuencia. Si queremos hacer filtros con bobinas tendremos las posibilidades indicadas en la figura 40 y 41. Si entran dos corrientes de distinta frecuencia en la figura 40, la de baja frecuencia seguirá su camino, por encontrar una impedancia baja, mientras que la de alta frecuencia sufrirá el efecto del filtro. En la figura 41, en cambio, la corriente de baja frecuencia puede pasar por la bobina, mientras que la de alta frecuencia debe seguir su camino, porque la bobina le ofrece alta impedancia. Claro está que el filtro de la figura 41 tiene un defecto parecido al de la figura 38 y es que nada impide a las corrientes de baja frecuencia seguir también su camino hacia la salida.

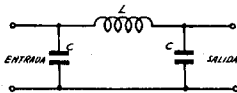


FIG. 42. — Filtro más completo, llamado "pi".

Estudiaremos ahora el filtro de la figura 42 que no tiene ninguno de los inconvenientes mencionados anteriormente. Si entran dos corrientes, una de alta y otra de baja frecuencia, la de alta pasa por el capacitor y no por la bobina, con lo cual no llegará a la salida. La de baja frecuencia no puede derivarse por el capacitor y pasa por la bobina llegando a la salida. Este filtro también sirve para separar una mezcla de corriente continua y alternada, pues la continua circula con toda facilidad por la bobina mientras que la alternada se deriva por el capacitor.

CAPITULO 3

LOS SEMICONDUCTORES

Sabemos que hay cuerpos buenos conductores de la electricidad y que los hay malos conductores. Hay otros que la conducen regularmente bien, o podría decirse que son semiconductores; esta última denominación merece un estudio aparte. Es interesante saber el porqué de la distinta conductibilidad eléctrica de los cuerpos, o sea conocer el motivo por el cual algunos son buenos conductores y otros no. Tomemos el cobre, muy buen conductor, y observemos la configuración de su átomo en la figura 75. El cobre tiene 29 electrones y se distribuyen completando las tres primeras órbitas, como ocurre siempre en los átomos de toda las sustancias; cada órbita inferior debe quedar completa para comenzar a ocupar la que sigue hacia afuera; nos queda entonces un electrón sobrante que está en la cuarta órbita. Y si pensamos que por algún procedimiento conocido puede sacarse ese electrón de la cuarta órbita, sucede que por estar solo sale con facilidad. Precisamente, la diferencia entre los cuerpos conductores y los aisladores estriba en que los electrones puedan ser sacados de los átomos con facilidad o con dificultad. En

el caso del cobre, entonces, como tiene un electrón sobrante en la cuarta órbita, será muy buen conductor. Un cuerpo que tenga completa la última órbita ocupada, será mal conductor de la electricidad; ejemplo, el criptón con 28 electrones, uno menos que el cobre, con tres órbitas completas.

Y bien, conducir la electricidad significa que los electrones corren de átomo en átomo por todo el cuerpo. Para eso hace falta arrancarlos de un átomo e inyectarlos en otro, arrancarlos de este segundo e inyectarlos en un tercero y así sucesivamente. ¿Es fácil arrancar electrones de un átomo? Podríamos contestar con otra pregunta: ¿Puede hacerse arrancar a un automóvil y hacerlo marchar? Claro que se puede, mediante un motor que consume combustible. Y para arrancar electrones habrá que consumir también algo, o, dicho en otros términos, habrá que gastar energía. Y como la energía en estos casos está acondicionada en cantidades fijas, redondas, sin fracciones, se habla de niveles de energía. Se distinguen tres tipos de cuerpos que tienen sus niveles de energía en formas distintas.