

Buban/Schmitt

# ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA BÁSICAS

Conceptos y aplicaciones

CUARTA EDICIÓN  
(Primera edición en español)



# **ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA BÁSICAS**

Conceptos y aplicaciones

## LOS AUTORES

**Peter Buban** enseña electricidad y electrónica en el Quincy (III.) Area Vocational Technical Center. Recibió su grado de Maestría en Artes en la Northeast Missouri State University. Sus muchos años de práctica militar y su experiencia en la industria en los campos de la electricidad y la electrónica incluyen trabajos como el de técnico en electrónica, jefe radiotelegrafista y electricista. Peter Buban es coautor del libro *Technical Electricity and Electronics*.

**Marshall L. Schmitt** es Senior Program Specialist en la Division of Educational Replication del Departamento de Educación de Estados Unidos. Es el responsable de los programas de especialidades en la Pennsylvania State University. Ha impartido cursos de electricidad y electrónica al personal de la Marina de Estados Unidos y, a nivel de Preparatoria, en el estado de Nueva York. Fue maestro también en el Departamento de Especialidades Industriales de la North Carolina State University, Raleigh, N. C. El doctor Schmitt es coautor del libro *Technical Electricity and Electronics*.

# **ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA BÁSICAS**

## **Conceptos y aplicaciones**

---

**CUARTA EDICIÓN**  
(Primera edición en español)

Peter Buban  
Marshall L. Schmitt

**TRADUCCIÓN:**  
GABRIEL NAGORE CAZARES  
Investigador  
Instituto de Investigaciones Eléctricas, C.F.E.

**REVISIÓN TÉCNICA:**  
EDUARDO RAMÍREZ GRYCUK  
Físico, UNAM  
Profesor Asociado, Departamento de Materiales  
UAM-Azcapotzalco

**McGRAW-HILL**

**MÉXICO • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • GUATEMALA • LISBOA • MADRID  
NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SANTIAGO • SAO PAULO  
AUCKLAND • HAMBURGO • JOHANNESBURGO • LONDRES • MONTREAL  
NUEVA DELHI • PARÍS • SAN FRANCISCO • SINGAPUR  
ST. LOUIS • SIDNEY • TOKIO • TORONTO**

**ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA BÁSICAS**  
**Conceptos y aplicaciones**

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,  
por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.

DERECHOS RESERVADOS © 1983, respecto a la primera edición en español por  
LIBROS McGRAW-HILL DE MÉXICO, S. A. DE C. V.

Atacomulco 499-501, Fracc. Industrial San Andrés Atoto  
53500 Naucalpan de Juárez, Edo. de México  
Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Núm. 465

**ISBN 968-451-471-9**

Traducido de la cuarta edición en inglés de  
**UNDERSTANDING ELECTRICITY AND ELECTRONICS**

Copyright© 1982, by McGraw-Hill International Book Co., U.S.A.

**ISBN 0-07008678-8**

1234567890 PE-83 8012456793

Impreso en México

Printed in México

Esta obra se terminó en junio de 1983  
en Programas Educativos, S.A.  
Calz. Chabacano No. 65-A  
Col. Asturias  
06850 México, D.F.

Se tiraron 5 000 ejemplares

# Prólogo del editor

Las publicaciones McGraw-Hill sobre educación industrial constituyen una serie completa de libros de texto que cubren importantes áreas de la materia. *Electricidad y electrónica básicas*, uno de los textos de esa serie, ha probado ser uno de los libros más ampliamente utilizados en este campo. Para seguir siendo valioso en un campo que se desarrolla y que cambia tan rápidamente, un libro de texto debe ponerse al día, mejorarse y ampliarse. Esta cuarta edición (en inglés) incorpora todos los aspectos esenciales, teóricos y prácticos, necesarios para mantenerse al mismo paso que los últimos avances en tecnología y pedagogía.

Este libro refleja muchos años de experiencia de los autores en la enseñanza, en varios niveles educativos, y su amplio conocimiento del aspecto práctico del campo. Su ingenio y utilidad son constantemente probados y perfeccionados en el salón de clases y en el laboratorio. El resultado es un libro de texto que es una fuente óptima de información para los estudiantes de bachillerato tecnológico, así como para el estudiante técnico que cursa electricidad y electrónica por primera vez.

Un tipo de letra sumamente legible y un diseño claro y agradable, empleados en todo el libro, mantienen el interés del estudiante. Los temas de estudio, ejercicios de aprendizaje por medio de prácticas, actividades de estudio individuales y proyectos de construcción se diseñaron para retar las mentes, teóricas y prácticas, de muchachos y muchachas que poseen una gran diversidad de experiencias, intereses y capacidades.

Los autores, el editor y la editorial esperan que esta edición de *Electricidad y Electrónica Básicas* estimule el interés de los estudiantes por esta importante área. Quizás la inspiración, acrecentada por el estudio de este fascinante campo de la energía y las comunicaciones, dé como resultado el satisfacer las necesidades de futuros especialistas en electricidad y electrónica. Desde luego, esto podría avivar la imaginación de los ingenieros electricistas y técnicos potenciales que contribuirán a la sociedad del mañana.

**Chris H. Groneman**

# Contenido

## PREFACIO IX

### Sección 1

#### **INTRODUCCIÓN** **1**

---

1. Átomos, electrones y cargas eléctricas 2
2. Circuitos eléctricos 10
3. Diagramas de circuitos y símbolos 13
4. Reglas, prácticas y dispositivos de seguridad 22
5. Ocupaciones en electricidad y electrónica 37

### Sección 2

#### **CIRCUITOS Y DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS** **50**

---

6. Voltaje, corriente y potencia 50
7. Conductores y aisladores 56
8. Resistencia y resistores 61
9. Ley de Ohm y fórmulas de potencia 72
10. Circuitos en serie y en paralelo 79
11. Medición de cantidades eléctricas 88
12. Capacitancia y capacitores 102
13. Magnetismo 115
14. Electromagnetismo 123
15. Inducción electromagnética e inductancia 131

### Sección 3

#### **FUENTES DE ENERGÍA** **149**

---

16. Pilas voltaicas y baterías 149
17. Generadores 159
18. Otras fuentes de energía eléctrica 167

### Sección 4

#### **ELECTRÓNICA, TEORÍA Y DISPOSITIVOS** **177**

---

19. Tubos electrónicos 177
20. Semiconductores y diodos 184
21. Transistores 194
22. Otros dispositivos de estado sólido 204
23. Circuitos impresos 215

## **Sección 5**

### **CONEXIONES ELÉCTRICAS: MATERIALES, HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS**

**227**

- 
- 24. Planeación y construcción de proyectos 227
  - 25. Alambres y cables 234
  - 26. Herramientas y dispositivos de alambrado 242
  - 27. Soldadura 259
  - 28. Construcción de un chasis metálico 268

## **Sección 6**

### **ELECTRICIDAD EN EL TRABAJO**

**279**

- 
- 29. Lámparas e iluminación 279
  - 30. Generación de reacciones químicas 288
  - 31. Sistemas eléctricos domésticos 294
  - 32. Motores eléctricos 308
  - 33. Generación de calor 325
  - 34. Refrigeración y aire acondicionado 337
  - 35. Sistema eléctrico del automóvil 343

## **Sección 7**

### **SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y DE COMUNICACIÓN**

**355**

- 
- 36. Conceptos básicos de la comunicación 355
  - 37. Telégrafo y teletipo 360
  - 38. Sistema telefónico 368
  - 39. Sistemas de audio 374
  - 40. Fundamentos de radio 392
  - 41. Fundamentos de televisión 405
  - 42. Telemetría 422
  - 43. Computadoras y procesamiento de datos 427

## **Sección 8**

### **ELECTRICIDAD E INDUSTRIA**

**439**

- 
- 44. Industria de la energía eléctrica 439
  - 45. Investigación y desarrollo en la electrónica 449
  - 46. Manufactura de productos 455

## **Sección 9**

### **PRUEBA E INVESTIGACIÓN DE FALLAS**

**459**

- 
- 47. Instrumentos electrónicos de prueba 459
  - 48. Diagnóstico y reparación de fallas 466

## **Sección 10**

### **PROYECTOS PROPUESTOS**

**473**

---

**GLOSARIO 482**

**ÍNDICE 488**



# Aprendizaje mediante actividades

1. Fabricación de un electroscopio	7
2. Dibujo de diagramas esquemáticos	20
3. Construcción de una lámpara de neón de prueba manual	33
4. Empleo del código de colores para resistores	68
5. Instalación de un control de volumen en altavoces	69
6. Medición de voltaje y corriente	96
7. Verificación de los valores de resistencia con un óhmetro	98
8. Verificación de la ley de Ohm,	99
9. Experiencias adicionales con la ley de Ohm y las fórmulas de la potencia	100
10. Almacenamiento de carga en capacitores	111
11. Construcción de un oscilador de relajación	112
12. Observación de los campos magnéticos	120
13. El solenoide en acción	128
14. Inducción electromagnética	140
15. Construcción de un experimentador electromagnético	142
16. Efectos de la autoinductancia	146
17. El diodo como una "compuerta"	191
18. El diodo como un rectificador	191
19. El transistor en acción	201
20. Circuito amplificador transistorizado	201
21. Circuito rectificador controlado de silicio	209
22. Experiencias con las celdas fotoconductoras	210
23. El termistor como dispositivo de control de corriente	211
24. Construcción de termopares	212
25. Construcción de un radio de circuito impreso	224
26. Capacidad de corriente de alambre	240
27. Prácticas con la soldadura	266
28. Construcción de un reóstato de agua salada	292
29. Alambrado con cable de forro no metálico	304
30. Motor universal bipolar sencillo	321

# Prefacio

*Electricidad y electrónica* básicas está destinado para un curso básico de ambas especialidades. Aunque el libro ha sido escrito especialmente para adaptarse a cursos de diferente duración, el material que se incluye es el suficiente para un curso completo de un año.

Desde el inicio de la edición de este texto actualizado, se presentan al estudiante las teorías fundamentales en las cuales se basan estudios posteriores de aplicación práctica. Este desarrollo lógico de los temas es particularmente efectivo al relacionar los avances en electricidad y electrónica con conceptos básicos de física, mecánica y química que se presentan al estudiante. Este planteamiento se fortalece con el empleo sensato de matemáticas básicas, principalmente en la solución de problemas en los que intervienen relaciones eléctricas fundamentales.

Las experiencias obtenidas en el salón de clases con las ediciones anteriores y muchas sugerencias útiles de los usuarios del texto ayudaron a determinar la estructura general y el contenido de la presente edición. Las oportunidades profesionales y de ocupación en las áreas de electricidad y electrónica, abiertas tanto a hombres como a mujeres, se examinan con detalle. Las exposiciones de materiales y procesos reflejan los últimos desarrollos en estas áreas. Conforme al objetivo de relacionar el tema con el mundo real, se ha incluido, cuando ha sido pertinente, información para el consumidor sobre los productos eléctricos y su empleo. La unidad sobre otras fuentes de energía mira hacia el futuro, en lo referente a los problemas energéticos que probablemente afectarán la vida de todos. Esta edición incluye también nueva información del campo de la electricidad y la electrónica, como motores de alto rendimiento, conexión de alambre enrollado y comunicación por ondas luminosas.

El texto consta de diez secciones principales que presentan un total de 48 unidades de instrucción y sugerencias para la construcción de varios proyectos. El material que se encuentra al final de cada unidad incluye ejercicios de aprendizaje práctico, autoevaluaciones, repaso y estudio de temas, y actividades de estudio individuales. Cada uno está preparado para alcanzar un objetivo particular en la motivación, evaluación y reforzamiento de la comprensión del estudiante sobre lo que ha estudiado. Los ejercicios de aprendizaje práctico permiten la transmisión de experiencias prácticas obtenidas en el empleo de diagramas de circuito, herramientas y equipo de prueba. Pueden utilizarse como tareas individuales o de grupo, o como demostraciones del instructor. Cada uno de los ejercicios se ha diseñado para emplear materiales baratos y disponibles, por lo general, en la tienda de la escuela o en el laboratorio. Las secciones de autoevaluación constituyen una forma para que los estudiantes valoren su progreso a través de cada unidad independientemente. Los temas de repaso y estudio pueden ser utilizados

eficazmente por el maestro para estimular las exposiciones en el salón de clases de temas específicos, resaltar puntos particulares y desarrollar temas más ampliamente. De esta manera, el instructor puede ampliar fácilmente el tratamiento de ciertas materias, según las necesidades que se presenten en la clase. Las *actividades de estudio individuales* son particularmente apropiadas como proyectos para los estudiantes que muestren interés o aptitudes especiales. A grupos pequeños de dos, tres o cuatro estudiantes pueden también asignárseles esas actividades. El propósito principal es animar a los alumnos para que hagan uso de los medios de la escuela, la comunidad y la industria en la preparación de un informe, y posteriormente utilizar su capacidad oral o escrita para comunicar la información a su clase. El seguimiento de estos objetivos puede servir como un método efectivo para ampliar el alcance de las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, más allá del salón de clases.

La sección diez está dedicada a sugerir proyectos que proporcionarán experiencia práctica en el diseño y construcción de dispositivos eléctricos y electrónicos útiles. Los proyectos no cuentan con instrucciones detalladas paso por paso, puesto que los autores consideran que este tipo de detalles es mejor dejarlos a los instructores, quienes están más familiarizados con las instalaciones y equipos de que disponen y de las habilidades de sus estudiantes.

Como en las ediciones anteriores, se incluyen unidades métricas, además de las usuales unidades inglesas.

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a Ruth Buban y a Doris L. Schmitt, quienes les han proporcionado aliento y asistencia en la preparación de este texto; agradecen también a John W. Roodley, instructor de electrónica, West Springfield High School, Springfield, V.A., su especial apoyo en la obtención de fotografías de los estudiantes de su laboratorio de electrónica.

Los autores desean también expresar su reconocimiento a las compañías, organizaciones y personas que generosamente aportaron material para este libro. Las referencias específicas de estas fuentes se dan oportunamente a lo largo del texto. Los comentarios y sugerencias para el mejoramiento de este volumen serán ampliamente bienvenidos.

**Peter Buban & Marshall L. Schmitt**

# Introducción

# 1

¿Por qué estudiar electricidad y electrónica? Trate de imaginar lo que sería vivir ahora sin usar la electricidad y la electrónica. No tendría luz eléctrica, teléfono, televisión, y ningún timbre anunciaría a sus amigos. No podría comprar un radio o una linterna. No habría electricistas ni ingenieros en electrónica. La electricidad y la electrónica han hecho que la vida no sólo sea más fácil, sino también más interesante.

Debido a que la electricidad ha tenido un gran impacto en nuestras vidas, es necesario conocer algo acerca de sus usos, peligros y potencial para el futuro. Esto es más cierto ahora que en el pasado. Cuando usted envejezca, probablemente será reconocido como un ciudadano que ayudó a llevar a cabo muchas decisiones. Sin duda, una de esas decisiones tendrá que ver con los combustibles utilizados para generar o producir energía eléctrica. En la unidad 44 se estudian las centrales de generación que transforman diferentes formas de energía en electricidad. También se presentan las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de generación. El estudio de esta información le ayudará, ahora y en el futuro, a realizar juicios precisos sobre los combustibles que producen la energía eléctrica.

En una forma más personal, vivimos con una variedad siempre creciente de productos eléctricos y electrónicos. Si queremos escogerlos y usarlos convenientemente, debemos conocer algo acerca de ellos. Por ejemplo, debemos conocer cómo se diseñan, manufacturan y producen más eficientemente. También, cuáles son sus limitaciones y cuál es el mejor uso que puede dárseles. El estudio de la electricidad y la electrónica puede abrir nuevos caminos de interés para usted. Este estudio puede sugerirle carretas u oportunidades de entretenimiento que sean de su agrado. Sin embargo, necesitará de estudios adicionales para desarrollar sus intereses de manera más amplia.

Sólo extendiendo su conocimiento podrá esperar afrontar la vida en este mundo nuestro de vertiginoso movimiento. El estudio de este texto ayudará a darle esta base.

# Unidad 1 Átomos, electrones y cargas eléctricas

Antes de que se estudien los fundamentos de la electricidad y la electrónica, se necesita saber qué es la materia. *Materia* es todo aquello que ocupa espacio y tiene masa o peso. El alambre, el hule y el vidrio son ejemplos de materia. Los científicos estudian las propiedades de la materia con el propósito de conocer su comportamiento. También se interesan en el estudio de la energía. La *energía* es la capacidad para realizar un trabajo. Ésta tiene diferentes formas, como la energía térmica y la energía eléctrica. La energía eléctrica es el resultado del movimiento de diminutos fragmentos de materia llamados *electrones*. La energía puede producir cambios en los materiales, puede unirlos, separarlos o simplemente moverlos de un lugar a otro.

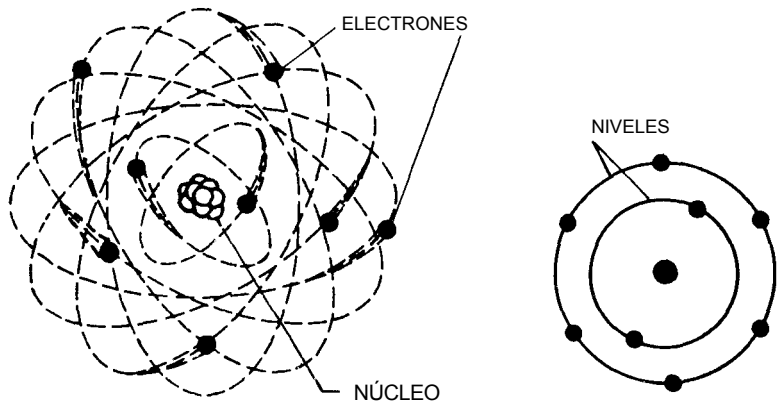
La unidad básica de la materia es el átomo. Al estudiar la electricidad y la electrónica es importante conocer al átomo, puesto que el electrón es una de sus partes. En esta unidad se estudia la estructura del átomo y sus propiedades eléctricas.

## ESTRUCTURA DEL ÁTOMO

Un átomo está formado por partículas diminutas. Dos de estas partículas, el electrón y el protón, son importantes para nuestros estudios.

Los electrones se mueven en trayectorias alrededor del centro o núcleo de un átomo. Estas trayectorias comúnmente se denominan niveles (Fig. 1-1). Un átomo puede tener varios niveles alrededor de su núcleo. Cada uno de ellos puede tener únicamente determinado número de electrones. Este número se llama *cuota* de un nivel. Cuando todos los niveles de un átomo contienen su cuota de electrones, se dice que el átomo está en una condición estable. El núcleo del átomo está formado por partículas llamadas *protones* y *neutrones*. Éstos se mantienen unidos estrechamente por una energía de amarre.

Fig. 1-1. Esta es la representación de un átomo del gas oxígeno. Contiene ocho electrones que se mueven alrededor del núcleo en dos niveles.



Todos los electrones son semejantes, y todos los protones también. De este modo, los átomos difieren unos de otros sólo por el número de electrones y protones que contienen (Fig. 1-2). El número de protones en el núcleo es el número *atómico* del átomo. El peso de los neutrones es aproximadamente el mismo que el de los protones. El término peso atómico se refiere al número total de partículas (tanto protones como neutrones) en el núcleo de un átomo.

## ELEMENTOS, COMPUESTOS Y MOLÉCULAS

Cuando todos los elementos en una sustancia son semejantes, la sustancia se llama elemento. El cobre, el hierro y el carbono están entre los más de 100 elementos diferentes conocidos. Diferentes elementos pueden combinarse para formar una sustancia llamada compuesto. El agua, el azúcar y los materiales plásticos son ejemplos de compuestos.

La partícula más pequeña de un compuesto que conserva las mismas propiedades se denomina molécula. Una molécula contiene átomos de cada uno de los elementos que forman el compuesto (Fig. 1-3).

## CARGAS

Los electrones y los protones tienen diminutas cantidades de energía conocidas como cargas eléctricas. Los electrones tienen carga negativa (-). Los protones positiva (+). Los neutrones no tienen carga eléctrica; por esta razón, son neutros. La magnitud de la carga negativa de cada electrón es igual a la magnitud de la carga positiva de cada protón. Estas cargas opuestas se atraen unas a otras. Esta atracción es la responsable de que el átomo se mantenga unido.

En condiciones normales, las cargas positivas y negativas en el átomo tienen el mismo valor. Esto se debe a que el átomo tiene el mismo número de electrones y de protones. Cuando un átomo tiene esta condición, se dice que es eléctricamente neutro (Fig. 1-4).

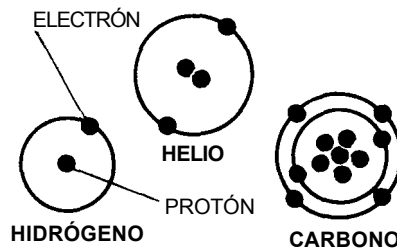


Fig. 1-2. Átomos de hidrógeno, helio y carbono.

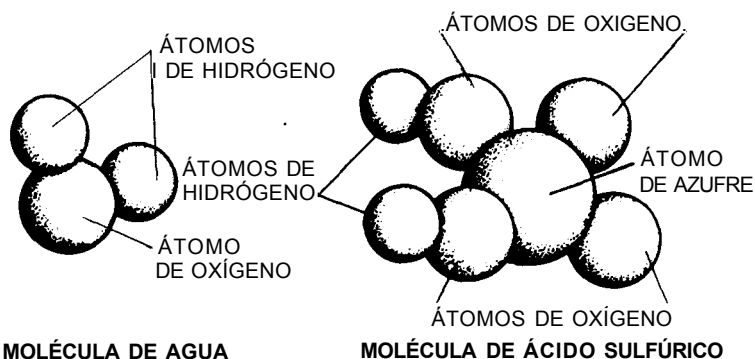


Fig. 1-3. Moléculas de agua y ácido sulfúrico. Una molécula está formada por varios átomos.

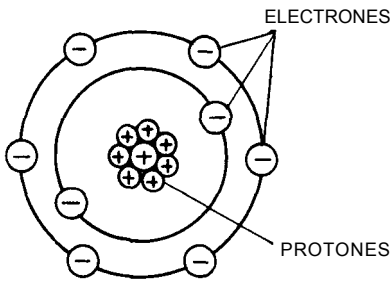


Fig. 1-4. Un átomo eléctricamente neutro.

## ELECTRONES DE VALENCIA

A los electrones del nivel superior de un átomo se les llama electrones de *valencia*. En el estudio de la electricidad y electrónica, interesa principalmente el comportamiento de los electrones de valencia. Ellos, en ciertas condiciones, pueden abandonar a sus átomos "padres". El número de los electrones de valencia en los átomos determina importantes características eléctricas y químicas de la sustancia.

## NIVELES DE ENERGÍA Y ELECTRONES LIBRES

Se dice que los electrones de cualquier nivel de un átomo están localizados en determinados niveles de energía. Estos niveles están relacionados con la distancia existente entre los electrones y el núcleo del átomo. Cuando se aplica energía externa como calor, luz o electricidad a ciertos materiales, los electrones de los átomos de esos materiales ganan energía. Esto puede causar que los electrones salten a niveles de energía más altos. De esta manera, se alejan de los núcleos de sus átomos (Fig. 1-5A).

Cuando un electrón pasa al nivel de energía más alto posible (o al nivel superior de su átomo), disminuye la atracción que ejercen sobre él las cargas positivas de los protones dentro del núcleo del átomo. Si en estas condiciones se aplica suficiente energía al átomo, algunos de los electrones del nivel superior, o de valencia, lo abandonarán. A estos electrones se les llama electrones libres (Fig. 1-5B).

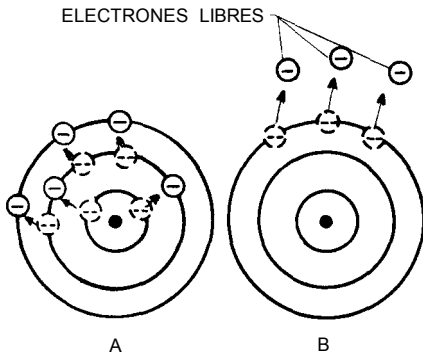


Fig. 1-5. Algunos electrones del átomo pueden moverse a niveles de energía más altos dentro del mismo o abandonarlo como resultado de absorción de energía.

## IONES

Un ion es un átomo cargado. Si un átomo neutro gana electrones, entonces habrá en él más electrones que protones. Así, el átomo se convierte en un ion cargado negativamente (Fig. 1-6A). Si un átomo neutro pierde electrones, los protones sobrepasarán en número a los electrones restantes; así, el átomo será un ion cargado positivamente (Fig. 1-6B). Iones con cargas opuestas se atraen entre sí. Iones con cargas iguales se repelen unos a otros. El proceso por medio del cual los átomos ganan o pierden electrones se conoce como ionización.

## CARGAS ELÉCTRICAS EN ACCIÓN

Una manera sencilla de generar una carga eléctrica es por medio del rozamiento. Por ejemplo, si se frota vigorosamente un globo de hule con un paño de lana, los electrones pasarán del paño al globo, y el globo quedará cargado negativamente. Si luego el globo se coloca contra una pared, la carga negativa del globo repelerá a los electrones de la superficie de la pared (Fig. 1-7). Esto, a su vez, causará que la superficie de la

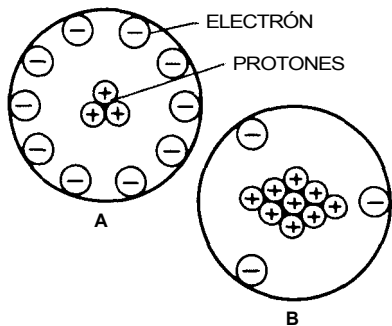


Fig. 1-6. Iones: (A) ion cargado negativamente; (B) ion cargado positivamente.

pared quede cargada positivamente. La atracción entre las cargas opuestas del globo y de la pequeña área de la superficie de la pared es lo suficientemente intensa para mantener al globo en ese lugar.

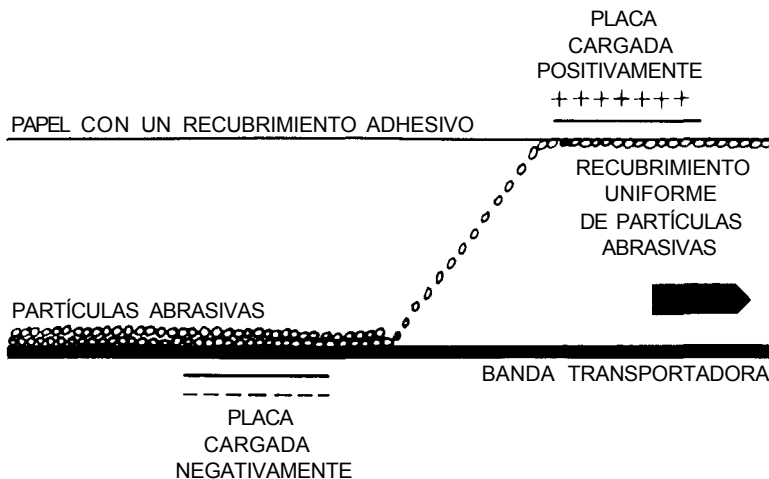
## ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La atracción entre el globo cargado y la pared representa el trabajo realizado por la energía electrostática, llamada electricidad estática con frecuencia. Un campo electrostático es la energía que rodea a todo objeto cargado (Fig. 1-8). En esta clase de electricidad, no hay movimiento de electrones entre el globo y la pared. Por esto, se dice que la electricidad es estática o en reposo.

La electricidad estática a veces se considera como algo que no tiene aplicación práctica. Sin embargo, existen dispositivos como capacitores y purificadores de aire en procesos industriales, como la manufactura de papel abrasivo, que hacen uso de ella.

## APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La figura 1-9 muestra cómo se usan las cargas estáticas para producir papel abrasivo. Papel de Jija es el término común para el papel abrasivo. Este papel se emplea para pulir superficies de madera o metal. Una banda transportadora conduce las partículas abrasivas sobre una placa cargada negativamente. Las partículas abrasivas se cargan negativamente por contacto. Al mismo tiempo, el papel, el cual contiene un recubrimiento adhesivo, sé mueve debajo de una placa cargada positivamente. Esto hace que el papel se cargue posi-



LA BANDA Y EL PAPEL SE MUEVEN SIMULTÁNEAMENTE

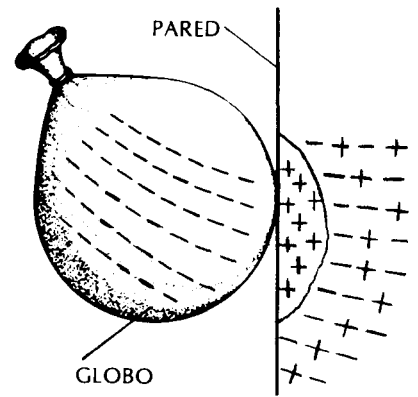


Fig. 1-7. Las cargas eléctricas opuestas se atraen unas a otras, por eso causan que el globo quede pegado en la pared.

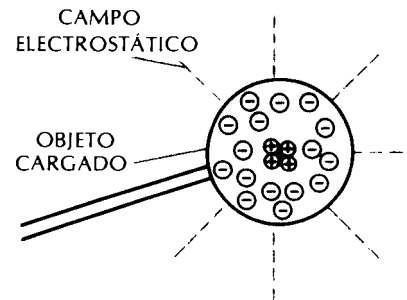


Fig. 1-8. Un campo electrostático invisible está presente alrededor de todo objeto cargado.

Fig. 1-9. La electrostática se aplica en la fabricación de papel abrasivo.



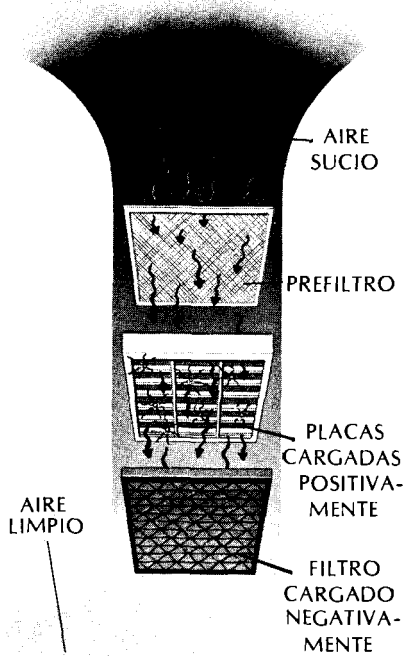


Fig. 1-10. Purificador electrostático de aire.

vamente. Puesto que las cargas opuestas se atraen, el papel atraerá a las partículas abrasivas. Estas partículas forman una superficie abrasiva muy uniforme y densa en el papel.

La electricidad estática también puede aplicarse en los purificadores de aire (Fig. 1-10). Este dispositivo puede emplearse en sistemas de calefacción domésticos, y sirve para limpiar el aire cuando éste circula a través del horno. Un dispositivo similar puede utilizarse industrialmente para reducir la contaminación. Los filtros de aire electrostáticos son mucho más eficientes que los sencillos filtros de tela o papel. Aquéllos remueven del aire únicamente partículas grandes. Un filtro electrónico puede remover partículas diminutas. Como se muestra en la figura 1-10, el aire sucio pasa a través de un prefiltro de papel que elimina fragmentos grandes de impurezas y pelusa. El aire atraviesa entonces por una serie de placas que cargan positivamente a las impurezas y partículas de polvo. Por último, el aire pasa a través de un filtro cargado negativamente. El filtro negativo atrae a las partículas positivas y quedan atrapadas. Cuando el filtro está demasiado sucio, el sistema debe apagarse y limpiarse.

Otro uso práctico de la electricidad estática se muestra en la figura 1-11. La pintura con pistola es una forma común para producir superficies de excelente acabado. Sin embargo, ésta se desperdicia mucho ya que la mayor parte de la pintura nunca llega a la superficie. Permanece en el aire como rocío

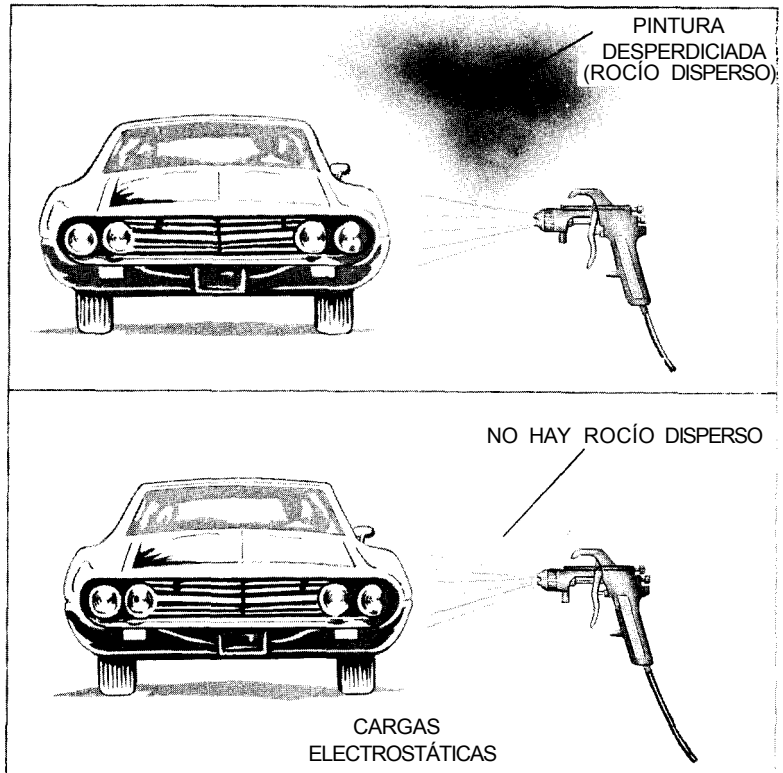


Fig. 1-11. Pintado electrostático con pistola.

disperso. Esto no sólo representa un desperdicio de pintura, sino también es peligroso para la salud. La mayor parte del rocío disperso puede eliminarse cargando positivamente al objeto que se va a pintar y negativamente a la pintura. Además, como la carga disminuye en donde se aplica la pintura, el resultado será una capa uniforme de ésta.

---

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

1. Construcción de un electroscopio. Un electroscopio es un dispositivo que se utiliza para detectar la presencia de cargas eléctricas. También puede usarse para mostrar la validez de las leyes de atracción y repulsión de cargas eléctricas.

- 2 piezas de 6 pulg (152 mm)\*de *alambre de cobre sin forro*, no. 6 AWG {4.0 mm}
- 2 *tiras de lámina delgada de estaño* o de aluminio de 1/4 x 1 1/4 pu/g (6 x 32 mm)
- 1 *disco de madera de 3/4* pu/g de espesor x 2 1/2 pulg de diámetro fl9 x 64 mm)
- 1 globo, tamaño mediano
- regia de vidrio
- pañó de algodón
- pañó de seda*
- un frasco de vidrio de 1/8 de galón de capacidad (0.47 l)

### Procedimiento:

1. Córtese los bordes del disco de madera en ángulo para formar la tapa del frasco (Fig. 1-12A). Perfórense hoyos en el disco.
2. Dé forma a las laminillas (Fig. 1-12B).
3. Complete el arreglo del electroscopio como se muestra en la figura 1-12B.
4. Infle el globo. Frótelo vigorosamente, en un sentido, con el paño de algodón. En seguida, ponga en contacto al globo con las terminales del electroscopio, o alambres. ¿Qué sucede? Explique el efecto.
5. Frote vigorosamente la barra de vidrio, en una dirección, con el paño de seda. En seguida, póngala en contacto con las terminales del electroscopio. Explique lo que sucede.

\* En donde es necesario, se dan inmediatamente después y entre paréntesis las equivalencias métricas de las unidades usuales en Estados Unidos. En la mayor parte de los casos, por conveniencia, los valores métricos no son exactos sino aproximados. En algunos casos, las medidas métricas estándar más cercanas se dan con las medidas estándar americanas (por ejemplo, medidas de alambre y tubería).

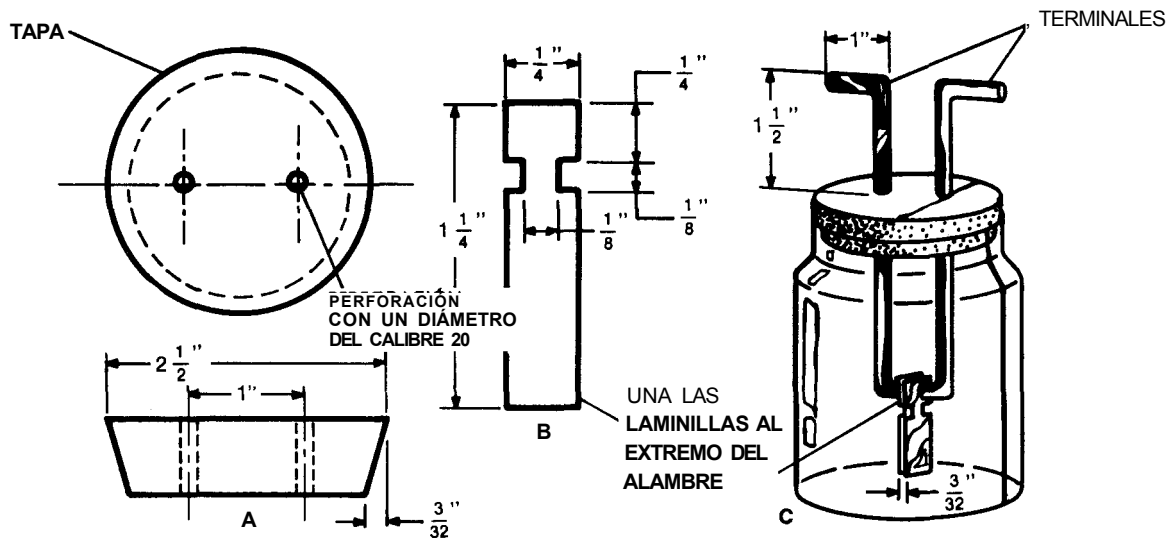


Fig. 1-1Z Montaje del electroscopio.

Recargue el globo frotándolo de nuevo con el paño de algodón. Coloque sus dedos sobre una de las terminales. Ponga el globo cerca de la otra terminal. ¿Qué sucede? ¿Puede explicar el efecto?

Cargue el balón una vez más. Haga que un compañero de clase frote la regla de vidrio con el paño de seda. Cuando su compañero toque una de las terminales con la regla, ponga el globo cerca de la otra terminal. ¿Por qué ahora se atraen las laminillas una a otra?

### AUTOEVALUACION

Ponga a prueba sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes aseveraciones:

- \_\_\_\_\_ es todo lo que ocupa espacio y tiene masa.
- La capacidad para realizar un trabajo se llama \_\_\_\_\_.
- Los electrones se mueven alrededor del núcleo de un átomo en trayectorias que usualmente se denominan \_\_\_\_\_.
- El núcleo de un átomo está formado por partículas llamadas \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
- Los átomos difieren uno de otro únicamente por el número de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ que contienen.
- El número de protones en el núcleo de un átomo se conoce como el \_\_\_\_\_ atómico de ese átomo.
- Cuando todos los átomos dentro de una sustancia son diferentes, la sustancia se llama un \_\_\_\_\_.
- Ejemplos comunes de elementos son: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
- Diferentes elementos pueden combinarse para formar una sustancia llamada \_\_\_\_\_.
- Una \_\_\_\_\_ es la partícula más pequeña de un compuesto que conserva las mismas propiedades.
- Los electrones son cargas \_\_\_\_\_. Los protones son cargas \_\_\_\_\_.
- Un átomo eléctricamente neutro es el que

tiene el mismo número de.

13. Los electrones del nivel superior de un átomo se denominan electrones de\_\_\_\_\_
14. El\_\_\_\_\_de energía de un electrón está relacionado con su distancia del núcleo del átomo.
15. Un ion es un átomo que está cargado \_\_\_\_\_o cargado\_\_\_\_\_
16. Si un átomo neutro gana electrones, se convierte en un ion\_\_\_\_\_
17. Si un átomo neutro pierde electrones, se convierte en un ion\_\_\_\_\_
18. Iones con carga eléctrica diferente\_\_\_\_\_unos a otros. Iones con carga eléctrica igual \_\_\_\_\_unos a otros.
19. El proceso mediante el cual los átomos ganan o pierden electrones se denomina\_\_\_\_\_
20. Una manera sencilla de generar una carga eléctrica es mediante\_\_\_\_\_
21. La atracción entre dos cargas eléctricas opuestas es un ejemplo de electricidad\_\_\_\_\_
22. Un objeto cargado está rodeado por un campo\_\_\_\_\_

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina el término energía.
2. Mencione dos formas diferentes de energía. ¿Puede indicar más?

3. Describa la estructura de un átomo.
4. ¿Cómo difieren los átomos unos de otros?
5. ¿Qué es un elemento? ¿Un compuesto? ¿Una molécula?
6. Defina el número atómico de un átomo.
7. Explique qué se entiende por un átomo eléctricamente neutro.
8. ¿Cuáles son los electrones de valencia?
9. Explique la relación existente entre los niveles de energía electrónicos y los electrones libres.
10. ¿Cómo se convierte un átomo en un ion negativo? ¿En un ion positivo?
11. Enuncie las leyes de la atracción y repulsión eléctrica.
12. Describa una forma sencilla de generar una carga eléctrica.
13. Explique la electricidad estática. Dé un ejemplo de su presencia.
14. ¿Qué se entiende por un campo electrostático?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Prepare un escrito o un informe oral sobre cómo se relaciona la teoría electrónica con el estudio de la electricidad.

## Unidad 2 Circuitos eléctricos

---

Un circuito eléctrico es una combinación de elementos conectados para formar una trayectoria completa por la cual los electrones pueden moverse. La finalidad de un circuito es hacer uso de la energía de los electrones en movimiento. Por tanto, un circuito es también un sistema de elementos o componentes con el cual la energía eléctrica puede cambiarse a otras formas de energía, como térmica, luminosa o magnética.

### ELEMENTOS DE UN CIRCUITO

Un circuito completo básico consta de cuatro elementos: 1) la fuente de energía; 2) los conductores; 3) la carga, y 4) el dispositivo de control (Fig. 2-1).

**Fuente de energía.** La fuente de energía en un circuito produce la fuerza que origina que los electrones se muevan. Es como una bomba que impulsa al agua por una tubería. En electricidad, esta fuerza es llamada *voltaje* o fuerza electromotriz. La unidad básica de fuerza es el volt. El flujo de electrones se denomina corriente. Las fuentes de energía más usadas en circuitos eléctricos son las celdas químicas y los generadores electromecánicos. Estos dispositivos realizan el trabajo necesario para mover a los electrones a través de los elementos del circuito.

**Conductores.** Los conductores en un circuito proporcionan una trayectoria fácil por la cual los electrones pueden moverse a través del circuito. El cobre es el material conductor más comúnmente empleado, ya sea en forma de alambre, barras o canales (Fig. 2-2). El alambre de cobre puede estar des-

Fig. 2-1. Circuito eléctrico básico.

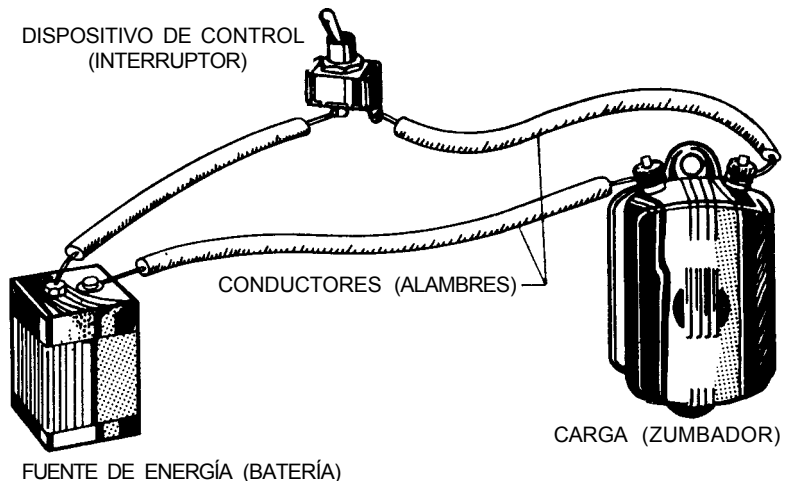




Fig. 2-2. El alambre se fabrica por medio de la tracción de varillas de cobre a lo largo de matrices (Rome Cable Corporation)

nudo o cubierto con algún tipo de material aislante. El aislamiento impide que los electrones se muevan fuera del alambre (Fig. 2-3).

En algunos circuitos, otros objetos metálicos, además de los conductores de cobre, forman las trayectorias de conducción. En un automóvil, por ejemplo, todo el chasis sirve como conductor. Éste completa varios circuitos que conectan a la fuente de voltaje (la batería) con varios dispositivos eléctricos y electrónicos (las cargas) (Fig. 2-4)

**Carga.** La *carga* es el elemento de un circuito que transforma la energía de los electrones en movimiento en alguna otra forma útil de energía. Una lámpara es un circuito muy común de carga. Cuando los electrones se mueven a través del filamento de la lámpara, la energía de los electrones en movimiento se convierte en energía térmica y energía luminosa (Fig. 2-5).

**Dispositivo de control.** Un sencillo dispositivo de control del circuito es el interruptor mecánico de pared. Éste permite

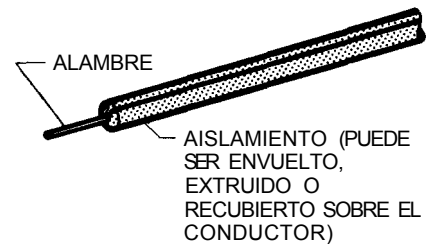


Fig. 2-3. Alambre aislado. Algunos materiales aislantes comunes son: neopreno, hule, nylon, polietileno, teflón, vinil, algodón, asbesto, papel y esmalte.

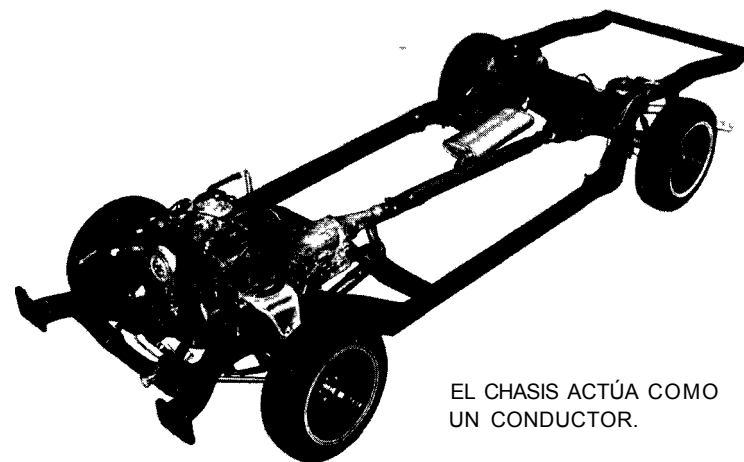


Fig. 2-4. Un chasis de automóvil (Ford Motor Company)

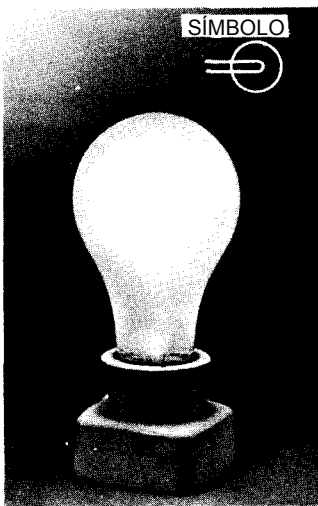


Fig. 2-5. Una carga eléctrica común. La lámpara convierte la energía eléctrica en calor y en energía luminosa. (General Electric Company)

abrir o cerrar un circuito (Fig. 2-6). Cuando el interruptor está en posición de "encendido", actúa como conductor para mantener en movimiento a los electrones a lo largo del circuito. En este caso, se dice que el circuito está cerrado. Cuando el interruptor está en la posición de "apagado", la trayectoria del circuito se interrumpe. Los electrones ya no pueden moverse a través de él. En este caso, se dice que el circuito está abierto.

Además de los familiares interruptores de apagado y encendido, otros dispositivos pueden proporcionar una acción de conmutación y control del flujo de electrones en un circuito. Los relevadores electromagnéticos, diodos, transistores y tubos electrónicos son ejemplos que se estudiarán posteriormente en este libro.

## TIPOS DE CIRCUITOS

Las cargas pueden conectarse en un circuito por medio de combinaciones en serie, en paralelo o en serie-paralelo. Un circuito en serie proporciona únicamente una trayectoria a través de la cual los electrones pueden moverse de una terminal de la fuente de energía a la otra (Fig. 2-7A). En un circuito en paralelo, pueden existir dos o más trayectorias diferentes por las cuales los electrones pueden fluir (Fig. 2-7B). Un cir-

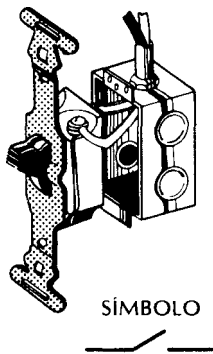


Fig. 2-6. Un interruptor ordinario de encendido y apagado.

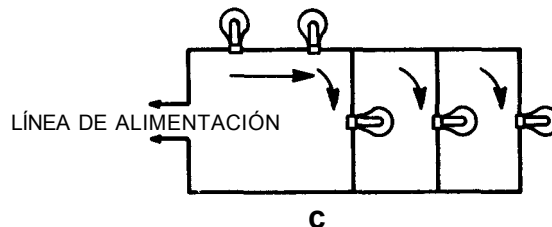
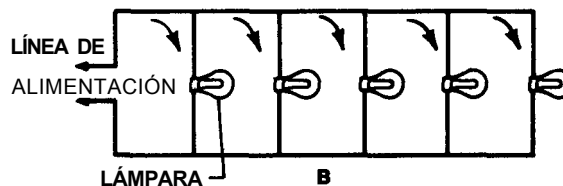
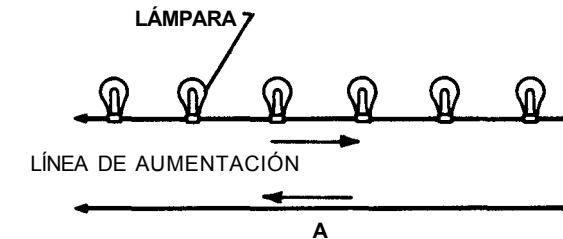


Fig. 2-7. Conexiones de circuitos: (A) circuito en serie; (B) circuito en paralelo; (C) circuito serie-paralelo

cuito en serie y en paralelo se muestra en la figura 2-7C. Nótese que los circuitos en serie y en paralelo se combinan para formar un circuito con varias trayectorias.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Ponga a prueba sus conocimientos escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un circuito eléctrico permite usar la energía de los \_\_\_\_\_ en movimiento.
2. En un circuito, la energía eléctrica se convierte a otras formas de energía como \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
3. Los cuatro elementos básicos de un circuito completo son: la \_\_\_\_\_, los \_\_\_\_\_, la \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
4. Las fuentes de energía utilizadas comúnmente en los circuitos eléctricos son: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
5. El material conductor más común es \_\_\_\_\_.
6. La \_\_\_\_\_ es el elemento de un circuito que cambia la energía eléctrica en otra forma de energía.
7. El circuito en serie proporciona únicamente \_\_\_\_\_ trayectoria a través de la cual los electrones pueden moverse.

8. En un circuito \_\_\_\_\_, pueden existir dos o más trayectorias para los electrones.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué es un circuito eléctrico?
2. Mencione y defina los cuatro elementos que constituyen un circuito completo básico.
3. Describa los circuitos en serie y en paralelo básicos.
4. ¿Cuál es la característica principal de un circuito en serie-paralelo?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Prepare un escrito o un informe oral que describa los circuitos eléctricos comunes que emplea en sus actividades diarias. Identifique los elementos de los circuitos y diga cuál es la función de cada uno.

---

# Unidad 3 Diagramas de circuitos y símbolos

---

Una vez que se haya diseñado un circuito teóricamente para realizar una tarea, debe planearse cómo construirlo. En el trabajo eléctrico y electrónico, un diagrama es parte fundamental del plan. Un diagrama muestra cómo las diferentes partes se conectan para formar el circuito completo. Su desarrollo es un paso importante en el diseño de circuitos. El diagrama guiará a aquéllos que mantendrán y repararán el circuito; también sirve como un registro para los que quieran copiar o estudiar el circuito o para quienes deseen modificarlo.

Esta unidad estudia varios tipos comunes de diagramas. Ofrece también bastante información útil respecto a la lectura y dibujo de diagramas.



## DIAGRAMAS PICTÓRICOS

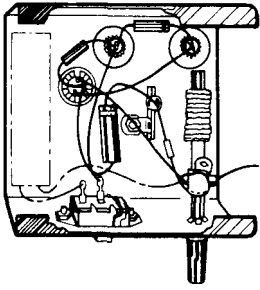


Fig. 3-1. Diagrama pictórico de un radio de un transistor.

Si construye un proyecto partiendo de un juego de piezas que debe armar, un *diagrama* pictórico estará incluido en el manual de instrucciones. Este diagrama es una ilustración dibujada de los elementos del circuito. En él se muestra cómo se conectan los elementos y dónde deben localizarse dentro del montaje (Fig. 3-1). El diagrama pictórico contiene también los dispositivos de conexión, que se usarán como lengüetas y tomas de corriente.

El diagrama pictórico por lo general se dibuja a escala. Esto significa que las relaciones entre las dimensiones y ubicación de los elementos son exactas, sin importar que éstos se muestren de tamaño natural, más grandes o más pequeños.

Los diagramas pictóricos son fáciles de seguir. Por esta razón, se emplea con los juegos de piezas para que usted mismo arme y en la fabricación, con el fin de mostrar el aspecto que tendrán los productos terminados.

Una desventaja del diagrama pictórico es que no da información eléctrica clara sobre el circuito. Simplemente muestra cómo se verá el circuito después de que se arme. Estos diagramas no indican las trayectorias de los electrones ni la manera en que los elementos se relacionan eléctricamente unos con otros. Preparar los diagramas pictóricos, por lo general, lleva bastante tiempo y a menudo ocupan mucho espacio.

## DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

El diagrama esquemático es la forma normal de comunicar información en electricidad y electrónica. En este diagrama, los componentes se muestran por medio de símbolos gráficos. Éstos son letras, dibujos o figuras que representan algo. En electricidad y electrónica, un símbolo gráfico indica la operación de un elemento en un circuito. Puesto que los símbolos son pequeños, los diagramas pueden dibujarse pequeños. Los símbolos y las líneas relacionadas se emplean para mostrar cómo se conectan los elementos de un circuito y cómo se relacionan unos con otros.

Examine el diagrama esquemático del circuito de radio de dos transistores mostrado en la figura 3-2. Si se lee este diagrama de izquierda a derecha, se verán los componentes en el orden en que se emplean para convertir las ondas de radio en energía sonora. La antena (a la izquierda) colecta las ondas de radio (energía) y los audífonos (a la derecha) convierten esta energía en sonido. Usando el diagrama, se puede seguir la operación del circuito de principio a fin. Debido a esto, los diagramas esquemáticos son ampliamente utilizados por ingenieros y técnicos. Se emplean en todos los tipos de diseños de circuitos, la construcción y las actividades de mantenimiento.

Identificación de componentes. Como se muestra en la figura 3-2, los componentes en un diagrama esquemático pue-

den también identificarse por medio de símbolos *literales*. Éstos comprenden la R para resistores, la C para capacitores y la Q para transistores. Posteriormente aprenderá qué son y cuál es su función; por ahora, simplemente deberá ser capaz de reconocer sus símbolos. Las letras además se combinan con números —como R1, R2 y R3— para distinguir diferentes componentes del mismo tipo. Los valores numéricos de los componentes a menudo se muestran directamente en el diagrama esquemático, junto con su identificación. Cuando no se dan de esta manera, se presentan en la lista de elementos que incluyen las notas que vienen con el diagrama.

Otros símbolos. Otros símbolos comunes empleados en los diagramas esquemáticos se muestran en la figura 3-3. Una de las organizaciones responsables de estandarizar estos y otros símbolos es el American National Standards Institute (ANSI). Esta organización proporciona listas completas de los símbolos empleados en electricidad y electrónica. El ANSI propor-

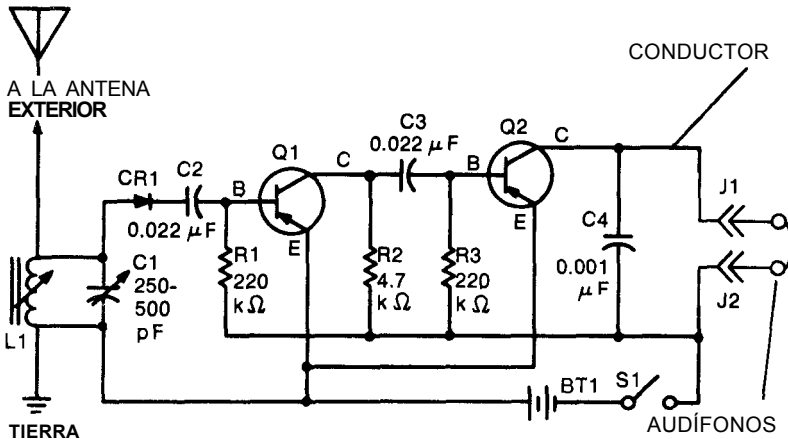


Fig. 3-2. Diagrama esquemático de un radio de dos transistores.

**Identificación de componentes.**

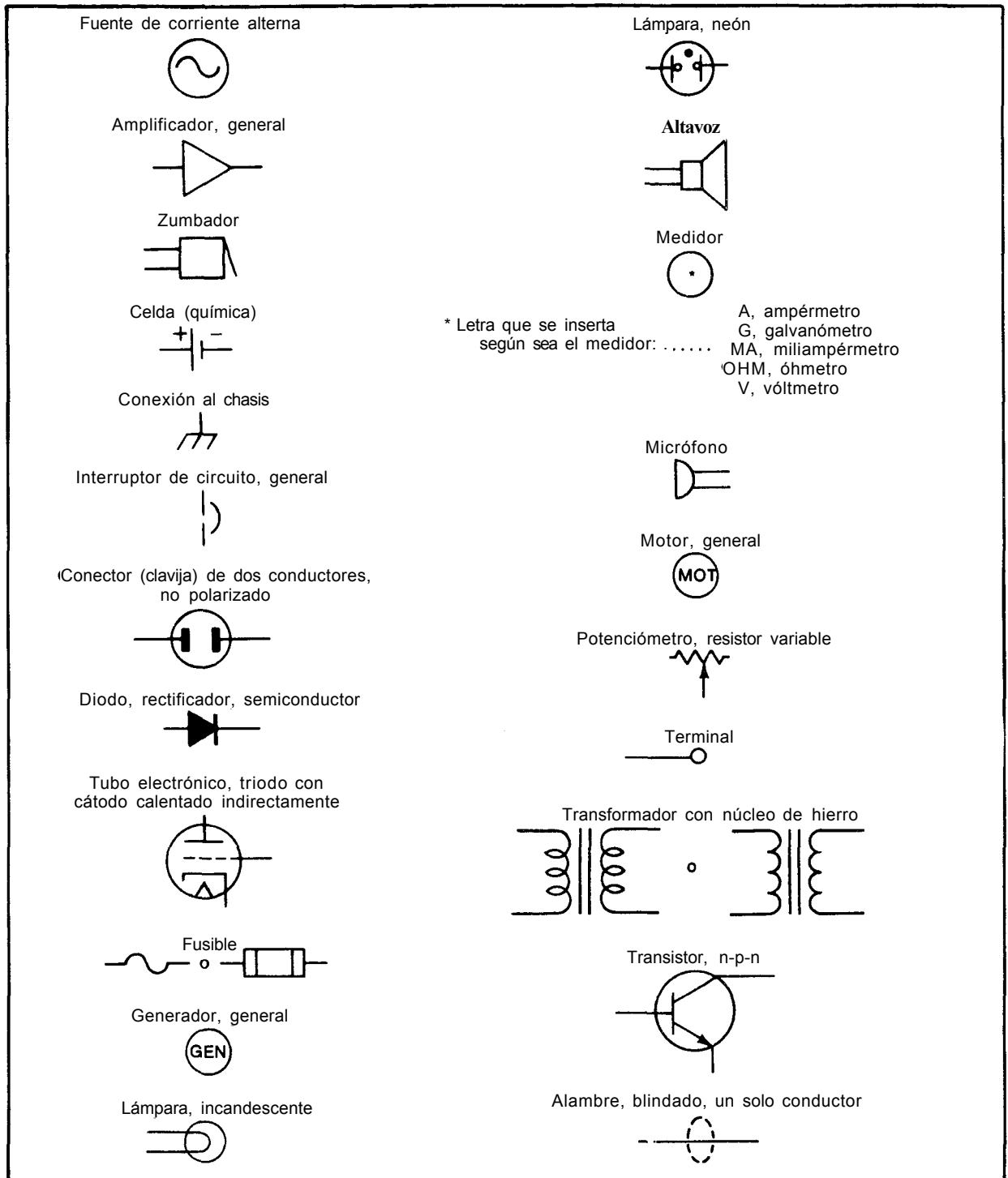
BT1	Batería
C1	Capacitor variable (La flecha que cruza al símbolo indica que el valor del componente puede variarse)
C2,C3 y C4	Capacitores fijos
CR1	Diodo de cristal
J1 y J2	Receptáculos de punta aislados
L1	Bobina de antena (Inductor variable de núcleo de ferrita)
Q1 y Q2	Transistores p-n-p
R1,R2 y R3	Resistores de carbón
S1	Interruptor monopolar- unidireccional (o una vía)

NOTA: Las letras B,C y E cerca del símbolo del transistor indican las conexiones exteriores de la base, colector y emisor de los transistores.

**Símbolos para los conductores:**

- Conductores que se cruzan, pero que no están conectados.
- Conductores conectados eléctricamente (el punto se omite a menudo cuando la conexión es obvia).

Fig. 3-3. Éstos son algunos de los símbolos comunes empleados en los diagramas esquemáticos. Otros símbolos se presentan a lo largo del libro.



ciona también normas que se emplean en otros campos técnicos.

## LECTURA DE LOS DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

La habilidad para seguir diagramas esquemáticos es importante. La mayor parte de los circuitos que usted quisiera estudiar, construir o reparar, probablemente se ilustren por medio de estos diagramas. La lectura de un diagrama no es tan difícil como pudiera parecer en un principio. Con algo de práctica, encontrará que la lectura de un diagrama esquemático es útil y ahorra tiempo.

Para empezar a aprender cómo se leen los diagramas esquemáticos, observe los diagramas pictórico y esquemático del mismo circuito que aparecen en la figura 3-4. Lea de izquierda a derecha. Encuentre e identifique, en ambos, los mismos componentes. Siga las conexiones de los alambres. En el diagrama pictórico, algunos de éstos pueden estar cubiertos por otros componentes. Trate de encontrar esos alambres en el diagrama esquemático.

A diferencia de un diagrama pictórico, un diagrama esquemático no muestra dónde se localizan los elementos o alambres de conexión en el chasis. El chasis es el armazón o base en la cual se montan los elementos. Obsérvese también que el diagrama esquemático no muestra ningún dispositivo de conexión como lengüetas y zócalos. Qué otros dispositivos de conexión se emplean y dónde; esto depende de las dimen-

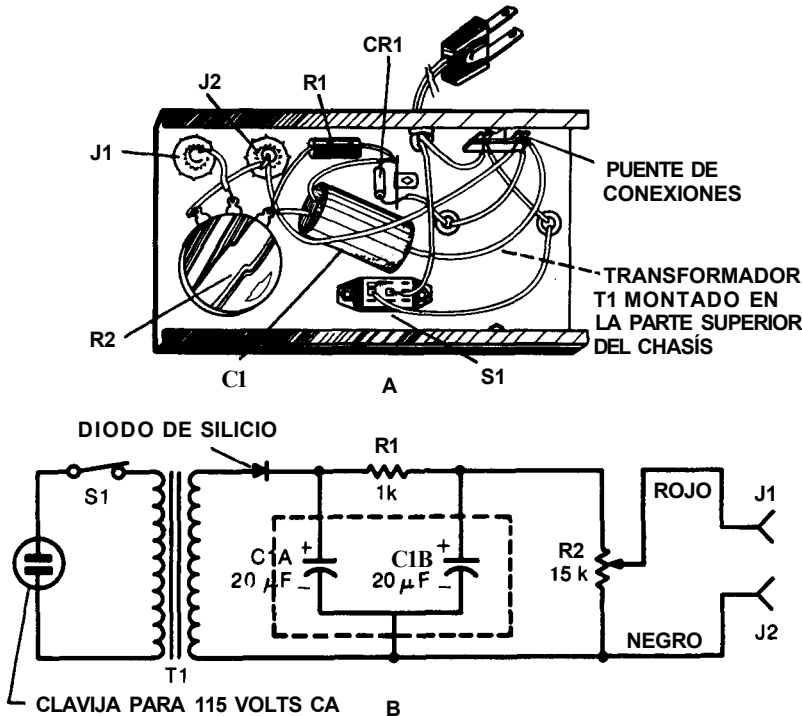


Fig. 3-4. Diagramas de un circuito rectificador: (A) pictórico (vista inferior) y (B) esquemático.

siones y forma de los componentes y del espacio disponible. La conexión también depende de las características eléctricas de los elementos del circuito, los cuales deben conectarse de acuerdo con el diagrama esquemático.

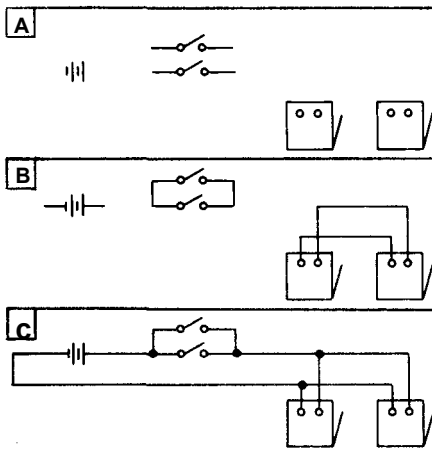


Fig. 3-5. Dibujo del diagrama esquemático.

## ALAMBRADO A PARTIR DE UN DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

Para alamburar un circuito con el empleo de un diagrama esquemático, debe saber cómo leer el diagrama. También necesita conocer los tipos y calibres de alambre o cables, cómo realizar las conexiones, y los dispositivos y herramientas de conexión. Éstos se estudian en el capítulo 5, "Conexiones eléctricas. Materiales, herramientas y procedimientos".

## DIBUJO DE DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

Algunas veces se alamburará un circuito sin emplear un diagrama esquemático. En otras, posiblemente se tendrá que trabajar con un circuito alamburado para el cual no se dispone de un diagrama. En tales casos, con frecuencia necesitará o querrá realizar directamente un diagrama esquemático del alamburado del circuito. Las siguientes sugerencias le ayudarán a elaborar un diagrama claro y legible:

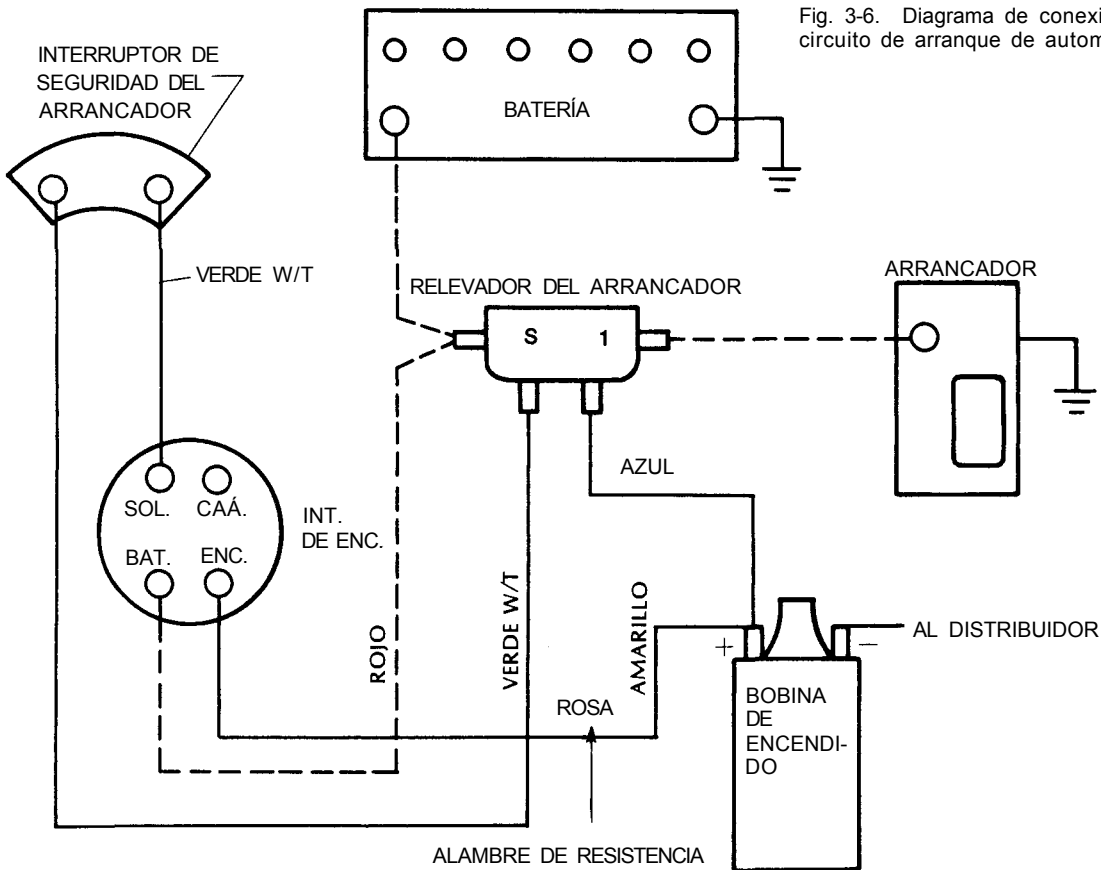
1. Emplee símbolos estándar para todos los componentes. Si no los hay, adapte un símbolo para que lo utilice. Anote su significado en el diagrama y en una lista de símbolos por separado.
2. Coloque los símbolos de manera que las líneas que representan los conductores que los conectan no estén demasiado juntas. Trate de no cruzar mucho las líneas y desvíelas cuando sea posible (Fig. 3-5A)
3. No dibuje los símbolos muy cerca unos de otros, para que no sobrecarguen el diagrama y hagan difícil su lectura.
4. No use papel rayado para los diagramas, así evitará que se confundan las líneas dibujadas con las impresas en el papel.
5. Después de dibujar los símbolos, únalos con líneas rectas verticales y horizontales (Figs. 3-5B y 3-5C).
6. Use un punto cuando sea necesario indicar que los conductores están conectados eléctricamente.

## DIAGRAMAS DE ALAMBRADO O CONEXIÓN

Los diagramas de alamburado se emplean para señalar de una manera sencilla las conexiones de sistemas de circuitos. Se usan comúnmente en aparatos domésticos y los sistemas eléctricos automotrices.

El diagrama de alamburado común muestra los componentes de un circuito en forma pictórica. Los componentes se identi-

Fig. 3-6. Diagrama de conexión de un circuito de arranque de automóvil.

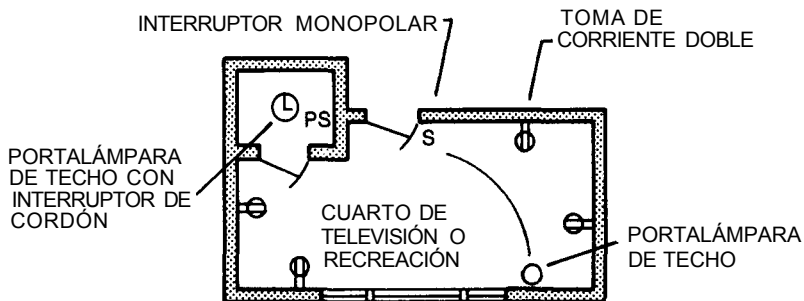


CIRCUITO DE BAJA CORRIENTE ————— CIRCUITO DE ALTA CORRIENTE - - - - -

fican por lo general con un nombre (Fig. 3-6). Estos diagramas a menudo también muestran las posiciones de componentes que se relacionan entre sí. Un código de color puede identificar determinados alambres.

### DIAGRAMAS DE PLANTA ARQUITECTÓNICOS

Los arquitectos, diseñadores eléctricos y contratistas utilizan los diagramas de planta arquitectónicos para mostrar dónde se instalarán los elementos del sistema eléctrico de una construcción. Éstos incluyen tomas de corriente, interruptores, accesorios para iluminación, tubería portacables y otros dispositivos de conexión; todos ellos se representan con símbolos (Fig. 3-7). Un diagrama de planta básico algunas veces omite la tubería portacables y las conexiones asociadas. Éstos y sus dimensiones, sin embargo, se muestran en los dibujos de trabajo del contratista. Basándose en ellos, el electricista realiza la instalación.



#### Otros símbolos empleados en los diagramas de planta arquitectónicos

	Toma de corriente doble, conectada a tierra		Botón de timbre
	Toma de corriente doble, a prueba de la intemperie		Timbre
	Salida de referencia		Tablero de alimentación
$S_3$	Interruptor de tres direcciones (vías)		Toma de reioj, montada en la pared
$S_4$	Interruptor de cuatro direcciones (vías)		Transformador de timbre

Fig. 3-7. Un diagrama de planta arquitectónico sencillo y algunos símbolos estándar empleados en estos diagramas.

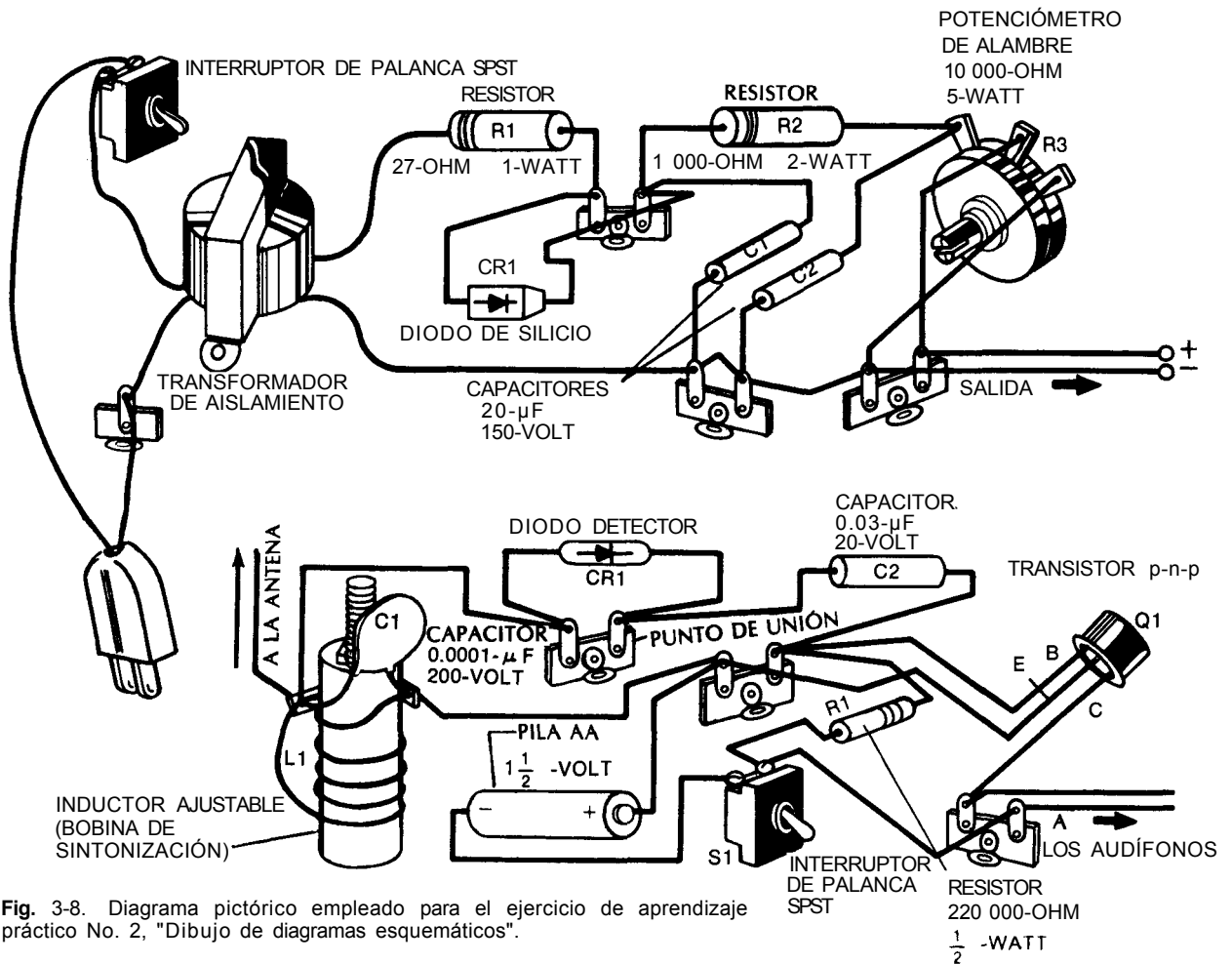
## APRENDIZAJE PRACTICO

**2. Dibujo de diagramas esquemáticos.** Empleando los símbolos apropiados, dibuje los diagramas esquemáticos de los circuitos que se muestran en los diagramas pictóricos de la figura 3-8. Debe dibujarlos en hojas blancas de 8 1/2 x 11 pulg (216 x 279 mm). Deberá dibujar primero a mano diagramas preliminares y después el diagrama final con una regla.

### AUTOEVALUACIÓN

Ponga a prueba sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

- Un \_\_\_\_\_ muestra cómo se conectan los diferentes elementos para formar el circuito completo.
- El diagrama pictórico se dibuja por lo general para \_\_\_\_\_.
- En un diagrama esquemático, los componentes se representan por medio de \_\_\_\_\_.
- Usted lee la mayor parte de los diagramas esquemáticos de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.
- El empleo de diagramas esquemáticos \_\_\_\_\_ hace posible seguir la \_\_\_\_\_ de un circuito de principio a fin.
- Son ejemplos de símbolos literales empleados para identificar componentes en un diagrama esquemático: \_\_\_\_\_ para resistores, \_\_\_\_\_ para capacitores y \_\_\_\_\_ para transistores.
- El símbolo del punto se emplea para mostrar que los conductores están eléctricamente en un punto.
- Un diagrama de conexión a menudo muestra las \_\_\_\_\_ de los componentes relacionadas entre sí.
- Un diagrama de planta arquitectónico muestra dónde se localizan los elementos del sistema \_\_\_\_\_ de una construcción.



### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique el objetivo de un diagrama de un circuito.
2. Describa un diagrama pictórico.
3. Mencione algunas desventajas del diagrama pictórico.
4. Describa un diagrama esquemático. Diga qué información se proporciona con éste.
5. ¿Cómo se identifican los diferentes componentes en un diagrama esquemático?
6. Dibuje e identifique los símbolos de 10 componentes eléctricos y electrónicos que le sean familiares.
7. Enumere varias prácticas que se siguen, cuando se dibuja un diagrama esquemático.
8. Describa un diagrama de conexión.

9. ¿Cuál es la finalidad de un diagrama de planta arquitectónico?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un reporte oral sobre el desarrollo en este país de los símbolos eléctricos estándar.
2. Obtenga diagramas pictóricos y esquemáticos de gran tamaño. Explíquelos a los estudiantes en su clase. Mencione las ventajas de ambos.
3. Obtenga un diagrama de planta arquitectónico de un arquitecto, contratista o electricista. Explíquelo durante la clase a sus compañeros.
4. Prepare un diagrama de planta arquitectónico de una habitación de su casa.



## Unidad 4 Reglas, prácticas y dispositivos de seguridad

La seguridad es asunto de todos. Desarrollar hábitos de trabajo seguros depende de una actitud mental correcta —la sensación de que usted desea trabajar en forma segura—. Con esta actitud, tratará de conocer las reglas y prácticas de seguridad de sus actividades, y se encontrará siguiéndolas por sí mismo. Esto lo querrá realizar no sólo por su seguridad, sino también por la de los demás.

En caso de no cumplir con los reglamentos y prácticas de seguridad, usted y otros podrían lesionarse y las instalaciones destruirse. Cuando el cuerpo conduce electricidad, se puede provocar un shock y quemaduras. Las propiedades pueden sufrir daños por incendios eléctricos iniciados por alambres sobrecalentados o chispas. Esto debe prevenirse si queremos usar la energía eléctrica en forma segura y eficiente.

### SHOCK ELÉCTRICO

Un shock *eléctrico* es una sensación física producida por la reacción de los nervios contra la corriente eléctrica. En casos menores, sólo hay un "estiramiento" inofensivo de los músculos afectados. En casos más severos, la respiración se corta y los músculos del corazón se paralizan. Si los músculos sufren un daño permanente, sucede a menudo la muerte por electrocución. Esto significa: "muerte producida por la electricidad". Si los músculos no se dañan permanentemente, pueden a menudo restituirse a la actividad normal por medio de la respiración artificial]. La respiración artificial de boca a boca es una manera efectiva de devolver la respiración. En este método, usted sopla aire periódicamente dentro de la boca de la víctima. A la vez, tapa las fosas nasales de la víctima. Llame a un médico de inmediato. Si no hay ninguno disponible, llame al grupo de salvamento más cercano.

La cantidad de corriente que puede producir daños severos en los músculos del cuerpo de una persona depende de su estado físico. Los testimonios muestran que la gente ha sido electrocutada con valores muy bajos de corriente. Es probable que ocurran daños musculares severos si una corriente excesiva atraviesa el área del pecho. Esto sucede cuando la trayectoria de conducción va de mano a mano o de una mano al pie (Fig. 4-1).

En condiciones normales, la epidermis —capa exterior de la piel— presenta una alta resistencia a la corriente. Si la epidermis se humedece por el sudor u otro líquido, su resistencia se reduce notablemente. Bajo estas condiciones, un voltaje menor a 120 volts puede causar que una peligrosa cantidad de corriente atraviese el cuerpo.

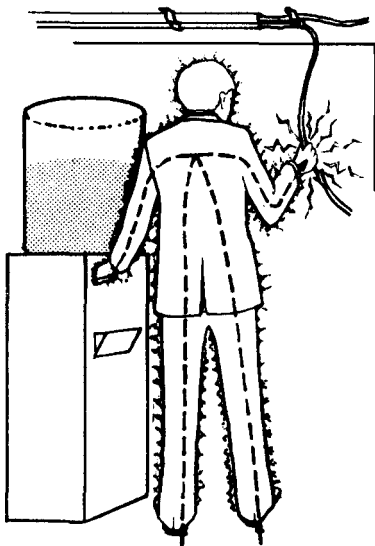


Fig. 4-1. Trayectorias de la corriente a través de la región pectoral del cuerpo.

## QUEMADURAS

Además del shock, una corriente excesiva que pase a través del cuerpo puede causar serias quemaduras. Estas ocurren por el calor producido por el rozamiento entre los electrones y los tejidos humanos. Las quemaduras eléctricas a menudo suceden dentro del cuerpo, a lo largo de la trayectoria seguida por la corriente. Este tipo de quemaduras pueden ser muy dolorosas y difíciles de sanar.

## PRÁCTICAS Y REGLAMENTOS GENERALES DE SEGURIDAD

El conocimiento de las causas y efectos de los shocks eléctricos y de las quemaduras es importante. Los reglamentos y prácticas de seguridad se diseñan para prevenir ese tipo de accidentes. Ningún conjunto de reglamentos y prácticas puede cubrir todos los casos. Sin embargo, la lista que sigue le ayudará a emplear la electricidad en forma segura y trabajar con ella de igual manera.

1. Considere siempre los alambres eléctricos de un circuito como un peligro potencial.
2. Desconecte siempre el cordón de alimentación de un equipo, antes de quitar la caja o gabinete, dentro de los cuales se encuentran las conexiones.
3. No toque una tubería de agua o gas, un fregadero, una tina o cualquier superficie húmeda, mientras maneja las partes metálicas del equipo eléctrico que está conectado.
4. Nunca coloque ningún equipo conectado en un lugar del que pudiera caer a un fregadero o una tina que contengan agua.
5. Asegúrese de leer y seguir todas las instrucciones proporcionadas con el equipo eléctrico o electrónico, antes de intentar utilizarlo.
6. Adquiera el hábito de inspeccionar periódicamente todos los artefactos eléctricos y herramientas que utilice. De esta manera, encontrará cualesquiera condiciones peligrosas potenciales: alambres flojos, alambres sin forro, cordones desgastados, etc. (Fig. 4-2).
7. Desconecte siempre el equipo que no parezca estar trabajando correctamente.
8. No trabaje con ningún equipo, a menos que conozca el procedimiento correcto que debe seguirse. Siempre es una buena práctica llamar a un experto cuando no está usted seguro de la forma apropiada y segura de manejar algún equipo.
9. Si debe trabajar con las partes expuestas de un circuito que está conectado, maneje los elementos con una mano únicamente. Mantenga la otra mano detrás de su espalda o en un bolsillo. Esto lo protegerá para que la corriente no pase a través de su pecho. No lleve puestos anillos o relojes cuando toque circuitos eléctricos activos.

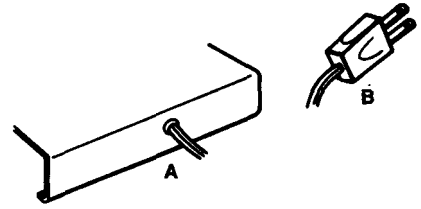


Fig. 4-2. Puntos en que ocurren con mayor frecuencia defectos de los cordones eléctricos: (A) donde entran los cordones a los aparatos; (B) donde entran los cordones a las clavijas.



Fig. 4-3. Sello del Underwriter's Laboratories (UL).

10. Siempre es una práctica de seguridad emplear únicamente equipo que tenga el sello de aprobación de un organismo autorizado (Fig. 4-3). Éste es una garantía de que el artículo se ha fabricado de acuerdo con estrictas normas de seguridad.
11. Encuentre la ubicación y aprenda a manejar el interruptor de alimentación principal en su casa y en otros lugares donde se trabaje con electricidad. Esto le permitirá desconectar rápidamente todos los circuitos en una emergencia.
12. Durante un shock eléctrico, los músculos causan por lo regular que los dedos queden pegados firmemente al punto de contacto. Use todos los medios a su alcance para separarse lo más rápidamente posible del punto de contacto eléctrico. La posibilidad de quemaduras y daños musculares serios aumenta cuanto mayor sea la corriente que atraviesa su cuerpo.
13. Si un shock eléctrico corta la respiración debe llamarse inmediatamente a un doctor. La respiración artificial debe iniciarse inmediatamente después de que el contacto eléctrico se haya suprimido. La separación de la persona del punto de contacto debe hacerse con extremo cuidado. De otra manera, la trayectoria de la corriente puede pasar a través del salvador, causándole también a él o a ella un severo shock.
14. A pesar de que un shock eléctrico puede no ser peligroso, casi siempre lo sobresaltará o asustará. Esto podría, a su vez, originar que se cayera o golpeará contra una superficie sólida y que sufriera serias lesiones.

## CONEXIÓN A TIERRA PARA LA SEGURIDAD PERSONAL

La *tierra* o masa, es por lo general un buen punto de conducción para los electrones, cuando existe una trayectoria entre ellos y un alambre *vivo* cargado. Por esta razón, el poner cualquier parte de su cuerpo entre tierra y dicho alambre representa un peligro potencial de un severo shock. Los alambres y dispositivos *conectados a tierra* se diseñan para reducir este peligro.

Si un alambre sin forro de un aparato eléctrico hace contacto con el metal de su gabinete, éste se convierte en una extensión del alambre. Si el gabinete no está aterrizado (conectado a masa), el voltaje de la línea aparecerá entre el gabinete y la tierra. En la mayor parte de los hogares, la línea de voltaje es aproximadamente de 115 volts. Por tanto, existe el peligro de un fuerte shock si una persona hace contacto con el gabinete y cualquier superficie que esté en contacto directo con el piso.

**Alambres, clavijas y tomas de corriente con conexión a tierra.** Los gabinetes de metal, cajas y armazones de los aparatos, herramientas y máquinas generalmente se conectan a

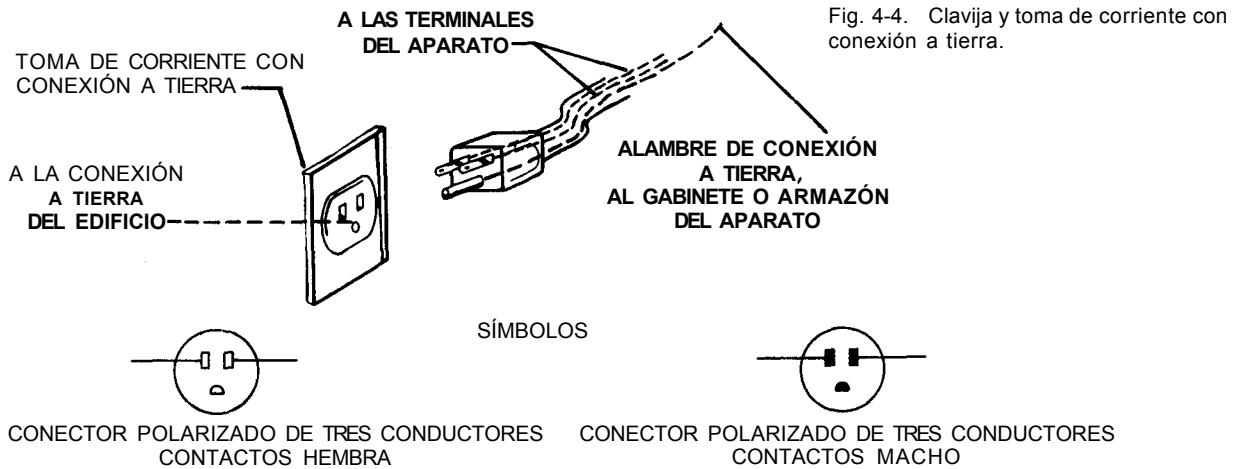


Fig. 4-4. Clavija y toma de corriente con conexión a tierra.

tierra con un alambre de conexión a tierra por separado. Este alambre es parte de los cordones de alimentación. El alambre de conexión a tierra se conecta al gabinete, caja o armazón del dispositivo y corresponde a la terminal redonda de la clavija del cordón; pero no se conecta a ningún elemento del circuito eléctrico del dispositivo. Cuando la clavija se introduce en una salida con conexión a tierra, el alambre de conexión a tierra del cordón se conecta en forma automática a la tierra del edificio. Esta conexión va desde la conexión a tierra mediante un alambre conductor hasta la toma de corriente (Fig. 4-4). Puesto que el gabinete, caja o armazón están entonces al mismo voltaje que la tierra, el peligro de un shock no puede existir entre ellos y cualquier superficie aterrizada.

La clavija con conexión a tierra de tres terminales se llama *clavija polarizada*. Sus terminales entrarán en la toma de corriente sólo cuando estén alineadas apropiadamente; por ejemplo, la terminal redonda conectada al alambre de conexión a tierra del equipo puede encajar únicamente en la abertura redonda de la toma de corriente. Cuando esto sucede, las otras dos terminales se alinean automáticamente con las ranuras de la toma de corriente. Una se conecta al alambre fase o "vivo" y la otra al alambre "neutro". Para la descripción de ambos alambres, véase la unidad 31.

**Aterrizajes individuales.** Los gabinetes metálicos de aparatos y las armazones de las máquinas no siempre usan clavijas y tomacorrientes aterrizados. Estos dispositivos se aterrizan conectándolos directamente a tuberías de agua o barras aterrizadas (Fig. 4-5). Puesto que a menudo se emplean tuberías de plástico, el sistema de tuberías debe inspeccionarse para asegurar que el tubo de agua es el adecuado como conexión a tierra. Los tubos de gas no deben usarse nunca para este propósito.

**Conductor verde.** Algunos enseres tienen cordones con una clavija de dos terminales, aunque constan de tres

Fig. 4-5. Conexión a tierra de gabinetes metálicos de aparatos: (A) conexión en una tubería de agua; (B) empleo de una barra de conexión a tierra.

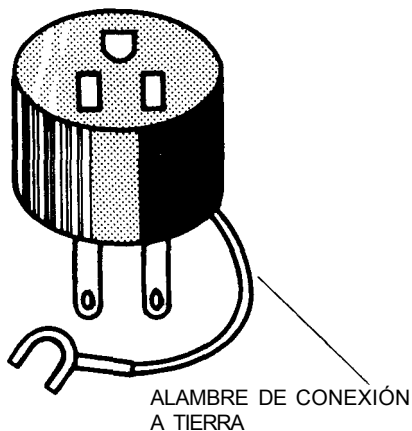
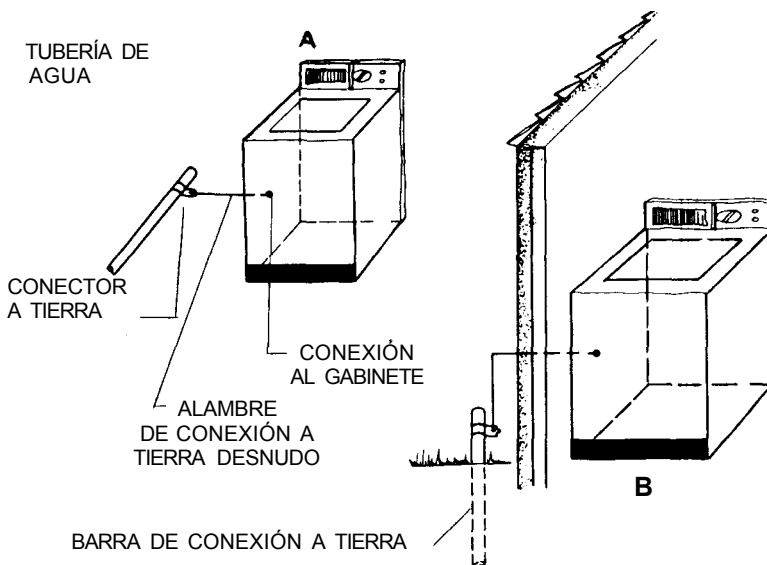


Fig. 4-6. Un adaptador común de tres a dos conductores.

alambres. Uno de estos, un conductor de conexión a tierra, es de color verde. Éste se extiende una pequeña distancia desde el lado de la clavija. Una terminal de horquilla está conectada en el extremo del alambre verde. Esta terminal se emplea para conectar el conductor verde a la tierra. El otro extremo del conductor verde se une a la caja metálica del enser eléctrico o herramienta. Cuando se conecta correctamente, el conductor verde proporciona una protección adecuada contra el shock eléctrico.

**Adaptador de tres a dos conductores.** Un adaptador de tres a dos conductores es un dispositivo práctico. Con él es posible emplear una clavija polarizada en un tomacorriente de dos ranuras (Fig. 4-6). La conexión a tierra del dispositivo con el adaptador no es inmediata; debe conectarse, empleando el conductor verde de conexión a tierra, a un punto aterrizado.

## LÁMPARA DE NEÓN MANUAL DE PRUEBA

La barata lámpara de neón manual de prueba puede emplearse para saber cuándo un conductor expuesto está en contacto con el gabinete o la caja de metal de un enser eléctrico. Esta situación, por supuesto, presenta el peligro de un shock severo. Para usar el probador manual, sólo recargue firmemente un extremo contra la superficie metálica del gabinete o caja bajo prueba y sostenga el otro extremo en su mano (Fig. 4-7). La lámpara de neón del probador se encenderá si existe un voltaje peligroso entre el gabinete y la tierra. Si esto sucede, el aparato o la herramienta deberá desconectarse inmediatamente y repararse tan rápido como sea posible.

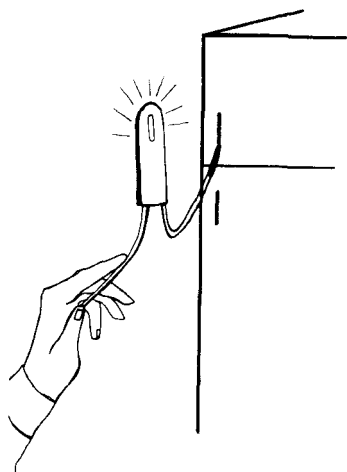


Fig. 4-7. Empleo de una lámpara de neón manual de prueba para detectar la presencia de voltaje entre el gabinete de un aparato y tierra.

## CIRCUITOS CONECTADOS AL CHASIS

Uno de los conductores o cables del cordón de alimentación de algunos aparatos de radio y televisión se conecta directamente al chasis. Por consiguiente, éste sirve como un circuito conductor y presenta un claro peligro de shock. Un voltaje peligroso puede existir entre el chasis y tierra. Inspeccione el chasis con una lámpara de neón de prueba manual. Si la lámpara de neón se enciende, desconecte el cordón de alimentación. En seguida, invierta la clavija girándola media vuelta y vuélvala a conectar. En la mayor parte de los casos, esto eliminará la condición de peligro. En caso contrario, desconecte el dispositivo inmediatamente. Éste debe ser inspeccionado por un técnico de servicio.

## AISLAMIENTO DOBLE O REFORZADO

Muchos enseres y herramientas portátiles accionadas por un motor ofrecen actualmente protección contra el shock por medio de *aislamiento doble o reforzado*. En estos dispositivos, los conductores se protegen contra el contacto a tierra por medio de tipos especiales de aislamiento entre los conductores y el gabinete o bastidor del equipo. Para proteger aún más contra el shock, ciertos dispositivos y tornillos que mantienen unido el montaje, se hacen a menudo de nylon o algún otro material aislante. Muy frecuentemente, toda la caja se fabrica con material plástico resistente. Este tipo de construcción hace innecesario conectar a tierra el gabinete o caja.

## CIRCUITOS ABIERTO Y EN CORTO

Cuando un cable se rompe, se quema o desconecta en algún punto, el circuito queda abierto. Cuando esto sucede, la corriente cesa de circular (Fig. 4-8A). Un circuito abierto puede ser peligroso. El voltaje del circuito aparecerá en el punto en el que está roto el circuito. Los conductores o equipos con una conexión rota deberán manejarse con cuidado si aún el equipo está conectado a la línea de alimentación.

Si dos conductores de fase (o vivos) sin forro entran en contacto entre sí, que equivale a decir que la carga no interviene en el circuito, una cantidad excesiva de corriente circulará en el circuito. Esta situación se conoce como un cortocircuito (Fig. 4-8B). Los cortocircuitos son muy peligrosos. Éstos suceden ya que la corriente es excesiva y por lo general, es lo suficientemente alta para dañar el aislamiento del alambre y quizás iniciar un incendio. En la mayor parte de los circuitos, se utilizan fusibles e interruptores automáticos de circuitos para abrir el circuito, si existe un excesivo flujo de corriente. Estos dispositivos se estudian a continuación.

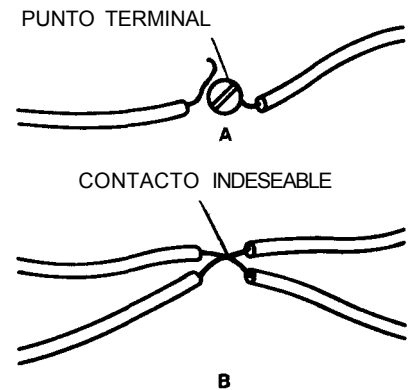


Fig. 4-8. Ejemplos de: (A) circuito abierto; (B) cortocircuito.

## FUSIBLES

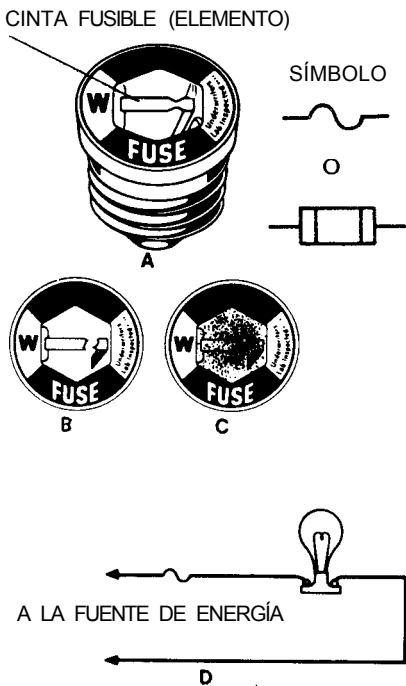


Fig. 4-9. Tapón fusible de base estándar: (A) fusible en buenas condiciones; (B) cinta fusible fundida o rota; (C) el ennegrecimiento de la "ventana" indica que la cinta fusible se ha fundido; (D) forma de conectar un fusible en un circuito (Bussmann Manufacturing División, McCraw-Edison Company).

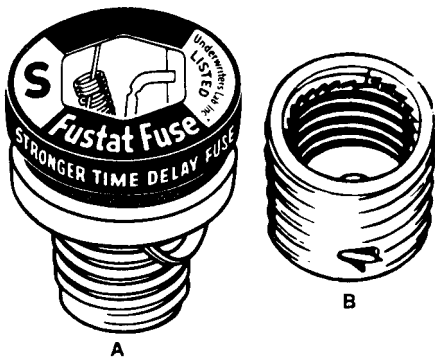


Fig. 4-10. Fusible a prueba de mal manejo: (A) tapón fusible; (B) adaptador del fusible (Bussmann Manufacturing División, McCraw-Edison Company).

Un fusible es un dispositivo de seguridad que funciona como un interruptor para desconectar un circuito cuando la corriente sobrepasa un valor especificado. Una gran cantidad de corriente puede deberse a un cortocircuito dentro de la carga. Esto puede ser el resultado de una condición conocida como sobrecarga. La sobrecarga sucede cuando un circuito entrega más corriente a la carga que la que los conductores pueden soportar seguramente. En ese caso, el circuito se sobrecalienta. La sobrecarga ocurre por lo general cuando muchos aparatos se conectan en las tomas de corriente que abastece el circuito.

Tapones fusibles. Los tapones fusibles se emplean comúnmente en circuitos domésticos. Estos fusibles tienen una tira de metal llamada *cinta fusible* o elemento (Fig. 4-9). La cinta generalmente es de zinc y se diseña para fundirse o quemarse cuando pasa a través de ella una cantidad de corriente mayor al valor nominal. La medida eléctrica de un fusible es igual a este valor de corriente y se da en una unidad llamada ampere. El número de amperes usualmente se imprime en el cuerpo del fusible; por ejemplo, 15 A o Amp. Esto significa que el fusible se abrirá si la corriente sobrepasa 15 amperes. Los tapones fusibles se incorporan en un circuito enroscándolos en receptáculos especiales. Algunos tapones fusibles tienen un casquillo de rosca metálica como el de las bombillas ordinarias. Este tipo de tapón fusible se conoce como de base Edison o media. El tapón fusible de base media se está descontinuando. La mayor parte de los reglamentos para las construcciones eléctricas prohíben actualmente su empleo; sin embargo, son aún muy comunes en edificios antiguos.

Fusibles a prueba de mal manejo. El fusible a prueba de mal manejo se diseña para prevenir que un fusible sea reemplazado por otro de diferente medida eléctrica. Por esta razón, también se le conoce como tapón fusible no intercambiable; al usarlo, se utiliza un receptáculo que sólo acepta fusibles de cierta medida. Por ejemplo, un fusible de 25 A o 30 A no entrará en un receptáculo para fusibles de 15 A y 20 A. Para usar estos fusibles en un receptáculo de base media, debe instalarse un adaptador (Fig. 4-10). El adaptador se enrosca primero en el receptáculo del fusible y posteriormente el fusible en el adaptador. Una vez colocado, el adaptador no puede quitarse fácilmente.

Tapón fusible de elemento doble. Un tapón fusible de elemento doble de acción lenta se utiliza en muchas casas. Está diseñado para soportar durante un tiempo corto una corriente mayor que la de su valor nominal. Si la corriente excesiva continúa después de este tiempo, el fusible se funde,

igual que un tapón fusible ordinario. En tal caso, debe reemplazarse.

La estructura de un tapón fusible de elemento doble se muestra en la figura 4-11. De igual manera, cuando pasa mucha corriente a través del interruptor térmico del fusible, la soldadura que mantiene la cinta fusible en contacto con el interruptor térmico se calienta. Si esta corriente continúa, la soldadura se ablanda. Esto permite al resorte despegar la cinta fusible del interruptor térmico y romper su conexión.

Los tapones fusibles de elemento doble se usan con mayor frecuencia en circuitos de motores. Un motor toma mucho más corriente al arrancar que durante su operación normal. Un tapón fusible de elemento doble soportará este corto periodo de alta corriente. Posteriormente continuará protegiendo al circuito del motor, después de que la corriente haya decrecido a su valor de operación. Un tapón fusible ordinario probablemente se quemaría durante el periodo de arranque. El tapón fusible de elemento doble actúa en forma lenta en condiciones normales. Sin embargo, un intenso y repentino flujo de corriente causará que su cinta fusible se funda en forma muy rápida y abra el circuito de la misma manera que un tapón fusible ordinario.

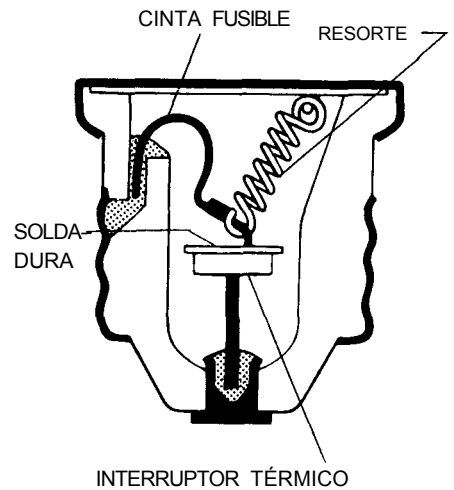
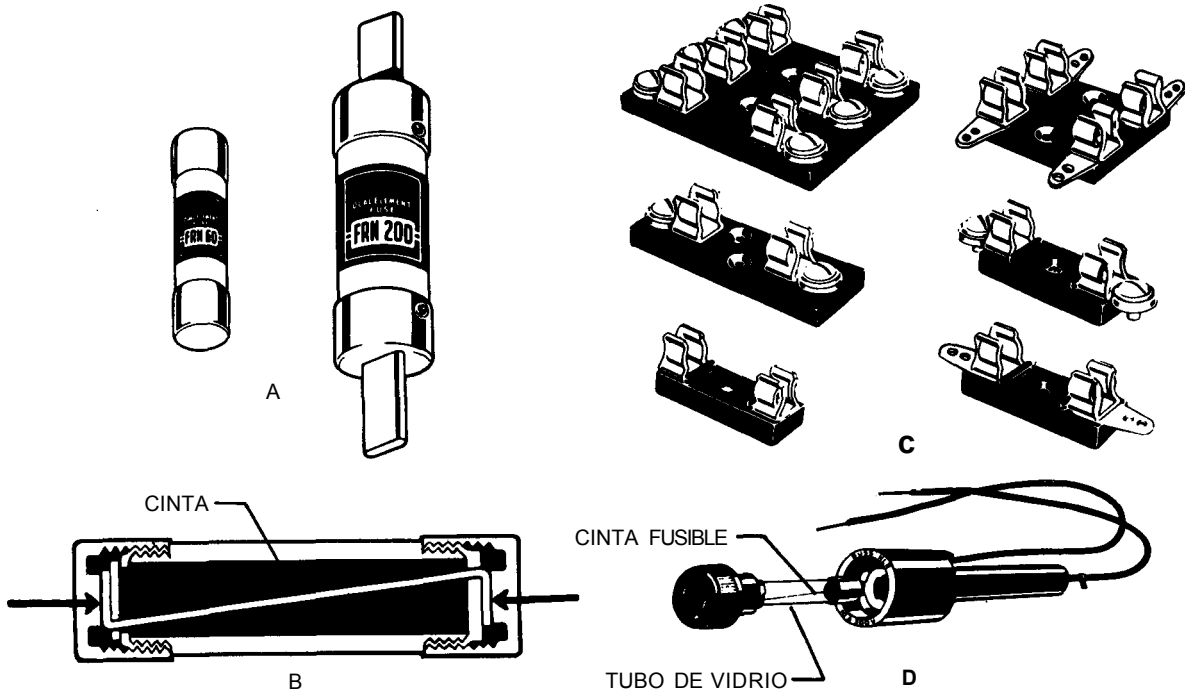


Fig. 4-11. Vista en corte que muestra la estructura de un tapón fusible de elemento doble (Bussmann Manufacturing División, McGraw-Edison Company).

**Fusible de cartucho.** Como los tapones fusibles, existen los fusibles de cartucho ordinarios o de elemento doble [Fig. 4-12A). Algunos de estos fusibles son del tipo de cinta intercambiable (Fig. 4-12B). En éstos, la cinta fusible puede reemplazarse. El cartucho puede usarse una y otra vez.

Los fusibles de cartucho se montan sobre sujetadores (Fig.

Fig. 4-12. Fusibles de cartucho y sujetadores: (A) estuches comunes de fusibles; (B) vista en corte de un fusible de cinta intercambiable; (C) sujetadores de fusible; (D) sujetador de fusible de resorte (Bussmann Manufacturing División, McGraw-Edison Company).





4-12C). Los fusibles de cartucho de vidrio pequeños, algunas veces, se encierran en sujetadores de resorte (Fig. 4-12D).

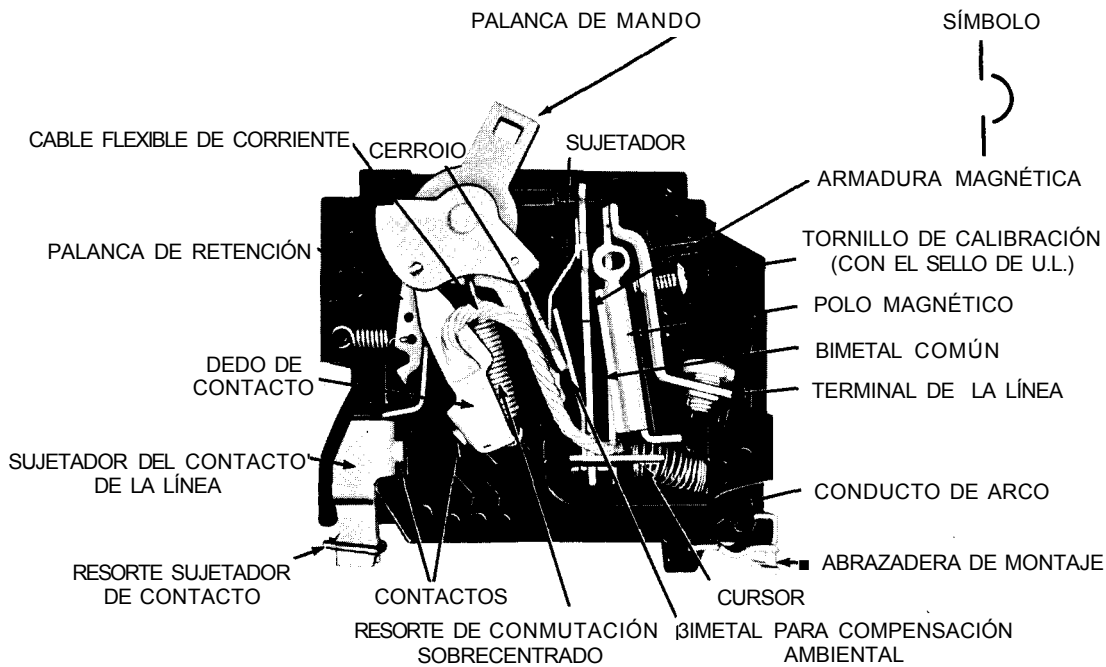
## **REGLAS DE SEGURIDAD PARA FUSIBLES**

Los fusibles protegerán los circuitos sólo si se emplean en la forma correcta. Las siguientes reglas le ayudarán a utilizarlos adecuadamente y manejarlos con seguridad:

1. Nunca reemplace un fusible por otro de medida mayor,
2. No trate de reparar ningún fusible fundido, a menos que sea de tipo intercambiable.
3. Llame a un electricista o a alguna otra persona calificada, si duda de la medida correcta del fusible que se emplea en el circuito.
4. No ponga nunca ninguna moneda o cualquier otro objeto en el receptáculo de un fusible.
5. Cuando sea posible, desconecte el interruptor principal en el centro de carga o caja de interruptores, antes de reemplazar un fusible fundido.
6. Cuando reemplace un fusible en el centro de carga o caja de interruptores con el interruptor principal conectado, párese sobre una superficie seca (de preferencia madera o un tapete de hule). Emplee una mano para hacer el reemplazo y mantenga la otra detrás de su espalda o en un bolsillo.
7. Para prevenir sobrecalentamiento y chispas, asegúrese de que el fusible esté colocado firmemente en su receptáculo o sujetador.
8. Recuerde que un fusible ordinario, aun de la medida correcta, se fundirá por lo general si se emplea en un circuito donde haya un motor. En su lugar, utilice un fusible de elemento doble.
9. Cuando un fusible de la medida adecuada se funde constantemente, es una indicación de que el circuito está sobrecargado o de que existe un corto circuito en alguna de sus partes. Esta condición debe corregirse antes de que el circuito vuelva a ponerse en operación.
10. Nunca trate de dejar a un fusible fuera de circuito, conectando un alambre entre las terminales de su receptáculo o sujetador. Tenga siempre a mano una provisión de fusibles de reserva de la medida correcta, para un caso de emergencia.

## **DISYUNTOR DE CIRCUITO**

Un disyuntor de circuito o interruptor automático es un dispositivo mecánico que realiza la misma función de protección que la de un fusible. No obstante, a diferencia de un fusible, puede servir también como un interruptor de encendido-apagado común. Algunos disyuntores de circuito tienen un



SÍMBOLO



Fig. 4-13. Estructura de un disyuntor comercial (Cutler-Hammer).

mecanismo interruptor que funciona por medio de un control térmico. Otros emplean un mecanismo de interrupción magnético. Los disyuntores de grandes circuitos tienen mecanismos de interrupción que se controlan tanto térmica como magnéticamente (Fig. 4-13). El control térmico incluye el empleo de un elemento bimetalico, que se estudia en la unidad 33. El magnético incluye el empleo de un solenoide, que se estudia en la unidad 14.

Como los fusibles, los disyuntores se especifican según la cantidad de corriente en amperes que puede pasar a través de ellos, antes de que se desconecten o abran. Sin embargo, a diferencia de un fusible, puede reconectarse después de haber sido desconectado. Algunos disyuntores contienen un control de ajuste; otros sólo tienen un valor particular de desconexión.

Cuando un disyuntor de circuito del tipo como el que se muestra en la figura 4-13 se desconecta, su palanca se desplaza, se aproxima o acerca a la posición de "apagado". Para reestablecer la conexión, la palanca se acciona simplemente a la posición de "encendido".

### INTERRUPTOR DE CIRCUITO ACCIONADO POR CORRIENTE DE PERDIDA A TIERRA

El interruptor de circuito *accionado por* corriente de pérdida a tierra (GFCI) es un dispositivo que da una protección personal adicional contra el shock eléctrico. Dispositivos como fu-

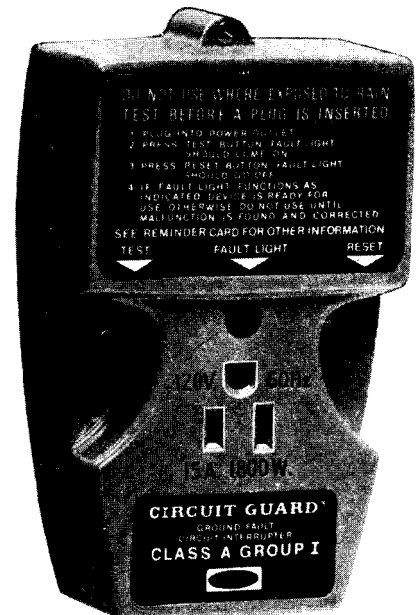


Fig. 4-14. Un interruptor portátil de circuito accionado por corriente de pérdida a tierra (GFCI) (Harvey Hubble, Inc.)

sibles, conductores con aislamiento doble, las tierras de equipos, se usan para protección del personal y del equipo, pero presentan algunas desventajas. Una corriente eléctrica de aproximadamente 60 miliamperes (mA) puede causar que el funcionamiento del corazón en personas adultas, se torne irregular o se pare por completo. Un fusible o ruptor de circuito de 15 amperes desconecta el circuito sólo cuando la corriente excede los 15 amperes. Esta cantidad es bastante mayor a 60 miliamperes.

La figura 4-14 muestra un interruptor portátil de circuito accionado por pérdida de corriente a tierra (también se encuentran adaptados en ruptores de circuito y tomacorrientes dobles). Es lo suficientemente pequeño como para transportarlo en un bolsillo. El GFCI puede conectarse en un tomacorriente doble común. Sin embargo, debe conectarse a tierra apropiadamente en la toma de corriente. Antes de conectar el cordón de alimentación de un aparato a un GFCI, éste se deberá probar, para verificar si trabaja en forma correcta. Sígase las instrucciones específicas del GFCI que está empleando. Los interruptores de circuito accionados por corriente de pérdida a tierra trabajan con base en el principio eléctrico básico que establece que la corriente que circula en el conductor de fase (o vivo) hacia el dispositivo o carga, debe ser igual a la que circula en el conductor neutro que proviene desde el dispositivo. Cualquier diferencia en las corrientes entre estos conductores indica que la corriente está tomando otra trayectoria para completar el circuito. La otra trayectoria podría ser una conexión a tierra indeseable en el equipo eléctrico. El interruptor de circuito accionado por pérdida de corriente a tierra sensa la diferencia entre las corrientes de los conductores de fase y neutro; si ésta es mayor a 5 miliamperes, un interruptor de seguridad se desconecta en el GFCI y el circuito se abre. Esto protege contra un fuerte shock eléctrico a la persona que está operando el equipo eléctrico. El GFCI no elimina completamente la sensación de un shock eléctrico; sin embargo, abre el circuito lo suficientemente rápido como para evitar lesiones a una persona saludable. De esta manera, un GFCI proporciona protección contra corrientes peligrosas que no sobrecargan a los disyuntores o fusibles de 15 o 20 amperes. A pesar de esto, un GFCI no debe emplearse en lugar de un conductor de conexión a tierra separado. Es más, un GFCI no protege a una persona que, por accidente, toque al mismo tiempo un alambre neutro y uno vivo sin aislamiento.

## **ANTEOJOS DE SEGURIDAD**

El uso de los anteojos de seguridad es muy recomendado en las ocupaciones eléctricas y electrónicas. Los anteojos de seguridad deben llevarse cuando se suelda, se corta alambre, se manejan productos químicos o un cinescopio de televisión, y al usar máquinas como la prensa taladradora, el taladro

eléctrico portátil o el esmeril. Todas estas actividades podrían lesionar los ojos. En labores de este tipo es una buena práctica llevar anteojos de seguridad.

## OSHA

En Estados Unidos existe la Ley de Seguridad y Sanidad Ocupacional, llamada comúnmente OSHA (*Occupational Safety and Health Act*). El Congreso de Estados Unidos aprobó esta ley en 1970. Su objetivo básico es asegurar que todo trabajador en la nación goce de condiciones de trabajo seguras y salubres.

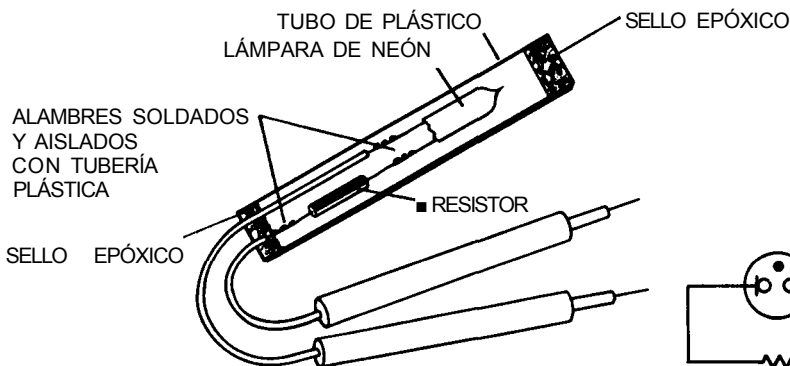
La ley marca varios aspectos. Aconseja a los patrones y a los empleados reducir los peligros en el lugar de trabajo. Exige seguridad laboral y normas de sanidad.

La ley establece responsabilidades y derechos, tanto para el trabajador como para el patrón. El trabajador debe leerlos carteles de la OSHA en los sitios de trabajo. También debe obedecer todas las normas de la OSHA y aplicarlas. Debe seguir todos los reglamentos y reglas de seguridad y sanitarias del patrón. El patrón debe informar al empleado acerca de la OSHA. Debe proporcionar un sitio de trabajo libre de peligros. También debe asegurar a los empleados, y disponer y emplear herramientas y equipos seguros. No es posible describir en detalle la OSHA en este libro de texto. Sin embargo, se puede obtener mucha información sobre ella en el Departamento de Trabajo de Estados Unidos. Ésta es la oficina de gobierno que maneja esta ley.

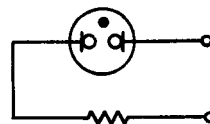
---

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

**3. Construcción de una lámpara de neón de prueba manual.** Este dispositivo puede emplearse para detectar convenientemente la presencia de un voltaje en los tomacorrientes y terminales, y entre las cajas o alojamientos de aparatos o enseres no conectados a tierra y esta última. Se necesita un voltaje de por lo menos 60 volts para encender la lámpara. Un



**Rg. 4-15.** Montaje de la lámpara de neón de prueba manual y diagrama del circuito.



voltaje de corriente continua (cc) causará que sólo brille el electrodo de la lámpara de neón conectado a la terminal negativa. Por consiguiente, el probador manual puede emplearse para decidir la polaridad de voltaje cc.

#### MATERIALES NECESARIOS

- 1 tubo transparente de plástico rígido (Lucita o vinyl), 1/2 pulg (12.7 mm) de diámetro exterior, 1/4 pulg (6.35 mm) de diámetro interior, 4 pulg (101.6 mm) de largo*
- 1 lámpara de neón tipo NE-2*
- 1 resistor de carbón depositado; 220 000 ohms; 1/2 watt*
- 12 pulg (305 mm) de alambre forrado para punta de prueba, negro, no. 18 AWG (1.00 mm)*
- 12 pulg (305 mm) de alambre forrado para punta de prueba, rojo, no. 18 AWG (1.00 mm)*
- 1 punta de prueba no soldada, negra, mango de 4 pulg (102 mm)*
- 1 punta de prueba no soldada, roja, mango de 3 pulg (76 mm)*
- tubo aislante de plástico (spaghetti)*
- cemento epóxico*
- plástico transparente para moldeado (opcional)*

#### Procedimiento

1. Realice las conexiones de la lámpara de neón, resistor y alambres con punta de prueba que se muestran en la figura 4-15. Asegúrese de que todas las uniones soldadas y los alambres desnudos del montaje queden perfectamente aislados.
2. Coloque con cuidado el montaje en el tubo de plástico.
3. Selle los extremos del tubo con cemento epóxico o con algún otro compuesto sellador apropiado. Ponga poco a poco el cemento o el compuesto sellador en los extremos del tubo de la lámpara, para evitar cubrir una parte de la misma.

NOTA: Puede construirse un probador manual más atractivo, sellando los extremos de los alambres de las puntas de prueba del tubo con plástico para modelado transparente, después de haber colocado en su interior las piezas. En seguida, coloque el tubo en posición vertical y llénelo con el plástico líquido, desde el extremo de la lámpara.

---

#### AUTOEVALUACIÓN

Ponga a prueba sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la pala-

bra o palabras que completen correctamente las siguientes aseveraciones:

1. Un shock eléctrico es una sensación física causada por la reacción de los nervios ante la\_\_\_\_\_.
2. El daño de un shock severo se incrementa en gran medida si la epidermis está\_\_\_\_\_.
3. Además del shock, una corriente excesiva a través de cualquier parte del cuerpo puede causar graves\_\_\_\_\_.
4. Los alambres eléctricos, donde quiera que se encuentren en un circuito, deben tratarse siempre como un\_\_\_\_\_ potencial.
5. Siempre es una buena práctica de seguridad leer y entender completamente todas las\_\_\_\_\_de operación disponibles que se proporcionan con los productos eléctricos y electrónicos.
6. Usted debe adquirir el hábito de\_\_\_\_\_ periódicamente todos los equipos eléctricos y electrónicos que utilice.
7. Un dispositivo conectado debe\_\_\_\_\_ inmediatamente, si se sospecha que trabaja en forma incorrecta.
8. Un sello de los Laboratorios\_\_\_\_\_ en un producto muestra que éste se ha fabricado bajo estrictas normas de\_\_\_\_\_.
9. El poner cualquier parte de su cuerpo entre el conductor\_\_\_\_\_y el \_\_\_\_\_de fase representa un peligro potencial de un grave shock.
10. Un conductor de conexión a tierra se emplea para prevenir el peligro de electrocución que existe entre un gabinete metálico y\_\_\_\_\_.
11. Las clavijas y los tomacorrientes polarizados conectan automáticamente los cordones de alimentación con la\_\_\_\_\_del edificio.
12. El color del conductor de conexión a tierra en los cordones de alimentación de aparatos y herramientas es el\_\_\_\_\_.
13. El empleo de productos con aislamiento \_\_\_\_\_o\_\_\_\_\_ reduce en forma significativa el peligro de un grave shock eléctrico.
14. Un fusible es un dispositivo de seguridad que trabaja como un\_\_\_\_\_para\_\_\_\_\_ un circuito, cuando hay demasiada corriente.
15. Cuando un circuito se sobrecarga, se\_\_\_\_\_.
16. La capacidad de un tapón fusible ordinario se expresa en\_\_\_\_\_.
17. Los fusibles de elemento doble se requieren por lo general en circuitos de\_\_\_\_\_.
18. Nunca reemplace un fusible de la capacidad apropiada, por uno de\_\_\_\_\_capacidad.
19. Un\_\_\_\_\_es un dispositivo mecánico que, como un fusible, protege a un circuito contra una corriente excesiva.
20. Los interruptores de circuito accionados por corriente de pérdida a tierra sensan la diferencia entre las corrientes de los conductores de\_\_\_\_\_y\_\_\_\_\_.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Describa un shock eléctrico.
2. ¿Por qué es de importancia especial evitar que el cuerpo se convierta en un conductor de corriente de mano a mano o de mano a pie?
3. Explique por qué la humedad de la piel aumenta en gran medida el peligro de sufrir un grave shock eléctrico.
4. ¿Qué causa las quemaduras eléctricas?
5. Exponga varias reglas y prácticas de seguridad generales.
6. ¿Por qué es importante conectar a tierra los gabinetes metálicos de los aparatos y las cajas o cubiertas metálicas de las herramientas eléctricas portátiles?
7. Describa las clavijas y tomas de corriente con conexión a tierra (polarizadas).
8. ¿Con qué propósito se utiliza el adaptador de tres a dos conductores?
9. Explique cómo utilizaría una lámpara de neón manual de prueba, como un medio auxiliar de seguridad.
10. ¿Por qué representa una situación peligrosa un circuito que está conectado al chasis cuando opera a 115 volts?
11. ¿Qué se entiende por una construcción con aislamiento doble o reforzada?
12. ¿Con qué propósito se utiliza un fusible? Explique la operación de este dispositivo.
13. Enuncie y describa cuatro tipos comunes de fusibles.
14. ¿En qué tipos de circuitos se usan comúnmente los tapones fusible de elemento doble? ¿Por qué?
15. Exponga varias reglas de seguridad para los fusibles.
16. ¿Qué es un disyuntor?

17. ¿Cómo se restablece el funcionamiento de un disyuntor común, luego de haberse desconectado?
18. ¿Cuál es la ventaja principal al emplear un interruptor de circuito accionado por corriente de pérdida a tierra?
19. Mencione varias actividades que requieran llevar anteojos de seguridad.

#### **ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO**

1. Prepare un escrito o un informe oral respecto al shock eléctrico.
2. Prepare una lista de las prácticas de seguridad eléctrica que podrían mejorarse o deberían iniciarse en su casa.
3. Prepare un escrito o un informe oral tocante a los propósitos y política de Underwriter's Laboratories.
4. Dé una demostración de los diferentes tipos de fusibles y sus usos generales.
5. Adquiera publicaciones sobre respiración artificial de algunas instituciones de salud. Estudie los pasos que se siguen en la respiración de boca a boca.
6. Adquiera muestras de clavijas polarizadas. Describa los diferentes tipos disponibles.

## Unidad 5 Ocupaciones en electricidad y electrónica

---

El rápido crecimiento de los campos de la electricidad y la electrónica hace que éstos proporcionen empleos a un gran número de los trabajadores de un país (tabla 5-1). De acuerdo con los investigadores de las tendencias ocupacionales, se necesitarán en el futuro más trabajadores en estos campos. Esto se debe al desarrollo y uso de nuevos sistemas, productos y procesos. Hoy en día, algunos de estos nuevos sistemas operan y algunos otros están en etapa de planeación.

Quizá usted también sea una de las personas del creciente número de jóvenes que ingresan a estas áreas profesionales. Su participación en un curso de electricidad y electrónica es un buen inicio en esa dirección. El curso puede proporcionarle muchas experiencias educativas interesantes y útiles. Asimismo, puede servir para estimular su interés por prepararse para trabajar en este campo. Una presentación de las ocupaciones en este momento podría orientarlo sobre las carreras y ayudar a que el resto del curso sea más significativo. Esta información puede también ayudarle a planear su programa de estudios. Para ello, deberá estudiar aquellos temas que se recomiendan como una introducción o preparación para ingresar a una ocupación en particular.

**Tabla 5-1. Número aproximado de personas empleadas en diversas ocupaciones eléctricas y electrónicas.**

Ocupación	No. de personas empleadas en los EUA
Ingenieros Electricistas y Electrónicos	329 000
Físicos	215 000
Técnicos en Ingeniería	985 000
Radio-operadores	<b>53</b> 000
Técnicos telefonistas	311 000
Electricistas	590 000
Técnicos en mantenimiento de enseres y accesorios domésticos	145 000
Técnicos en máquinas de oficinas	<b>63</b> 000
Técnicos en radio y televisión	131 000
Técnicos en sistemas eléctricos y cables	111 000
Técnicos en teléfonos	297 000
Técnicos en líneas telefónicas	<b>77</b> 000



## EDUCACIÓN Y ADIESTRAMIENTO

La educación media puede brindar, y así es en efecto, los conceptos básicos necesarios para ingresar a muchos trabajos relacionados con la electricidad y electrónica. Aquellos que empezarán a trabajar inmediatamente después de terminar los estudios, por lo general necesitarán educación y adiestramiento continuo. Este adiestramiento casi siempre se adquiere en los programas de aprendizaje del trabajo. La asistencia a sesiones de adiestramiento especiales y a clases nocturnas puede ser también de mucha utilidad. Los programas individualizados, como son cursos por correspondencia reconocidos, pueden cubrir necesidades de adiestramiento especiales. En general, cuanto más preparado esté, mayores serán sus oportunidades de trabajo.

La educación y adiestramiento básicos necesarios para ingresar en las ocupaciones profesionales y especializadas se adquieren en los programas de adiestramiento formales (Fig. 5-1). Éstos incluyen programas de dos a cuatro años en universidades, institutos técnicos y escuelas industriales, tanto públicas como privadas. Además de estos programas, la participación en actividades técnicas durante el servicio militar con frecuencia puede capacitar a una persona para ingresar a diferentes trabajos. La experiencia militar puede prepararla para trabajos que requieren un nivel de educación y adiestramiento superior al del nivel medio.

Cualquiera que sea el programa de adiestramiento que escoja, usted deberá empezar en seguida a realizar los planes necesarios para ingresar a él. Una gran cantidad de información puede obtenerla de su profesor y orientador vocacional. Los representantes de universidades, escuelas y sindicatos laborales, así como las personas que ya trabajan pueden proporcionarle información adicional.

**Fig. 5-1.** Futuros ingenieros estudian las propiedades de las ondas luminosas (Departamento del Trabajo de EE.UU.)



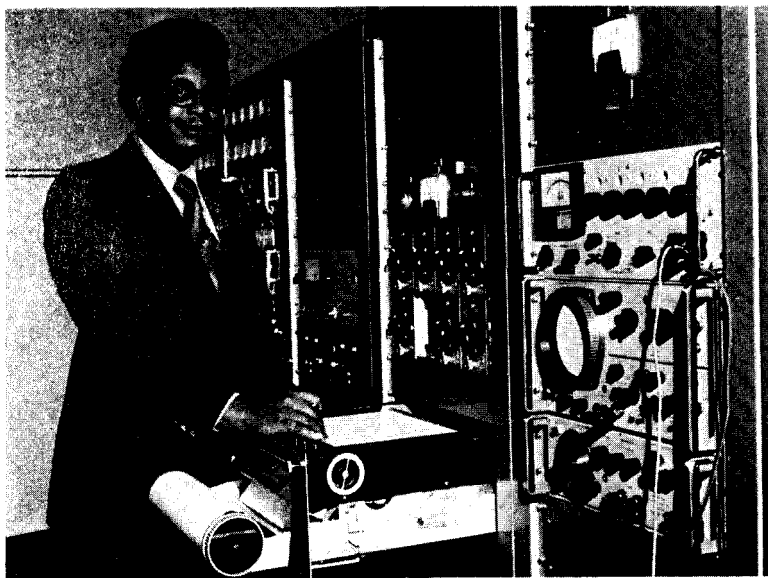


Fig. 5-2. Un ingeniero eléctrico diseña los sistemas de control para las operaciones de vuelos tripulados (NASA: National Aeronautics and Space Administration).

## INGENIERO ELECTRICISTA O ELECTRÓNICO

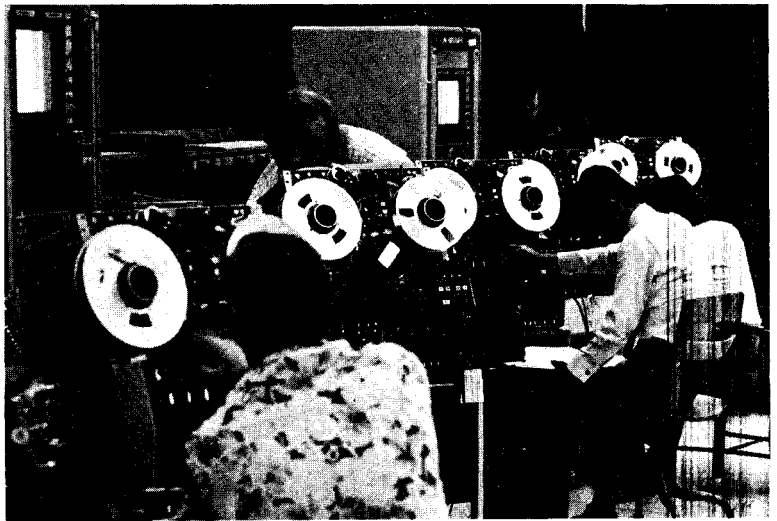
Los ingenieros crean ideas y resuelven problemas; entienden los principios de la teoría eléctrica, de las Matemáticas, la Física y la Química. Con este conocimiento, diseñan y desarrollan sistemas y productos novedosos (Fig. 5-2). Además, mejoran el funcionamiento de los sistemas y productos que ya se utilizan.

La mayoría de los ingenieros son graduados de colegios o universidades. Los cursos para obtener el grado de licenciatura en ciencias de la ingeniería eléctrica (IE), por lo regular se completan en cuatro años. Sin embargo, algunos ingenieros continúan su educación en áreas especializadas, en las cuales se requieren estudios avanzados.

Además del grado común en ingeniería eléctrica, en la actualidad varias universidades ofrecen otro grado de licenciatura en ciencias en ingeniería de cuatro años. Éste es la licenciatura en ingeniería electrónica (TE). Los graduados de este programa son adiestrados intensamente en los campos de la ciencia y las matemáticas. El adiestramiento incluye también mucho trabajo en las áreas prácticas de la electricidad y la electrónica. Asimismo, abarca el perfeccionamiento de los sistemas y productos en uso. Además, se estudia la instalación y mantenimiento de complejos sistemas eléctricos.

## DISEÑADORES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO

Los diseñadores de sistemas eléctricos son responsables de proyectar los sistemas eléctricos. Dichos sistemas se en-



**Fig. 5-3.** Técnicos en electrónica efectúan las pruebas finales de un sistema de grabadoras de televisión profesional. (Ampex Corporation).

cuentran en una gran variedad de instalaciones exteriores e interiores, como edificios, carreteras, puentes y estadios. Los diseñadores de sistemas eléctricos idean cómo suministrar energía a los equipos de aire acondicionado, máquinas de oficina, bombas, elevadores y al alumbrado. De hecho, diseñan casi cualquier equipo que se conecta a un suministro de energía. Los diseñadores eléctricos son contratados generalmente por compañías de ingeniería del campo de la construcción o por firmas de arquitectos. Un gran número de diseñadores trabaja para el contratista que instala los sistemas diseñados. Un diseñador, por lo general, labora bajo la dirección de un ingeniero. Este último asume la responsabilidad legal del trabajo del diseñador, al firmar en forma oficial los planos y especificaciones que se producen. La educación formal de un diseñador puede abarcar un curso completo de estudios de ingeniería de cuatro años. Algunos diseñadores sólo realizan estudios técnicos de dos años o el adiestramiento en el trabajo. Estas personas comienzan como dibujantes electricistas. Este trabajo comprende el dibujo de planos detallados de un sistema eléctrico completo. Los diseñadores eléctricos deben conocer muy bien los reglamentos de construcción. Estos reglamentos regulan el diseño e instalación de los sistemas eléctricos, en el área donde se construirán las instalaciones.

## **TÉCNICOS EN INGENIERÍA**

Los técnicos en ingeniería son trabajadores especializados cuya labor requiere un amplio conocimiento de los principios científicos y matemáticos. Aplican sus conocimientos en actividades que comprenden el diseño, construcción, operación,

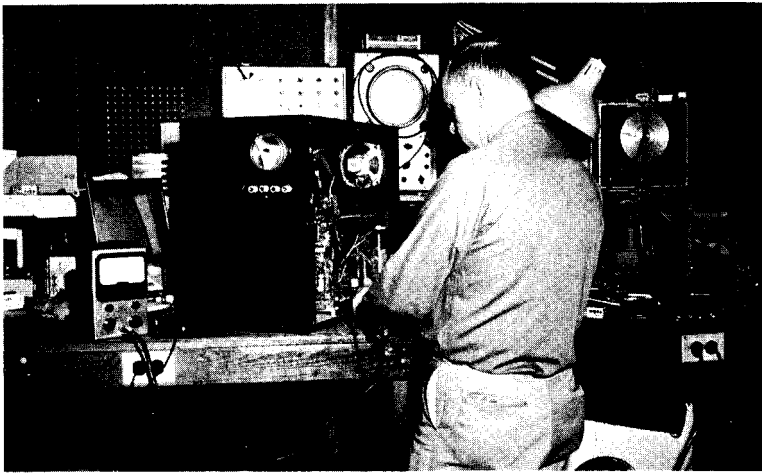


Fig. 5-4. Técnico en reparación de radio y televisión que prueba el funcionamiento de un receptor de televisión.

instalación y mantenimiento de equipo eléctrico. Es importante también para los técnicos en ingeniería, ser diestros al escribir y hablar en público, ya que sus tareas incluyen ventas, preparación de informes y hablar ante diversos grupos. Esto es particularmente cierto en el caso de los técnicos que trabajan directamente con ingenieros en el desarrollo y producción de nuevos productos (Fig. 5-3). Muchos técnicos en ingeniería mejoran en sus empleos después de un largo periodo de adiestramiento en el trabajo. Otro camino para convertirse en técnico en ingeniería es terminar un curso de estudios aprobado por una universidad o instituto técnico. La mayor parte de las escuelas ofrecen un grado relacionado con las ciencias y técnicas de la ingeniería eléctrica. En general, para obtener este grado debe satisfacerse un programa de estudios de dos años.

## TÉCNICOS EN RADIO Y TELEVISIÓN

Los técnicos especializados en reparación de radio y televisión son expertos en el manejo de instrumentos de prueba y herramientas manuales. Utilizan técnicas de reparación de fallas y procedimientos de ajuste para reparar, mantener e instalar aparatos y dispositivos eléctricos (Fig. 5-4). La mayoría se especializan en aparatos de radio y televisión domésticos. Sin embargo, muchos trabajan también con una amplia variedad de otros equipos electrónicos.

La capacidad técnica no es el único requisito para ser un buen técnico en reparación de radio y televisión. Estos técnicos trabajan tanto en los talleres como en los hogares de los clientes. Por este motivo, deben ser amables, pulcros y eficientes cuando tratan con la demás gente. La mayoría de los jefes de personal consideran todo esto como una importante cualidad, cuando seleccionan gente nueva para empleos permanentes.



Fig. 5-5. El director técnico controla mediante un monitor los programas de una estación emisora de televisión (WRC-TV, Washington, D.C.).

Se espera que durante los próximos años, el empleo de los técnicos en reparación de radio y televisión se incremente en forma notable. Existirá también un marcado incremento en la complejidad de los sistemas con los cuales trabajarán. Cualquier plan de estudios para llegar a ser técnico en reparación deberá incluir la asistencia a una escuela técnica o vocacional. La mayor parte de ellas ofrecen programas que destacan el adiestramiento en este campo. Los programas duran normalmente de 9 a 18 meses. Sin considerar el adiestramiento y la experiencia, los técnicos de servicio deben estar al día. Para ello, las escuelas técnicas brindan cursos y lecturas especiales sobre nuevas técnicas y productos. Con frecuencia, personal de las fábricas imparte este tipo de cursos. La asistencia a ellos es una manera efectiva para que los técnicos en reparación de radio y televisión acrecienten sus habilidades.

## TÉCNICOS EN RADIODIFUSIÓN

Los técnicos en radiodifusión reparan, operan y mantienen los equipos utilizados para grabar y transmitir programas de radio y televisión. Éstos incluyen consolas de transmisión, micrófonos, cintas y discos de grabación, equipo de reproducción, cámaras de televisión, videograbadoras, proyectores cinematográficos y dispositivos para efectos de luces y sonidos (Fig. 5-5).

Los técnicos de radiodifusión reciben su instrucción básica en el trabajo o tomando cursos sobre aspectos técnicos de la radiodifusión. Además de las capacidades técnicas necesarias, cualquier persona que opere transmisores de radiodifusión debe contar con una licencia de radiotelefonista de primera clase, emitida por el organismo responsable y requerida por la ley federal. Los aspirantes a la licencia deben pa-

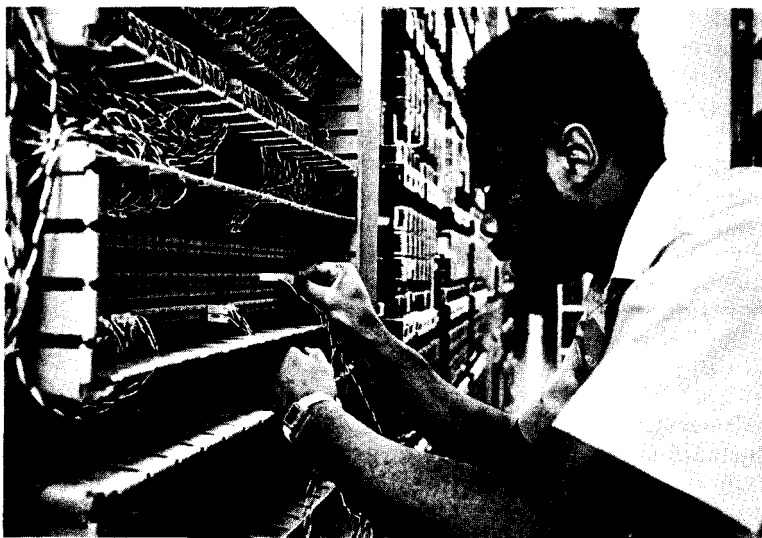


Fig. 5-6. El técnico en equipos telefónicos trabaja en un repartidor de la central (American Telephone and Telegraph Company)

sar una serie de exámenes escritos, para probar su conocimiento del equipo de transmisión y recepción y de la teoría de las ondas electromagnéticas. Además, los exámenes incluyen preguntas sobre reglamentos y prácticas gubernamentales e internacionales relacionados con la radiodifusión. La preparación para obtener la licencia puede adquirirse en programas escolares especiales y en cursos por correspondencia.

## TÉCNICOS TELEFONISTAS

Un gran número de técnicos especializados y trabajadores capaces se requieren en la industria telefónica. Los trabajadores telefonistas instalan, mantienen y reparan la gran cantidad de equipos y conexiones que se utilizan en dicha industria. Las compañías telefónicas emplean frecuentemente hombres y mujeres jóvenes sin experiencia, con aptitudes técnicas adecuadas para este trabajo; posteriormente, se les entrena para algunos de estos trabajos.

**Instaladores de equipo en centrales telefónicas.** Estos trabajadores ensamblan, ajustan y alambran los equipos de conmutación y comunicación en las centrales de las compañías telefónicas (Fig. 5-6). También suman equipo a los sistemas existentes o reemplazan el equipo anticuado. Los nuevos empleados reciben su adiestramiento tanto en el trabajo como en el salón de instrucción. Por la complejidad del trabajo, el adiestramiento continúa, según se desarrollen e introduzcan nuevas técnicas y equipos.

**Instaladores de teléfonos.** La responsabilidad principal de estos trabajadores consiste en instalar, cambiar y desconectar



Fig. 5-7. Un aprendiz en reparación inspecciona una línea en un sistema de circuitos telefónicos (Departamento del Trabajo de EE.UU.).



Fig. 5-8. Un técnico en enseres repara una cafetera eléctrica (Departamento del Trabajo de EE.UU.).

teléfonos y equipo afín en casas y oficinas. Los nuevos instaladores inician su adiestramiento generalmente en el salón de instrucción. Posteriormente, trabajan con un instalador experimentado para adiestrarse en el trabajo. En la mayoría de las compañías telefónicas, especialmente en las más pequeñas, un instalador puede trabajar en equipos de centrales telefónicas secundarias privadas. Estos sistemas se encuentran a menudo en compañías privadas, y por lo general deben satisfacer requisitos especiales. Por ejemplo, en algunas compañías privadas, las llamadas nocturnas que se reciben deben mandarse automáticamente a diferentes teléfonos, casi siempre del personal que trabaja tiempo extra o en el último turno.

**Personal de reparación.** El personal de reparación y los instaladores forman en conjunto el grupo más grande de trabajadores manuales empleado por la industria telefónica. El personal de reparación localiza y corrige las fallas que ocurren en teléfonos y equipo afín del usuario (Fig. 5-7). Aquéllos que trabajan con equipo de centrales telefónicas secundarias privadas prueban y dan mantenimiento a conmutadores, baterías, relevadores y plantas de energía. Otros dan mantenimiento al equipo utilizado para transmisiones de radio y televisión, radioteléfonos y teleimpresoras; también pueden reparar y dar mantenimiento a equipos como los sistemas de señales eléctricas, sistemas de audiodifusión y cronizadores (temporizadores).

**Trabajadores de línea y empalmadores de cable.** Los trabajadores de línea instalan alambres y cables, y realizan otras actividades asociadas con las líneas de transmisión telefónicas. Si bien las nuevas instalaciones son una parte muy importante de su trabajo, los trabajadores de línea también inspeccionan, reparan y dan mantenimiento a las líneas telefónicas existentes.

Los empalmadores de cable realizan las conexiones de las líneas entre los cables, después de que los trabajadores de línea los han instalado bajo el suelo o en postes. Los empalmadores trabajan en plataformas aéreas, subterráneas y en los sótanos de grandes edificios. Su función principal es conectar los alambres individuales contenidos en cables grandes. Los empalmadores de cable cambian también las conexiones de alambre en las uniones de los cables, cada vez que los circuitos de la línea telefónica se sustituyen, y además reparan y dan mantenimiento a los cables.

## TÉCNICOS EN MANTENIMIENTO DE ENSERES

Los trabajadores de reparación de enseres instalan, reparan y reconstruyen aparatos eléctricos grandes y pequeños. Trabajan con estufas eléctricas, refrigeradores, lavadoras, secadoras de ropa y tostadores de pan (Fig. 5-8). En talleres pe-

queños, trabajan con todo tipo de enseres. En talleres grandes, es muy usual que se especialicen en un solo tipo de equipos.

Generalmente estos trabajadores se contratan en los departamentos de servicio de almacenes, casas comerciales y fabricantes. Otros son empleados en talleres de reparaciones eléctricas o manejan sus propios talleres. En la misma proporción en la que aumente el número de enseres, se necesitarán trabajadores de reparación calificados.

La mayoría de los trabajadores que reparan enseres empiezan como ayudantes y adquieren conocimientos por medio de la experiencia. Con frecuencia, estos trabajadores asisten a sesiones de adiestramiento patrocinadas por los fabricantes. También entran en contacto con los representantes de fábricas para conocer los nuevos productos y los procedimientos generales para su reparación.

La reparación de enseres menores puede aprenderse con el trabajo de varios meses. Sin embargo, llegar a ser competente en la reparación de diversos enseres más complejos, toma varios años de estudio y adiestramiento. Este tiempo puede acortarse si el trabajador de reparación principiante conoce algo de electricidad. El dominio de la teoría eléctrica y del empleo de los instrumentos de prueba básicos proporciona un buen fundamento para el adiestramiento. Además, es útil conocer las características y operación de los dispositivos eléctricos y electrónicos.

## **TÉCNICOS EN MÁQUINAS DE OFICINA**

Los técnicos en máquinas de oficina mantienen y reparan los diversos equipos de oficina. Éstos incluyen máquinas eléctricas, calculadoras, cajas registradoras, computadoras electrónicas, máquinas para dictado y transcripción, máquinas copiadoras y equipo de microfilm. Todos ellos son una combinación de sistemas mecánicos y eléctricos o electrónicos. Los técnicos en máquinas de oficina deben tener amplios conocimientos de la teoría eléctrica y electrónica y sus aplicaciones. Deben tener también la capacidad para analizar los sistemas mecánicos. Esto es esencial para comprender las relaciones del sistema con los circuitos y dispositivos que controla. La mayor parte de la función de estos trabajadores se realiza en las oficinas durante las horas de actividad normales. Por tal motivo, es importante que sean pulcros y cooperativos, además de capaces técnicamente. La mayoría de ellos principian como ayudantes inexpertos. Posteriormente, después de varios años de adiestramiento en el trabajo, adquieren la capacidad para reparar algunas máquinas. Por la naturaleza del trabajo, una persona que planea convertirse en técnico en máquinas de oficina, necesita conocimientos sólidos tanto en el área mecánica como en la eléctrica o electrónica.





**Fig. 5-9** Un electricista de la construcción alambra una caja de conexiones eléctricas (Departamento del Trabajo de EE.UU.).

## ELECTRICISTAS DE LA CONSTRUCCIÓN

El trabajo de los electricistas de la construcción es uno de los más importantes en esta calificada industria. Estos trabajadores proyectan, ensamblan, instalan, conectan y prueban circuitos eléctricos, artefactos, dispositivos, maquinaria y equipo de control. Realizan sus actividades en casas, fábricas, hospitales, escuelas y oficinas. Puesto que la mayor parte de su trabajo se efectúa en interiores, es más común el empleo durante todo el año de electricistas que de otros trabajadores de la industria de la construcción. La mayoría de los electricistas son empleados por contratistas eléctricos o de la construcción. Otros trabajan por su cuenta.

Por lo general, los electricistas de la construcción inician sus carreras como aprendices. Durante este tiempo, trabajan bajo la supervisión de trabajadores experimentados (Fig. 5-9). La preparación incluye también instrucción en el salón de clases sobre todos los aspectos de las técnicas de alambrado y conexión. El principiante debe haber obtenido algún adiestramiento previo en Matemáticas elementales, teoría eléctrica y empleo de herramientas manuales y eléctricas comunes. Las escuelas técnicas y vocacionales brindan a menudo cursos de alambrado eléctrico, maquinaria y dispositivos de control.

## ELECTRICISTAS DE MANTENIMIENTO

Los electricistas de mantenimiento forman el grupo más grande de trabajadores electricistas especializados. Éstos inspeccionan, buscan fallas, reparan y mantienen alambrados eléctricos, maquinaria, motores, generadores y otros equipos eléctricos. La mayor parte de este trabajo se realiza en plantas industriales. La maquinaria en las fábricas debe mantenerse y repararse en forma continua para prevenir costosas interrupciones en la producción. Los electricistas de mantenimiento trabajan también en hospitales, edificios comerciales e institucionales, y en grandes centros de investigación científica (Fig. 5-10).



**Fig. 5-10.** Un electricista de mantenimiento repara el motor de una unidad de aire acondicionado (Departamento del Trabajo de EE. UU.).

## SERVICIO AUTOMOTRIZ

Los sistemas eléctricos de los automóviles modernos deben revisarse y verificarse periódicamente. En talleres pequeños, esto por lo general lo realiza un mecánico automotriz con experiencia en sistemas eléctricos (Fig. 5-11). En los talleres grandes, el trabajo eléctrico automotriz lo llevan a cabo especialistas. Estos técnicos están entrenados para interpretar las lecturas de diversos instrumentos electrónicos de medición y realizar las reparaciones necesarias.



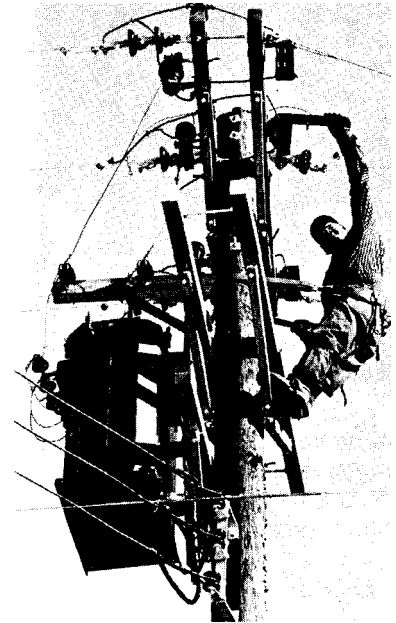
**Fig. 5-11.** Un técnico efectúa conexiones eléctricas para lograr el "arranque" de un automóvil (Ford Motor Company).

## **TRABAJADORES DE EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

El personal encargado de las líneas de transmisión instala y repara los cables y equipos de transmisión y distribución de las compañías eléctricas de servicios públicos. Estas compañías suministran energía a residencias, comercios e industrias. El trabajo se realiza tanto en sistemas de bajo voltaje como de alto voltaje; también sobre altas torres o sistemas subterráneos en ductos y sistemas de tuberías portacables (Fig. 5-12). Los trabajadores de líneas de alta tensión están ampliamente especializados. Son entrenados de manera especial para tratar con problemas relacionados con voltajes que pueden alcanzar los 750 000 volts. La mayoría de los trabajadores de línea reciben su entrenamiento en el trabajo. Sin embargo, el entrenamiento teórico y práctico en electricidad en general puede adquirirse en escuelas de nivel medio, institutos técnicos especializados y universidades.

## **PREPARACIÓN PARA EL FUTURO**

Lo que usted acaba de leer son breves introducciones sobre algunas importantes ocupaciones eléctricas y electrónicas. Estas ocupaciones estarán abiertas en los años venideros a hombres y mujeres jóvenes. Falta mucho por decir acerca de ellas. Además, hay muchas otras ocupaciones para elegir (Fig. 5-13). Si usted planea trabajar en este campo, tomar un curso de electricidad y electrónica constituye un importante paso en esta dirección. No olvide que su presunto jefe estará interesado tanto en su aptitud y destreza técnicas como en sus cualidades personales. ¿Le interesará su trabajo y mejorar en



**Fig. 5-12.** Trabajador de línea de una compañía eléctrica.

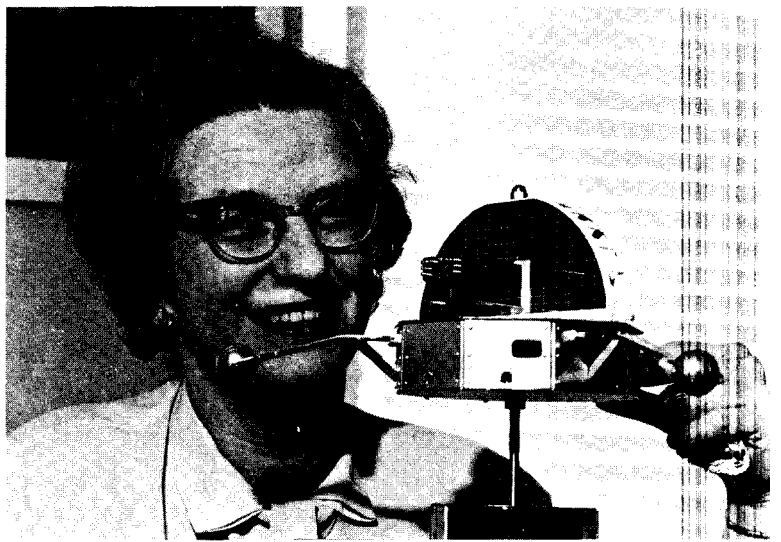


Fig. 5-13. Un científico del Programa Espacial de Estados Unidos muestra un modelo del Observatorio Solar Orbital (NASA).

él? ¿Estará dispuesto a cooperar con sus compañeros? ¿Es usted seguro y responsable? Desarrollando estas cualidades, estará mejor preparado para el futuro.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Una gran cantidad de información útil sobre los diferentes tipos de ocupaciones puede obtenerse en el *Occupational Outlook Handbook*, publicado por el Departamento del Trabajo de Estados Unidos, oficina de estadística laboral. Este manual lo puede encontrar en su escuela o en una biblioteca pública. También puede obtener con los consejeros de su escuela, valiosa información relacionada con las especialidades. Por otra parte, analice sus intereses de trabajo con técnicos de su localidad y con representantes de universidades, escuelas técnicas y del programa universitario de la comunidad.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Existen aproximadamente un millón de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ técnicos trabajando en Estados Unidos.
2. Por lo regular, toma \_\_\_\_\_ años comple-

tar la educación formal necesaria para llegar a ser un ingeniero electricista

3. Las personas que dibujan los planos de un sistema eléctrico son llamadas \_\_\_\_\_
4. Los instaladores \_\_\_\_\_ es probable encontrarlos trabajando en sistemas de las centrales telefónicas secundarias privadas
5. Los \_\_\_\_\_ de la construcción son personas que instalan, conectan y prueban los

circuitos eléctricos en edificios.

6. Una publicación que edita el Departamento del Trabajo de Estados Unidos titulada \_\_\_\_\_ proporciona mucha información útil relacionada con las ocupaciones.

#### **PARA REPASO Y ESTUDIO**

1. Analice por qué la educación media ha sido la más común para los trabajadores del país.
2. Mencione varios cursos de nivel medio que sean útiles en la preparación para las ocupaciones técnicas.
3. Mencione varios tipos de enseñanzas y programas de entrenamiento de nivel su-

perior que sean útiles en la preparación para las ocupaciones técnicas.

¿Qué características personales considera usted que sean requisitos importantes para ingresar a una ocupación técnica?

#### **ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO**

1. Prepare un escrito o un informe oral en el que mencione la posible ocupación futura que seleccionará y los pasos que tendrá que dar para alcanzar esta meta.
2. Visite un taller de reparaciones eléctricas o electrónicas o una planta de manufactura y exponga sus experiencias en clase.

# Circuitos y dispositivos eléctricos

## Unidad 6 Voltaje, corriente y potencia

---

La electricidad estática es energía eléctrica en reposo. Aunque esta forma de electricidad puede ser muy útil, no puede poner en funcionamiento a cargas como lámparas, calentadores, motores y otros dispositivos. Esto lo realiza la electricidad dinámica o activa.

La electricidad dinámica implica la transferencia de energía de una fuente a una carga. Esto se realiza con el movimiento de los electrones a lo largo de un circuito. La *fuerza electromotriz* es la energía que impulsa a los electrones en un circuito. Esta fuerza, abreviada fem, se mide en una unidad llamada voltaje. Por esta razón, con frecuencia se le denomina voltaje. Cuando usted oiga o lea el término *voltaje*, sabrá que ésta es la fuerza que mueve a los electrones en un circuito.

Cuando los electrones fluyen a través de la carga, su energía cambia a alguna otra forma de energía. En una parrilla eléctrica, por ejemplo, los electrones que pasan a través del alambre calefactor o elemento, entregan su energía en forma de calor. Así es como los electrones en movimiento pueden emplearse para transferir energía de una fuente a una carga.

Puesto que los electrones son partículas cargadas negativas, son atraídos por cargas positivas y repelidos por cargas negativas. Si dos objetos cargados se conectan por medio de un material conductor como un alambre, una corriente de electrones fluirá del objeto negativo al positivo. Para producir una corriente eléctrica continua en un alambre, la energía debe suministrarse continuamente (Fig. 6-1). En un circuito, esta energía la proporciona una fuente que puede ser una pila seca, una batería o un generador.

Los electrones no se agotan cuando se mueven a lo largo de un circuito. Por lo tanto, el número de electrones que regresa

a la terminal positiva (+) de una fuente de energía es igual al número de electrones que abandona la terminal negativa (-) de la fuente de energía (Fig. 6-2).

## EL VOLT Y EL AMPERE

La unidad básica del voltaje es el volt, nombre dado en honor a Alejandro Volta, profesor italiano que vivió de 1745 a 1798. La mayor parte de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos funcionan aproximadamente a 120 volts. Una pila seca para linterna común produce 1.5 volts; una batería de automóvil produce 12 volts. El voltaje empleado para que funcione un cinescopio de televisión puede alcanzar los 27 500 volts. El símbolo literal para el voltaje es E.

La unidad básica de la corriente es el ampere, nombre dado en honor a André Marie Ampere, físico matemático francés que vivió de 1775 a 1836. Un ampere de corriente equivale al movimiento de 6 280 000 000 000 000 electrones que pasan por un punto dado de un circuito, en un segundo de tiempo. Utilizando la notación *científica*, este número tan grande puede escribirse como  $6.28 \times 10^{18}$ .

Un foco de 100 watts requiere alrededor de 0.8 ampere de corriente para funcionar. Un motor eléctrico de 1/4 de caballo de potencia necesita alrededor de 4.6 amperes de corriente para operar. El motor de arranque de un automóvil puede emplear más de 200 amperes, cuando el interruptor de arranque se enciende. El símbolo literal para la corriente es *i*.

## REQUERIMIENTOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE

Si un dispositivo eléctrico trabaja en forma correcta, la fuente de energía debe ser capaz de hacer dos cosas: primero, debe suministrar el voltaje; segundo, debe entregar la corriente para la cual fue diseñado el dispositivo. Por ejemplo, usted puede conectar juntas ocho pilas secas para linterna, de manera que forme una batería que produzca 12 volts. Sin embargo, con esta batería no podría usted arrancar una máquina de automóvil. Esto se debe a que la batería no tiene la capacidad para entregar la cantidad de corriente necesaria para accionar el motor de arranque eléctrico del automóvil. Para lograrlo, debe usarse una batería más grande, que produzca los mismos 12 volts, pero que tenga una mayor capacidad para entregar corriente. Por lo tanto, es importante conocer tanto los requerimientos de voltaje como de corriente de los aparatos y herramientas eléctricos. Con frecuencia, estos requerimientos se presentan en la placa de características que se fija en dichos productos; también puede encontrarse en la literatura técnica que los acompaña.

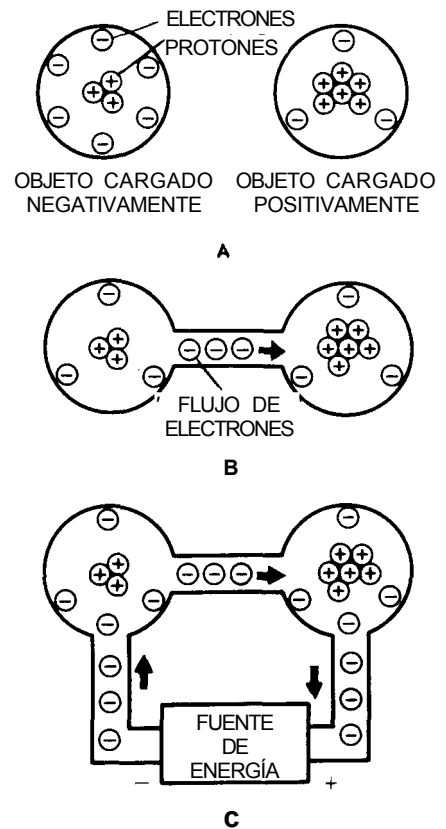
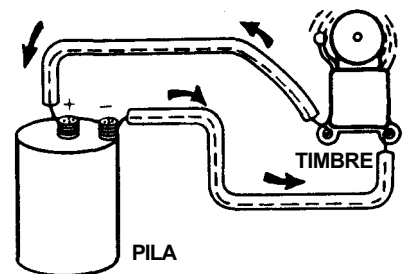


Fig. 6-1 (A) dos objetos cargados; (B) el objeto cargado positivamente atrae a los electrones; (C) una fuente de energía proporciona un suministro continuo de electrones.



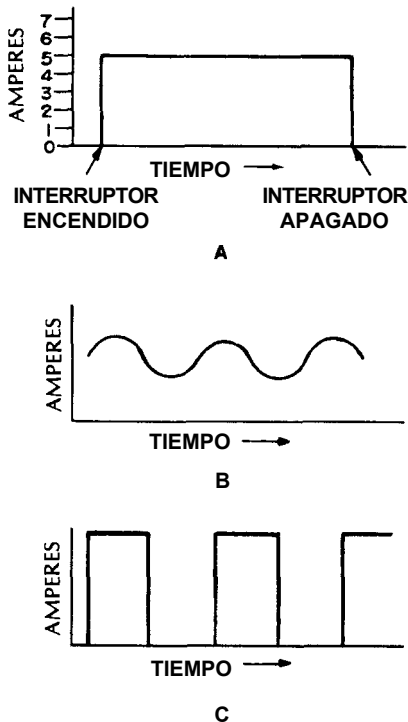
**Tabla 6-1. Prefijos numéricos comunes usados en el sistema métrico y otras unidades.**

Prefijo y símbolo	Equivalente numérico	Potencias de diez
giga (G)	1 000 000 000	= $10^9$ (miles de millones)*
mega (M)	1 000 000	= $10^6$ (millones)
kilo (K)	1 000	= $10^3$ (miles)
mili (m)	0.001	= $10^{-3}$ (milésimos)
micro ( $\mu$ )	0.000 001	= $10^{-6}$ (millonésimos)
nano (n)	0.000 000 001	= $10^{-9}$ (billonésimos o mil millo-nésimos)
pico (p)	0.000 000 000 001	= $10^{-12}$ (trillónesimos o millón mi-llonésimos)

\* En Estados Unidos, este número se denomina billón.

## PREFIJOS

Los valores muy grandes y muy pequeños del voltaje y la corriente se expresan comúnmente en forma abreviada. Esto se hace por medio de un sistema de *prefijos decimales*. En la tabla 6-1, se presentan los prefijos más usados en electricidad y electrónica, así como su valor numérico. Como se muestra en esta tabla, el prefijo *mili* (m) significa un milésimo (0.001). Una corriente de 0.001 ampere puede entonces expresarse como una corriente de 1 miliampere; o de manera más simple, 1 mA. En la misma forma, un voltaje de 1 000 volts puede expresarse como 1 kilovolt o 1 kV.



**Fig. 6-3.** Corriente continua: (A) corriente continua constante; (B) corriente continua variable; (C) corriente continua pulsante.

## CORRIENTE CONTINUA

La *corriente continua* (cc) se produce en un circuito con una fuente de voltaje constante o estacionario. Es decir, las cargas en las terminales (o polos) positiva y negativa de la fuente de voltaje no cambian con el tiempo. Se dice que estas terminales tienen *polaridad fija*. Por lo tanto, la dirección de la corriente no cambia en ningún momento. Las celdas eléctricas, baterías y generadores de cc proporcionan un voltaje de este tipo. El valor de la corriente continua puede ser constante o estacionaria (Fig. 6-3 A). Puede variar o cambiar de valor (Fig. 6-3 B). La corriente puede ser también pulsante o interrumpida (Fig. 6-3 C). El voltaje aplicado y la naturaleza de la carga determinan el tipo de corriente continua que se suministra.

## CORRIENTE ALTERNA

La *corriente alterna* (ca) se produce con una fuente de voltaje cuya polaridad cambia o se alterna con el tiempo. Esto

causa que la corriente en un circuito fluya en un sentido y posteriormente en otro (Fig. 6-4). Los generadores de corriente alterna o alternadores son la fuente más común de voltajes alternos.

Además de cambiar de dirección, casi todos los tipos de corrientes alternas cambian de valor con el tiempo. Por ejemplo, la variación de la corriente con el tiempo, puede seguir la forma de una onda seno. Ésta se llama corriente *alterna senoidal*. La mayor parte de las compañías eléctricas proporcionan corrientes y voltajes alternos senoidales a sus usuarios.

**Onda seno.** La gráfica denominada onda seno muestra la dirección y el valor de la corriente que pasa a través de un punto dado en un circuito, durante un periodo determinado (Fig. 6-5). Una onda completa es un *ciclo* de corriente alterna. El tiempo que toma completar un ciclo es el periodo de la onda.

En la figura 6-5, las marcas en la línea vertical AB representan los valores de la corriente. La línea horizontal CD es la línea del tiempo. La línea curva, la onda seno, muestra cómo la corriente cambia de valor durante un ciclo. La parte de la onda seno sobre la línea horizontal representa el movimiento de la corriente en una dirección; la parte de la onda seno debajo de la línea horizontal representa el movimiento de la corriente en la otra dirección.

Durante una alternación o un medio del ciclo de la onda seno, la corriente que se mueve en una dirección aumenta desde cero hasta el valor máximo, y posteriormente regresa a cero. Desde ese momento, la corriente empieza a aumentar otra vez, pero en dirección opuesta. De nuevo aumenta hasta el valor máximo, y luego disminuye a cero. De esta forma se completa un ciclo.

**Frecuencia.** Al número de veces que un ciclo de corriente alterna puede repetirse en un segundo se le denomina frecuencia de la corriente. La unidad básica de la frecuencia es el hertz (Hz), nombre dado en honor a Heinrich Rudolph Hertz, físico alemán que vivió de 1857 a 1894. El hertz reemplazó a los ciclos por segundo (cps) como la unidad de frecuencia. Sin embargo, los cps aún aparecen en algunos libros antiguos y en otras publicaciones.

En Estados Unidos la frecuencia suministrada por las compañías eléctricas generalmente es de 60 Hz, aunque en algunas áreas se usan 50 Hz. En las transmisiones de radio y televisión y en la comunicación por microondas, se usan frecuencias de miles y millones de hertz. Comúnmente estas frecuencias se expresan en términos de kilohertz (KHz), megahertz (MHz) y gigahertz (GHz) (véase la tabla 6-1).

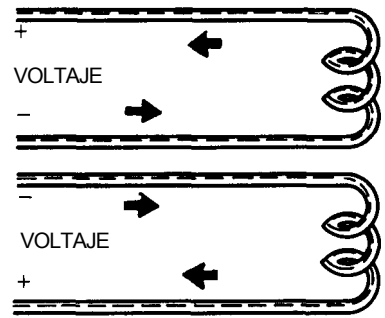


Fig. 6-4. La polaridad del voltaje en un circuito de ca se alterna o cambia en intervalos regulares.

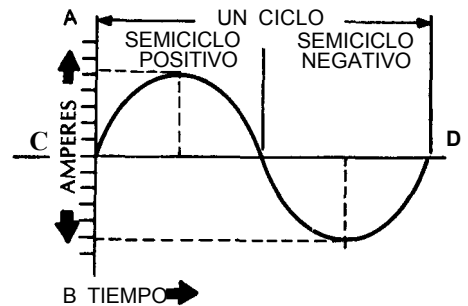


Fig. 6-5. Una onda seno describe la variación que sufre en el tiempo el valor de la corriente en un circuito de ca usual.



## EMPLEO DE LA CORRIENTE CONTINUA Y DE LA CORRIENTE ALTERNA

Con mayor frecuencia, la energía eléctrica se suministra en forma de corriente alterna. Por lo tanto, la mayor parte de los productos eléctricos y electrónicos se diseñan para operar con ella. Sin embargo, muchos de estos productos trabajan con corriente alterna y con corriente continua. Esto se comprueba, por ejemplo, en las lámparas comunes y en casi todos los equipos con elementos calefactores, como tostadores y planchas. Desde luego, se debe aplicar el voltaje correcto a estos dispositivos.

La corriente continua es necesaria para accionar dispositivos como transistores y tubos electrónicos. Los radios que no funcionan con baterías deben contar con una fuente de corriente continua. Un circuito especial en el radio cambia la corriente alterna de la línea de alimentación en la corriente continua necesaria. Este circuito se denomina circuito rectificador. La corriente continua debe usarse también en algunos procesos electroquímicos como la carga de baterías y la Electroplastia.

Las fuentes de alimentación de corriente continua se diseñan para proporcionar salidas de tensión continua que puedan variarse con frecuencias de cero hasta cierto voltaje máximo. Estas fuentes de alimentación se usan siempre que se necesita un voltaje variable controlado, como sucede en el trabajo experimental y en la prueba de circuitos.

La corriente alterna debe usarse para hacer funcionar el motor de inducción que se emplea en aparatos como máquinas lavadoras y refrigeradores. Otros motores, llamados universales, pueden accionarse con corriente alterna o con corriente continua. Los transformadores deben operarse con corriente alterna o con corriente continua variable o pulsante. Los inversores se usan para convertir la corriente continua en corriente alterna.

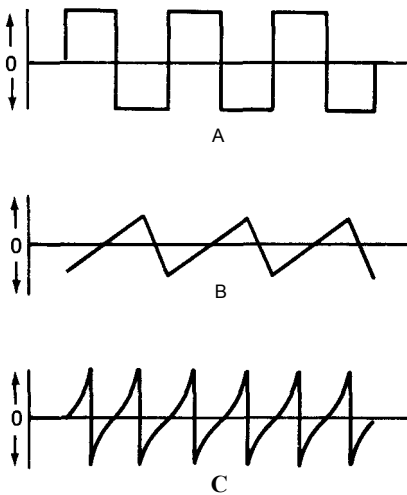


Fig. 6-6. Formas de onda de ca no senoidales: (A) forma de onda cuadrada; (B) forma de onda diente de sierra; (C) forma de onda con punta.

### CORRIENTES ALTERNAS NO SENOIDALES

Las corrientes y voltajes alternos pueden tener formas de ondas que no sean como las de las ondas seno. Éstas son formas de onda *no senoidales* (Fig. 6-6). Los aparatos de televisión, computadoras electrónicas y otros dispositivos pueden tener dispositivos en los cuales se presentan estas formas de onda de voltaje.

### POTENCIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA

La potencia es la velocidad con la que se realiza un trabajo. En un circuito eléctrico, la potencia puede definirse también de dos maneras: primera, es la velocidad a la cual la energía

eléctrica se entrega a un circuito; segunda, es la velocidad a la cual un circuito eléctrico realiza el trabajo de convertir la energía de los electrones en movimiento en alguna otra forma de energía. La unidad básica de potencia es el *watt* (W), nombre dado en honor a James Watt, inventor escocés que vivió de 1736 a 1819. La mayor parte del equipo eléctrico que utilizamos se especifica en términos de la potencia o watts que consume. Así, una lámpara se especifica por 60 W, 100 W, 200 W, etc. Los tostadores, planchas, secadoras de ropa y otros aparatos tienen un determinado consumo nominal. Puesto que la potencia eléctrica es la velocidad a la cual se entrega energía al circuito, es fácil calcularla; simplemente multiplique la potencia por alguna unidad de tiempo. Esto le dará la energía total entregada al circuito. Casi siempre la unidad de tiempo que se emplea es la hora. La mayor parte de las veces, la unidad de potencia se da en términos de kilowatts (1 000 watts). Por esta razón, el kilowatt-hora (kWh) es la unidad de energía en la que la mayor parte de las compañías eléctricas basan sus recibos de luz.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La fuerza electromotriz hace que los \_\_\_\_\_ fluyan a lo largo de un circuito.
2. La fuerza electromotriz se mide en una unidad llamada \_\_\_\_\_.
3. El flujo de los electrones en un circuito se denomina una \_\_\_\_\_ eléctrica.
4. Los electrones fluyen a lo largo de un circuito de la terminal \_\_\_\_\_ de la fuente de energía.
5. Una fuente de energía debe ser capaz de suministrarla \_\_\_\_\_ y entregar la \_\_\_\_\_ para la cual la carga fue diseñada.
6. La corriente continua circula en un circuito en una sola \_\_\_\_\_.
7. Las características de una corriente senoidal se describen mejor por medio de lo que se denomina onda \_\_\_\_\_.
8. En Estados Unidos, por lo general, la frecuencia de la corriente alterna en las líneas de alimentación es de \_\_\_\_\_ Hz.
9. Los \_\_\_\_\_ y los \_\_\_\_\_ son ejemplos de dispositivos o productos que pueden operarse ya sea con corriente continua o con corriente alterna.
10. La corriente continua puede usarse para la operación de \_\_\_\_\_ y tubos \_\_\_\_\_.
11. Un circuito \_\_\_\_\_ es el que cambia la corriente alterna en corriente continua.
12. Las compañías eléctricas basan sus cobros de consumo en una unidad denominada \_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique qué son el voltaje y la corriente,
2. Mencione las unidades básicas de voltaje y corriente,
3. ¿Cuáles son los símbolos literales para el voltaje y la corriente?
4. Explique por qué es imposible accionar un motor de arranque de 12 volts de un automóvil con una batería de pilas secas típica de 12 volts,
5. Escriba los valores numéricos de los prefijos mega, kilo, mili y micro.
6. Describa qué se entiende por corriente continua constante, continua variable y continua pulsante.
7. Mencione dos características importantes de la corriente alterna senoidal,
8. Dibuje una onda seno. Explique cómo

puede emplearse para describir un ciclo de voltaje o corriente alterna senoidal.

9. Defina la frecuencia. Mencione la unidad básica de frecuencia.
10. Mencione tres tipos de carga que puedan accionarse con corriente continua.
11. ¿Cuál es la unidad básica de la potencia?
12. ¿Cuál es la unidad común para la energía eléctrica?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral sobre los prefijos numéricos que se emplean en el sistema métrico y en otras unidades. Estudie los prefijos que no se incluyen en la tabla 6-1.
2. Dé una demostración que pueda ser útil para explicar las formas de ondas senoidales.

## Unidad 7 Conductores y aisladores

---

Puesto que los electrones en movimiento poseen energía, puede hacerse que efectúen trabajo útil. Qué hacen los electrones y cómo pueden controlarse en un circuito; esto depende en gran medida de los tipos de materiales a través de los cuales fluyen. Existen ciertos materiales por los que los electrones no pueden fluir fácilmente. Saber algo relativo a estos materiales le ayudará a entender mejor las diversas maneras en las que se usa la energía eléctrica.

### CONDUCTORES

Un conductor es un material a través del cual los electrones fluyen fácilmente. En estos materiales, los electrones de valencia, es decir los del nivel superior, pueden separarse sin dificultad de los átomos padres, al aplicar la fuerza del voltaje. Dicho de otra manera, un conductor es un material que tiene muchos electrones libres.

La plata, el cobre y el aluminio son tres buenos conductores eléctricos. De hecho, los metales por lo general son buenos conductores. Ciertos gases, bajo condiciones especiales, pueden usarse también como conductores. Por ejemplo, el gas neón, el gas argón, el vapor de mercurio y el vapor de sodio se usan en lámparas.

**Cómo fluyen los electrones.** La forma fundamental en la que fluyen los electrones a través de un alambre se muestra en la figura 7-1. El proceso se inicia cuando la terminal positiva de la pila atrae un electrón de valencia, arrancándolo del átomo 3. El átomo 3 está ahora cargado positivamente y ha perdido parte de su carga negativa. Por esta razón, atrae un electrón del átomo 2. El átomo 2, a su vez, atrae a un electrón del átomo 1. Como el átomo 1 perdió su electrón, un electrón abandona la terminal negativa de la pila y el átomo 1 lo atrae.

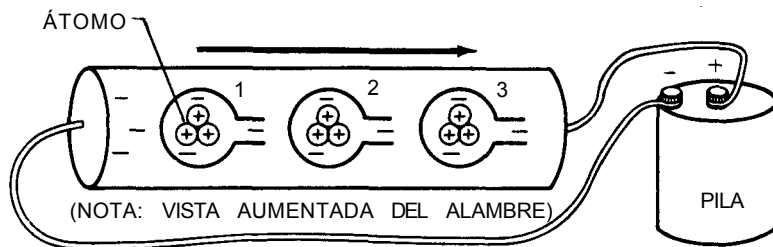


Fig. 7-1. En un material conductor, el voltaje origina que algunos electrones se separen de sus átomos. Estos electrones "libres" se mueven posteriormente a lo largo del conductor.

En un circuito, este proceso continúa entre un número muy grande de átomos dentro del conductor. Esto produce un flujo constante (estacionario) de electrones libres a lo largo del conductor. El sentido del flujo de electrones es siempre de la terminal negativa a la positiva de la fuente de energía.

**Impulso eléctrico.** Los electrones individuales fluyen a través de un conductor a una velocidad relativamente baja, por lo general menor a 1 pulg (25.4 mm) por segundo. Sin embargo, un impulso eléctrico o fuerza, viaja por un conductor a la velocidad de la luz: 186 000 millas (300 000 km) por segundo. Esto significa que después de haber aplicado voltaje a un circuito, el voltaje produce un flujo de electrones libres a través de todos los puntos de ese circuito a la velocidad de la luz.

Es difícil imaginar cómo un impulso eléctrico viaja a la velocidad de la luz. Tal vez el siguiente ejemplo ayude. Suponga que usted construye un circuito eléctrico de 186 000 millas (300 000 km) de largo; esta distancia es siete veces más grande que la longitud de la Tierra en el ecuador. Un segundo después de haber cerrado el interruptor del circuito, el impulso eléctrico ya lo habrá recorrido totalmente.

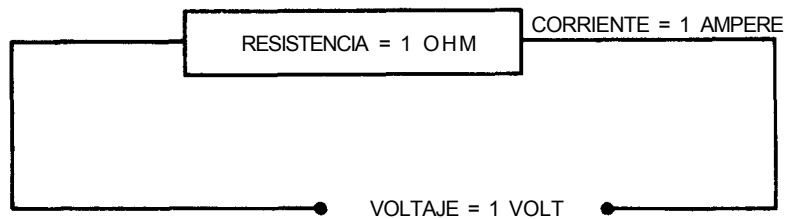
## RESISTENCIA

Cuando los electrones fluyen por un conductor, chocan con otros electrones y con otras partículas atómicas. Estos choques tienden a reducir el número de electrones que fluyen a través del conductor. Esto se puede comparar con la dificultad que tiene el agua para pasar por una manguera o tubería que contenga algo de lodo o arena.

La oposición a la corriente que resulta de los choques electrónicos dentro de un conductor se denomina resistencia. La unidad básica de la resistencia es el ohm, nombre dado en honor a George Simón Ohm, físico alemán que vivió de 1787 a 1854. El símbolo literal para la resistencia es R.

Un ohm es la cantidad de resistencia que limitará una corriente a 1 ampere en un circuito, cuando se aplique 1 volt (Fig. 7-2). Los valores grandes de resistencia se expresan a menudo usando los prefijos *kilo* y *mega*. Por ejemplo, una resistencia de 2 000 ohms puede escribirse como 2 kilohms y una resistencia de 2 000 000 ohms, como 2 megohms. La letra

**Fig. 7-2.** Un ohm es la cantidad de resistencia que permitirá que un ampere de corriente circule en un circuito al cual se ha aplicado voltaje de un volt.



griega omega,  $\Omega$ , se usa como abreviatura de ohms, después de un valor numérico; por ejemplo,  $25\Omega$ . Una resistencia de 2 kilohms puede escribirse también como  $2\text{ k}\Omega$ ; una resistencia de 2 megohms puede escribirse como  $2\text{ M}\Omega$ .

## RESISTENCIA DE CONDUCTORES METÁLICOS

La resistencia de un conductor metálico depende en gran medida de cuatro aspectos: (1) el tipo de metal del cual está hecho, (2) su temperatura, (3) su longitud y (4) el área de su sección transversal.

Metales diferentes tienen diferentes propiedades de resistencia eléctrica. La resistencia de varios metales comunes comparada con la del cobre se da en la tabla 7-1.

En general, cuando un metal se calienta, su resistencia aumenta. Un alambre caliente tiene mayor resistencia que el mismo alambre frío. Por ejemplo, la resistencia de un filamento de tungsteno en una lámpara incandescente de 100 watts es aproximadamente de 10 ohms, cuando está apagada. Cuando está encendida, la resistencia del filamento calentado al blanco llega hasta 100 ohms. En cualquier conductor, el calor origina que los átomos dentro del alambre se muevan mucho más rápido que en condiciones normales. Esto au-

**Tabla 7-1. Resistencia relativa**

Metales	Resistencia relativa comparada con la del cobre* recocido
Aluminio (puro)	1.70
Latón	3.57
Cobre (estirado en frío)	1.12
Cobre (recocido)	1.00
Hierro (puro)	5.65
Plata	0.94
Estaño	770
Níquel	6.25-8.33

\* Por ejemplo, un alambre de plata tiene una resistencia 0.94 veces la de un alambre de cobre del mismo tamaño, mientras que un alambre de aluminio es 1.70 veces o 170% la resistencia del cobre.

menta el número de choques entre los electrones libres y otras partículas atómicas dentro del alambre. Como resultado, también aumenta la resistencia al flujo de los electrones a lo largo del alambre.

De igual manera como la resistencia aumenta con un incremento en la temperatura, una disminución de ésta producirá una reducción en la resistencia. Si la temperatura baja hasta el cero absoluto (-273.16° C, o -459.69° F), la resistencia del conductor será cero. Esto se debe a que toda la actividad molecular en el material cesará en el cero absoluto. Así pues, no habrá resistencia al flujo de electrones. Este fenómeno se llama superconductividad. En los laboratorios ya se han producido temperaturas muy cercanas al cero absoluto. Con esto ha sido posible operar circuitos que casi no presentan resistencia.

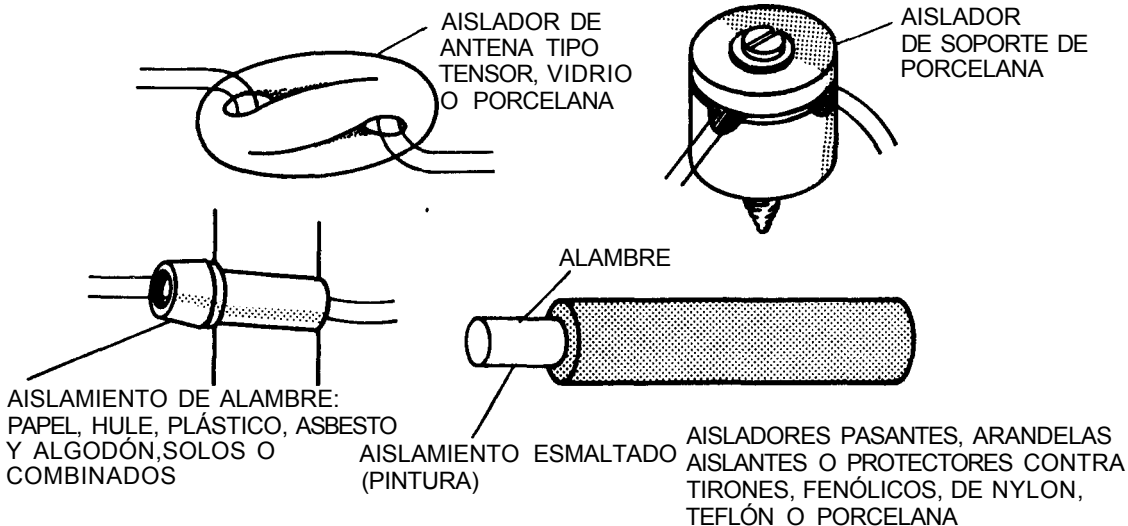
La resistencia de un alambre aumenta cuando aumenta su longitud. Si dos alambres de diferente longitud tienen una sección transversal de igual área, el más largo tendrá la resistencia más grande. Esto se debe a dos razones: 1) los electrones deben recorrer una distancia mayor en el alambre más largo; 2) los electrones chocan con más partículas en el alambre más largo.

Si dos alambres tienen la misma longitud, el que tenga el área de su sección transversal más grande tendrá menor resistencia. Esto se debe a que el alambre más grueso tiene más electrones libres y, además, cuenta con más espacio a través del cual esos electrones pueden moverse.

## AISLADORES

Un aislador eléctrico es un material que no conduce fácilmente una corriente eléctrica. Estos materiales contienen

Fig. 7-3. Materiales aislantes comunes y sus usos.



electrones de valencia que están fuertemente ligados al núcleo de sus átomos. Como consecuencia, se requiere un voltaje muy intenso para producir en ellos un número significativo de electrones libres. Estos materiales también se denominan no conductores y dieléctricos.

El vidrio, porcelana, mica, hule, plástico, papel y madera son aisladores comunes. Estos materiales se emplean para aislar eléctricamente a los conductores, de manera que las corrientes que transportan circulen en las trayectorias convenientes (Fig. 7-3).

No existe una separación total entre los conductores y los aisladores. Todos los materiales aislantes conducirán corriente eléctrica si se les aplica un voltaje lo suficientemente alto. Por ejemplo, se cree que el aire es muy buen aislador. Sin embargo, durante una tormenta, los enormes voltajes generados entre las nubes y la tierra provocan que el aire conduzca corriente en forma de relámpago.

La capacidad de un material para aislar se conoce como su rigidez *dieléctrica*. La rigidez dieléctrica de varios aisladores comunes se da en la tabla 7-2.

**Tabla 7-2. Rigidez dieléctrica de materiales aislantes comunes.**

Material	Rigidez dieléctrica Voltaje de ruptura en volts por 0.001 pulg (0.0254 mm)
Baquelita	300
Formaica	450
Vidrio (ventana)	200-250
Mica	3 500-5 000
Poliestireno	500-700
Porcelana	50-100
Teflón	1 000-2 000
Aire	75
Papel grueso (esmaltado)	150
Madera	125-750

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes aseveraciones:

1. Un conductor es una material a través del cual los electrones pueden fluir\_\_\_\_\_.
2. En un conductor, hay muchos electrones \_\_\_\_\_.
3. Además de los metales, ciertos\_\_\_\_\_se emplean también como conductores,
4. Los electrones se mueven a través del conductor de un circuito en un\_\_\_\_\_en una \_\_\_\_\_ dirección.
5. La\_\_\_\_\_a la corriente que resulta de los

choques electrónicos dentro de un conductor se conoce como resistencia.

6. La unidad básica de la resistencia es el \_\_\_\_\_.
7. La letra griega mayúscula \_\_\_\_\_ se emplea como una abreviatura de ohms, después de un valor numérico. Esta letra se escribe \_\_\_\_\_.
8. En casi todos los conductores metálicos, la resistencia \_\_\_\_\_ cuando la temperatura aumenta.
9. Si dos alambres tienen la misma longitud, el alambre con área de sección transversal mayor tiene \_\_\_\_\_ resistencia.
10. Todos los materiales aislantes conducirán corriente si un \_\_\_\_\_ suficientemente alto se aplica a ellos.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique qué es un conductor eléctrico.

Mencione al menos tres buenos materiales conductores.

2. Describa el movimiento de los electrones a través de un conductor.
3. ¿Qué se entiende por un impulso eléctrico?
4. Defina la resistencia eléctrica.
5. Nombre y defina la unidad básica de resistencia.
6. ¿Cuáles son los cuatro aspectos que determinan la resistencia de un conductor metálico?
7. Explique por qué, para la mayor parte de los conductores metálicos, la resistencia aumenta cuando la temperatura aumenta.
8. Defina un aislador eléctrico. Mencione cinco materiales aislantes comunes.
9. ¿En qué condiciones puede un material, que normalmente es aislador, convertirse en un conductor?
10. ¿Qué se entiende por rigidez dieléctrica de un material?

## Unidad 8 Resistencia y resistores

---

La resistencia puede ser o no útil en circuitos prácticos. Cuando pasa demasiada corriente a lo largo de un conductor, la resistencia del conductor puede causar que éste se caliente. Esto, a su vez, puede crear un peligroso incendio o causar que el conductor se queme. En este caso, la resistencia no es conveniente.

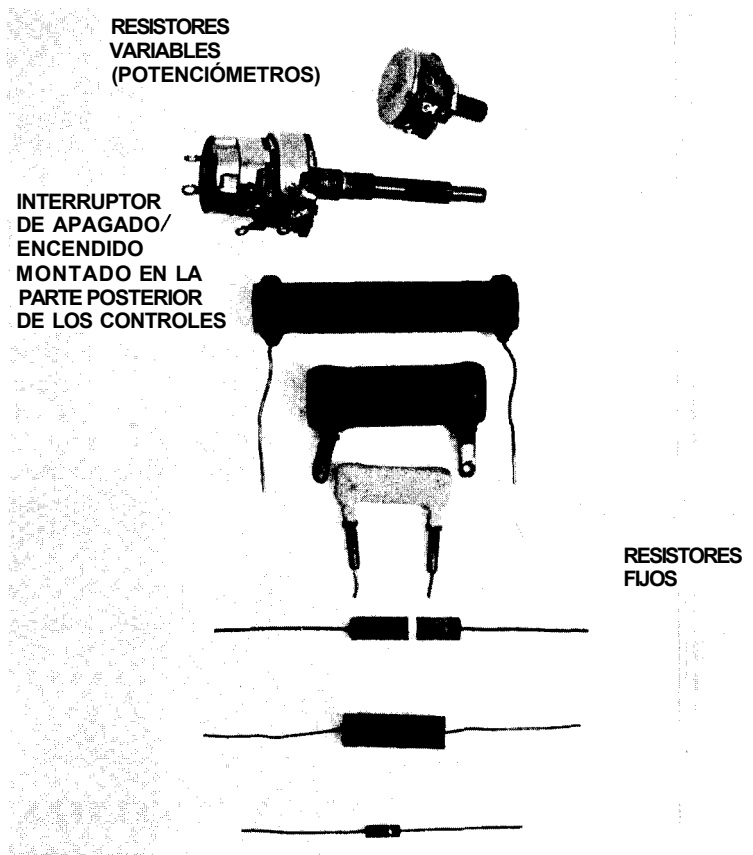
En otros casos, la resistencia se pone en forma deliberada en un circuito. Cuando esto sucede, la resistencia es la carga del circuito. En una estufa eléctrica, por ejemplo, los elementos calefactores se fabrican con un alambre especial llamado alambre de resistencia. Cuando la corriente pasa a través de este alambre, la energía de los electrones en movimiento se transforma en energía térmica útil. También se pone resistencia en muchos circuitos diferentes empleando resistores.

### RESISTORES

Un resistor es un dispositivo con un valor conocido de resistencia. Los resistores son elementos muy comunes de muchos circuitos eléctricos y electrónicos (Fig. 8-1). Se emplean para controlar voltaje y corriente.



Fig. 8-1. Los resistores se fabrican en muchas formas y tamaños.



## RESISTORES FIJOS

Un resistor fijo tiene un único valor de resistencia. Este valor se conserva bajo condiciones normales. Los tres tipos comunes de resistores fijos son el resistor de carbón, el resistor pelicular y el resistor de alambre arrollado.

**Resistores de carbón.** El elemento resistivo en un resistor de carbón es principalmente el grafito o alguna otra forma de carbón sólido. El contenido de carbón se mide con extremo cuidado para proporcionar la resistencia correcta (Fig. 8-2) Estos resistores por lo general tienen valores de resistencia que van de 0.1 ohm a 22 megohms.

**Resistores peliculares.** Los resistores de este tipo tienen un núcleo cerámico llamado sustrato. Sobre éste se deposita una película de material resistivo, que sirve como elemento de resistencia. La película puede ser un compuesto de carbón o metálico. Puede ser también una mezcla de metal y vidrio llamada *metal vidriado* (Fig. 8-3).

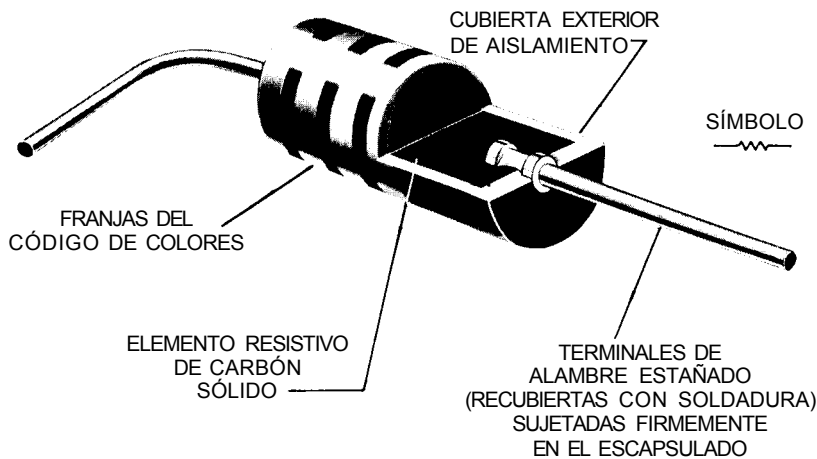


Fig. 8-2. Elementos principales de un resistor fijo de carbón (Allen-Bradley Company).

**Resistores de alambre devanado.** El elemento de resistencia de un resistor fijo de alambre devanado es generalmente un alambre de una aleación de níquel-cromo. Este alambre se devana alrededor de un núcleo cerámico. Todo este conjunto casi siempre se cubre con un material cerámico o un esmalte especial (Fig. 8-4). Los resistores de alambre devanado tienen comúnmente valores de resistencia que van desde 1 ohm hasta 100 kilohms.

**Tolerancia.** La resistencia real de un resistor puede ser mayor o menor que su valor especificado. Esta variación se denomina tolerancia. Los resistores de carbón, los peliculars y de alambre devanado tienen cada uno cierta tolerancia. Por ejemplo, las tolerancias usuales de los resistores de carbón son  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  y  $\pm 20\%$ . Esto significa que un resistor marcado con una resistencia de 100 ohms y una tolerancia de  $\pm 5\%$ , puede tener realmente una resistencia de cualquier valor entre 95 y 105 ohms. Los resistores de alambre devanado de propósito general tienen casi siempre una tolerancia de  $\pm 5\%$ .

Resistores que tienen tolerancias tan altas como del 20%, se emplean en muchos circuitos eléctricos y electrónicos. La ventaja de usar resistores de alta tolerancia es que el costo de fabricación es menor que la de los resistores de baja tolerancia. Sin embargo, sólo pueden usarse en circuitos donde la variación no es importante.

**Resistores de precisión.** Algunos resistores de alambre devanado y peliculars tienen valores reales casi iguales a sus valores especificados. Estos se denominan resistores de precisión y se emplean en circuitos especiales como los de los instrumentos de prueba.

**Potencia de especificación o nominal.** La potencia de especificación de un resistor indica cuánto calor puede disipar un



Fig. 8-3. Resistor de vidrioado metálico.

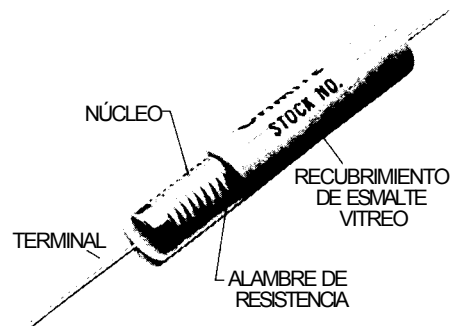
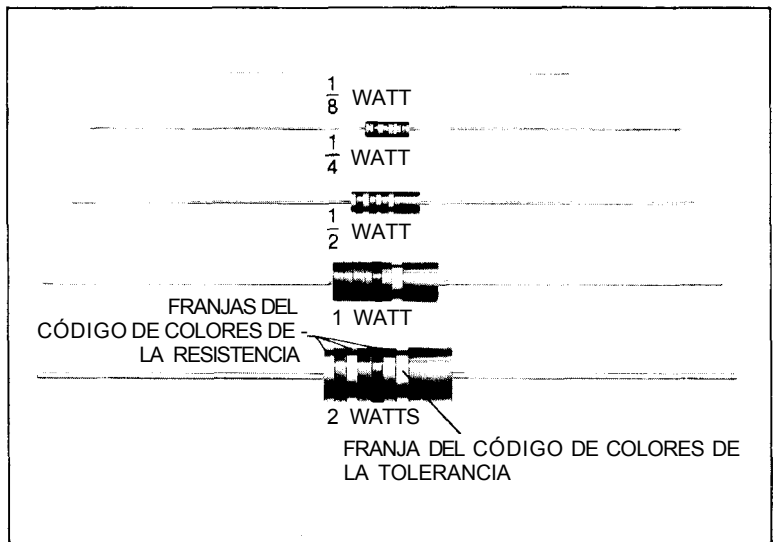


Fig. 8-4. Resistor de alambre devanado (OhmHe Manufacturing Company).

**Fig. 8-5.** Relación entre el tamaño de resistores de carbón y su wattaje nominal (Alien Bradley Company).



resistor antes de quemarse. Puesto que la corriente produce el calor, la potencia nominal da también alguna indicación de la corriente máxima que un resistor puede conducir en forma segura. La potencia nominal de un resistor se expresa en watts.

La potencia nominal de los resistores de carbón va de  $\frac{1}{16}$  de watt a 2 watts. La de los resistores de alambre devanado va de 3 watts a cientos de watts.

El tamaño de un resistor no tiene nada que ver con su resistencia. Un resistor muy pequeño puede tener una resistencia muy baja o muy alta. Sin embargo, el tamaño de un resistor sí indica cuál es su wattaje nominal. Para un valor dado de resistencia, el tamaño de un resistor aumenta cuando el wattaje nominal aumenta (Fig. 8-5). Con experiencia, usted puede determinar el wattaje nominal de resistores a partir de su tamaño.

## CÓDICO DE COLORES PARA RESISTORES

Los valores de resistencia y wattaje de resistores de alambre devanado vienen marcados, por lo general, en ellos. Los valores de resistencia de los resistores de carbón fijos y algunos tipos de resistores peliculares se muestran por medio de un código de colores. Los colores del código y los números que representan se dan en la tabla 8-1. Se usan tres franjas para los valores de resistencia. Una cuarta franja se usa a menudo para mostrar la tolerancia. En algunas ocasiones, se utiliza una quinta franja que establece el índice de fallas. Es decir, la cantidad de resistencia que cambiará en un periodo, por ejemplo, de 1 000 horas. El código de colores se lee de la siguiente manera:

Tabla 8-1. Código de colores para resistores

Valores de resistencia Primeras tres franjas	Valores de tolerancia Cuarta franja
negro = 0 café = 1 rojo = 2 naranja = 3 amarillo = 4 verde = 5 azul = 6 violeta = 7 gris = 8 blanco = 9 oro = se divide entre 10 plata = se divide entre 100	oro = $\pm 5\%$ plata = $\pm 10\%$ ninguna = $\pm 20\%$
	<b>Índice de falla Quinta franja</b>
	café = 1% rojo = 0.1% naranja = 0.01% amarillo = 0.001%

(Cuando hay una quinta franja, ésta indica el índice de falla o la cantidad que cambiará la resistencia durante un periodo dado, por lo general de 1 000 horas)

1. La primera franja o extrema representa el primer número del valor de la resistencia.
2. La segunda franja representa el segundo número del valor de la resistencia.
3. La tercera franja indica el número de ceros que siguen a los dos primeros números del valor de la resistencia. Si la tercera franja es negra, ningún cero se añade después de

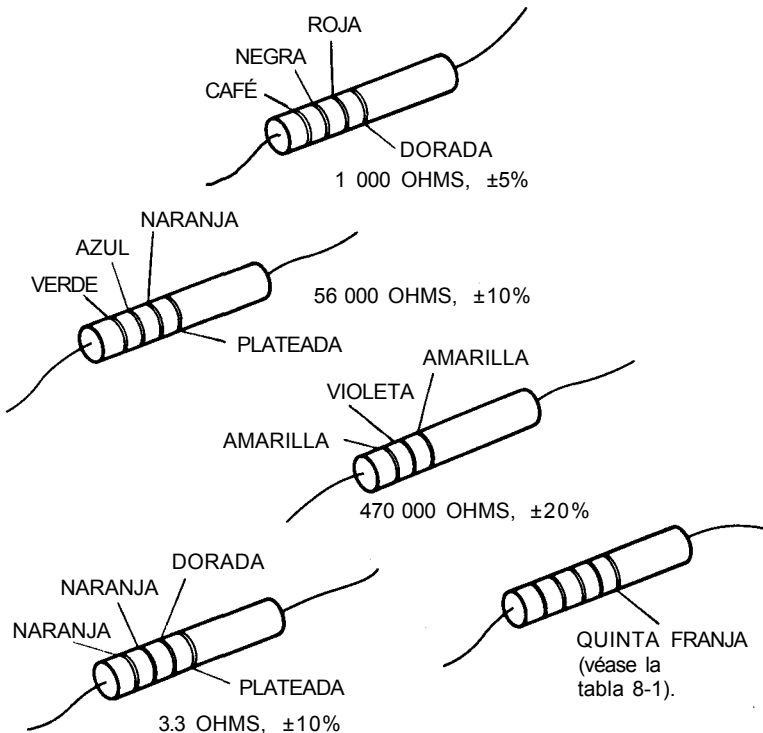


Fig. 8-6. Lectura del código de colores para resistores.

los primeros dos números, puesto que este color representa al cero.

4. Si la tercera franja es de color oro, el número dado por las dos primeras franjas se divide entre 10.
5. Si la tercera franja es plateada, el número dado por las dos primeras franjas se divide entre 100.

Varios ejemplos de valores de resistencia marcados por medio del código de colores se muestran en la figura 8-6.

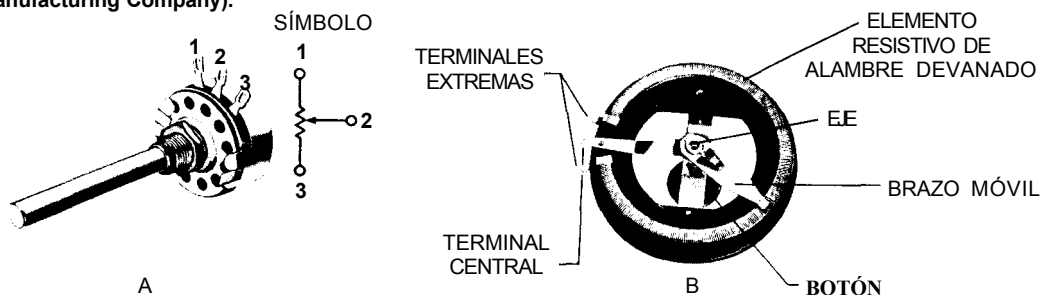
## RESISTORES VARIABLES

Los resistores variables se emplean cuando es necesario cambiar el valor de la resistencia en un circuito. Los resistores más comunes de este tipo reciben el nombre de potenciómetros y de reóstatos. Los potenciómetros tienen por lo general elementos resistivos de carbón. En el reóstato, casi siempre el elemento resistivo se hace de alambre de resistencia. En ambos dispositivos, un brazo móvil hace contacto con el elemento resistivo (Fig. 8-7). En resistores más variables, el brazo está unido a un eje que puede girar casi  $360^\circ$ . Cuando gira el eje, cambia el punto de contacto entre el brazo móvil y el elemento resistivo. Esto cambia la resistencia entre la terminal del brazo móvil y la terminal del elemento (Fig. 8-8).

Los reóstatos se emplean comúnmente para controlar corrientes bastante altas, como las de motores y circuitos de lámparas. Un ejemplo de cómo un reóstato se conecta en un circuito de lámpara, se muestra en la figura 8-9. Si bien el reóstato es semejante al potenciómetro, por lo general es más grande debido a que su elemento resistivo transporta corrientes mayores y disipa cantidades más grandes de calor.

Un potenciómetro puede emplearse para variar el valor del voltaje aplicado en un circuito, como se muestra en la figura 8-10. En este circuito, el voltaje de entrada se aplica a través de las terminales A y C del elemento resistivo. Cuando la posición del brazo móvil gira (terminal B), el voltaje a través de las terminales B y C cambiará. Cuando el brazo móvil se aproxima a la terminal A, el voltaje de salida del circuito se incrementa. Cuando el brazo móvil se acerca a la terminal C, el voltaje de salida del circuito disminuye.

Fig. 8-7. Resistores variables: (A) Potenciómetro; (B) Reóstato de alambre devanado (Ohmite Manufacturing Company).



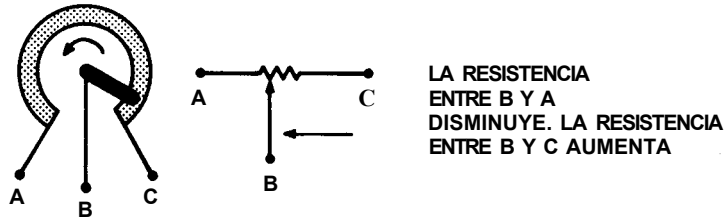
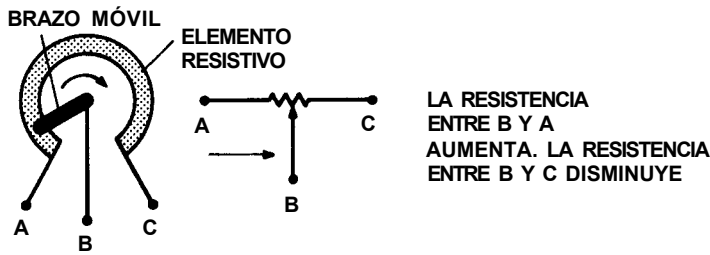


Fig. 8-8. Cuando el brazo móvil de un resistor variable se mueve, cambia la resistencia entre la terminal central y las terminales extremas.

Con mucha frecuencia, los potenciómetros se emplean como dispositivos de control en amplificadores, aparatos de radio y televisión, y en diferentes tipos de medidores. Los usos comunes incluyen control de volumen y tono; control de balance; control de linealidad, brillo, anchura y ajustes a cero.

La capacidad nominal de un reóstato o de un potenciómetro es la resistencia de todo el elemento resistivo. Esta resistencia se mide de una terminal extrema a la otra. La resistencia y el wattaje nominal de estos dispositivos normalmente se imprimen directamente en ellos; pueden encontrarse también en las especificaciones del fabricante.

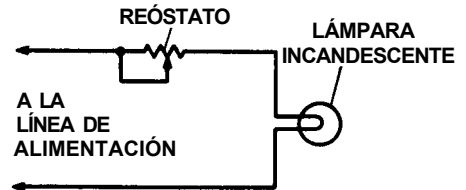


Fig. 8-9. El empleo de un reóstato para controlar la corriente en un circuito de una lámpara incandescente.

## FALLAS DE LOS RESISTORES

Los resistores son dispositivos robustos. Pocas veces fallan, a menos que una corriente demasiado grande pase a través de ellos. Esto puede suceder cuando existe un corto circuito en alguna parte del circuito.

Un resistor de carbón o uno pelicular que se sobrecaliente, se quemará con frecuencia completamente. En otros casos, el sobrecalentamiento causará que un resistor de este tipo se queme superficialmente, resquebraje o deforme. El valor de la resistencia puede entonces aumentar muchas veces el valor normal.

Cuando un resistor de alambre devanado se sobrecalienta, casi siempre el alambre de resistencia se quema en un punto. Esto hace que el resistor quede abierto. Un resistor de carbón, uno pelicular o uno de alambre devanado pueden quedar abiertos también, si uno de sus alambres se desconecta del elemento resistivo que se localiza en el interior de su cuerpo.

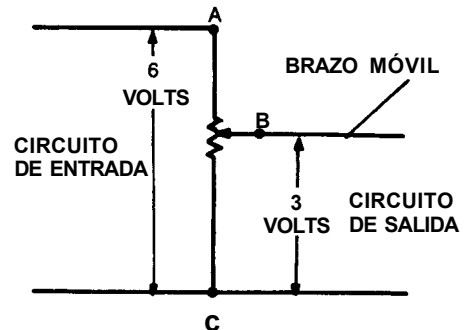


Fig. 8-10. Funcionamiento básico de un potenciómetro.

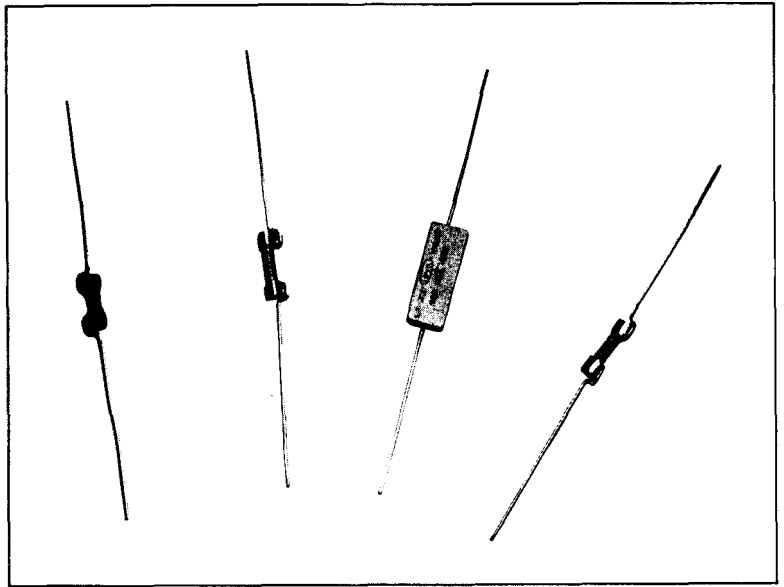


Fig. 8-11. Resistores fusibles.

## RESISTORES FUSIBLES

Los tipos más comunes de resistores fusibles son dispositivos de alambre devanado llamados así por su parecido con los resistores de este tipo (Fig. 8-11). Éstos se emplean a menudo como elementos fusibles en amplificadores y aparatos de televisión para proteger circuitos especiales. Estos resistores fusibles suelen tener valores de resistencia menores a 14 ohms. El elemento resistivo, como la cinta fusible de cartucho, se diseña para quemarse cuando pasa demasiada corriente a través de él.

---

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

**4. Empleo del código de colores para resistores.** Un código de colores se emplea para identificar los valores de los resistores de carbón y los peliculares. Los siguientes pasos le ayudarán a adquirir experiencia en la lectura de este código.

### MATERIALES NECESARIOS

10 resistores de carbón o peliculares con diferente código de *color*.

### Procedimiento

1. Dibuje una tabla, como la tabla 8-2, en una hoja de papel. Escriba en la tabla el código de color de cada resistor en el espacio correcto.

**Tabla 8-2. Tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 4, "Empleo del código de colores para resistores".**

(1) Resistor	(2) Código de colores	(3) Resistencia	(4) Tolerancia %	(5) Intervalo de tolerancia, ohms
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. Escriba la resistencia y el porcentaje de tolerancia de cada resistor, según lo indica su código de color, en las columnas 3 y 4 de la tabla.
3. Calcule el intervalo de tolerancia en ohms de cada resistor y anótelos en la tabla. Por ejemplo, un resistor de 100 ohms con una tolerancia del 10% puede tener una resistencia real 10% mayor a 100 ohms o 10% menor a 100 ohms:

$$10\% \text{ de } 100 = 10 \text{ ohms}$$

Por consiguiente, el intervalo permisible va de  $(100-10) = 90$  ohms a  $(100 + 10) = 110$  ohms, y puede escribirse como 90-110 ohms. Anote el intervalo de tolerancia en ohms de cada resistor en la columna 5 de la tabla.

**5. Instalación de un "control de volumen" en altavoces.** El siguiente circuito muestra un uso práctico del potenciómetro. Puede usarse para ajustar el volumen de dos altavoces, como los que se colocan al frente y en la parte posterior de un automóvil.

#### MATERIALES NECESARIOS

Potenciómetro, 350 ohms, 2 watts.

Altavoz, si es necesario. Si este *altavoz se* añadiera a un sistema existente, deberá tener las mismas características eléctricas que las del *altavoz* que se está usando.

Alambre para conexión, calibre 20 AWG (0.8 mm), de longitud requerida.



## SEGURIDAD

Muchos dispositivos que emplean altavoces, como radios, televisores y fonógrafos, no deben extenderse en sistemas de altavoces múltiples. Con frecuencia, estos dispositivos se conectan directamente a las líneas de alimentación. Esto significa que el chasis metálico y los cables del altavoz pueden estar a un potencial peligroso o voltaje, con respecto a tierra. Los fabricantes de estos equipos casi siempre desaprueban las modificaciones. Pregunte a un técnico calificado, antes de hacer cualquier conexión en estos circuitos.

Algunos equipos pueden dañarse cuando se les conecta un altavoz (o carga) que no es el (la) adecuado (a). También en este caso, acuda a un técnico calificado o a un centro de reparación, antes de añadir altavoces extras al equipo.

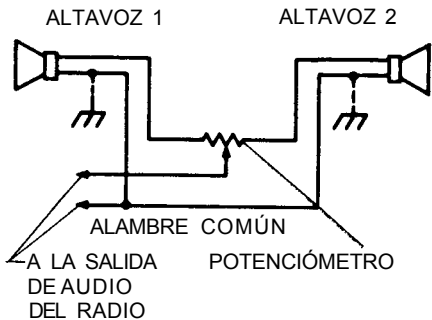


Fig. M1 Circuito empleado en el ejercicio de aprendizaje práctico No. 5, "Instalación de un control de volumen para altavoz".

## Procedimiento

1. Alambre el circuito que se muestra en la figura 8-2. Si se usa el chasis de un automóvil como conductor del circuito del altavoz, el alambre común no es necesario. En este caso, una terminal de cada altavoz se conecta al chasis, lo más próxima posible, como se muestra con las líneas punteadas.
2. Pruebe el circuito girando el eje del potenciómetro primero en un sentido y después en el otro. Al hacer esto, uno de los altavoces deberá alcanzar el volumen máximo, en tanto que el volumen del otro deberá disminuir. En la posición central, el volumen de los altavoces será el mismo.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Los resistores se emplean para que en un circuito o parte de un circuito se tenga \_\_\_\_\_.
2. Los resistores se emplean para controlar \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
3. Un resistor fijo tiene un \_\_\_\_\_ valor de resistencia.
4. El elemento resistivo en un resistor de carbón por lo general es \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
5. En un resistor pelicular, una película de \_\_\_\_\_ se deposita sobre un núcleo cerámico.

6. El elemento resistivo de un resistor de alambre devanado se hace con una aleación de alambre de \_\_\_\_\_.
7. La cantidad que puede variar la resistencia real de un resistor respecto a su valor impreso, se conoce como la \_\_\_\_\_ del resistor.
8. Un resistor que tiene una resistencia casi igual a la indicada, recibe el nombre de resistor de \_\_\_\_\_.
9. La potencia \_\_\_\_\_ de un resistor indica cuánta corriente puede conducir éste antes de \_\_\_\_\_.
10. El tamaño de un resistor no tiene nada que ver con su \_\_\_\_\_.
11. Un resistor de tamaño más grande de un

- valor dado tiene un \_\_\_\_\_ . nominal mayor que un resistor físicamente más pequeño del mismo valor.
12. Las primeras tres franjas del código de colores para los resistores indica el valor de \_\_\_\_\_ de un resistor. La cuarta franja muestra la \_\_\_\_\_ del resistor.
  13. Los dos tipos más comunes de resistores variables se denominan \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
  14. Un potenciómetro se emplea con mayor frecuencia para cambiar el valor del \_\_\_\_\_ aplicado a un circuito o a parte de un circuito.
  15. El brazo móvil de un potenciómetro o reóstato se conecta al \_\_\_\_\_ del dispositivo.
  16. La resistencia de un potenciómetro o de un reóstato se mide entre sus terminales \_\_\_\_\_.
  17. La falla más común en un resistor es que se abra o queme al pasar a través de él una \_\_\_\_\_ demasiado grande.
  18. El sobrecalentamiento de un resistor de carbón o uno pelicular causa a menudo que su resistencia \_\_\_\_\_.
  19. Un resistor que hace las veces de un fusible recibe el nombre de resistor \_\_\_\_\_.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué es un resistor?
2. Mencione y describa tres tipos de resistores fijos.

3. Defina la tolerancia de un resistor.
4. ¿Qué es un resistor de precisión?
5. Explique el significado del wattaje o potencia nominal de un resistor.
6. ¿El tamaño de un resistor proporciona información sobre su resistencia? ¿Sobre su wattaje nominal?
7. Describa el código de colores para resistores y explique cómo se emplea.
8. Describa la estructura de un resistor variable. Mencione los dos tipos más comunes de resistores variables.
9. ¿Con qué propósito se usa comúnmente un potenciómetro?
10. ¿Qué condiciones afectan con mayor frecuencia que un resistor falle?
11. ¿Con qué propósito se emplea un resistor fusible?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral sobre los usos de los resistores en dispositivos y aparatos domésticos comunes como radio, televisores, interruptores y controles de intensidad de lámparas, etc. Si es posible, indique ejemplos de estos resistores en el dispositivo o aparato analizado.
2. Explique a su clase cómo se emplea el código de colores para resistores.

## Unidad 9 Ley de Ohm y fórmulas de potencia

---

En cualquier circuito donde la única oposición al flujo de electrones es la resistencia, existen relaciones definidas entre los valores de *voltaje*, corriente y resistencia. Estas relaciones, descubiertas en 1827 por Georg Simon Ohm, se conocen como la ley de Ohm.

Según la ley de Ohm:

1. El voltaje necesario para establecer cierta intensidad de corriente a través de un circuito es igual al producto de la corriente y de la resistencia del circuito.
2. La intensidad de corriente de un circuito es igual al voltaje que se aplica al circuito, dividido entre la resistencia del circuito.
3. La resistencia de un circuito es igual al voltaje aplicado al circuito, dividido entre la cantidad de corriente en el circuito.

### LAS FÓRMULAS DE LA LEY DE OHM

Si se utilizan los símbolos literales ( $E$ ) para el voltaje, ( $I$ ) para la corriente y ( $R$ ) para la resistencia, entonces las relaciones establecidas por la ley de Ohm pueden expresarse en la siguientes fórmulas:

$$E = I \times R$$

Resolviendo para  $I$ , esta misma fórmula puede escribirse como

$$I = \frac{E}{R}$$

Resolviendo para  $R$ , puede escribirse como

$$R = \frac{E}{I}$$

donde  $E$  = voltaje en volts

$I$  = corriente en amperes

$R$  = resistencia en ohms

La disposición de los términos en una fórmula permite establecer ciertas reglas generales sobre las relaciones entre corriente, voltaje y resistencia. Por ejemplo, en la fórmula de la ley de Ohm:

$$I = \frac{E}{R}$$

la  $E$  en el numerador indica que  $I$  (la corriente) cambiará de acuerdo con  $E$  (el voltaje), siempre que el denominador  $R$  (la

resistencia) no cambie. Por consiguiente, si el voltaje en un circuito aumenta al doble, el valor de la corriente resultante será el doble del valor inicial. Si el voltaje en un circuito se reduce a la mitad del valor inicial, la corriente se ajustará por sí misma a la mitad de su valor inicial. Así pues, la ley de Ohm establece que la corriente es directamente proporcional al voltaje.

En esta fórmula, la R en el denominador expresa que si  $E$  (el voltaje) permanece constante, I (la corriente) es inversamente proporcional a R (resistencia). Al incrementar la resistencia, la corriente disminuye en la misma proporción. Análogamente, una disminución en la resistencia da como resultado un aumento en la corriente. Por ejemplo, si la resistencia en un circuito se incrementa al doble de su valor inicial, la corriente disminuirá a la mitad de su valor inicial. Si la resistencia disminuye a un tercio de su valor inicial, la corriente aumentará tres veces su valor inicial.

Las fórmulas de la ley de Ohm pueden aprenderse fácilmente, usando un círculo dividido como se muestra en la figura 9-1A. Para usar este círculo, escoja y cubra una de las cantidades (E, I o R). La relación entre las otras dos cantidades en el círculo mostrará cómo calcular la cantidad escogida (Fig. 9-1B).

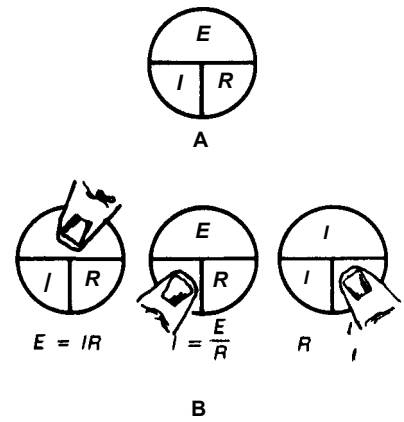


Fig. 9-1. Círculo de la ley de Ohm.

## APLICACIONES DE LA LEY DE OHM

La ley de Ohm es importante para entender el comportamiento de un circuito. Es importante también porque permite encontrar el valor de cualquiera de las tres cantidades básicas del circuito (voltaje, corriente o resistencia) si el valor de las otras dos se conoce. Por lo tanto, los circuitos y sus elementos pueden diseñarse matemáticamente. Esto reduce mediciones y experimentos que podrían dañar al equipo y que implican tiempo. El empleo de la ley de Ohm para resolver problemas de circuito prácticos se muestra en los siguientes ejemplos.

**Problema 1:** Una lámpara incandescente emplea 0.5 amperes de corriente, cuando funciona en un circuito de 120 volts. ¿Cuál es la resistencia de la lámpara?

**Solución:** El primer paso para resolver un problema de un circuito, es dibujar un diagrama esquemático del mismo. El segundo paso es identificar cada uno de los elementos e indicar los valores conocidos (Fig. 9-2). En este problema, los valores para I y E se conocen. Para encontrar R, usamos la fórmula:

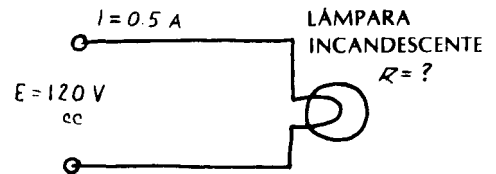


Fig. 9-2. Diagrama para el problema 1.

$$R = \frac{E}{I}$$

o

$$R = \frac{120}{0.5} = 240 \Omega$$

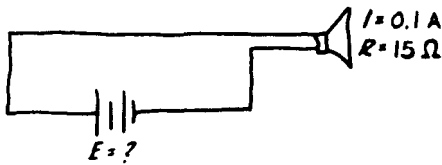


Fig. 9-3. Diagrama para el problema 2.

**Problema 2:** Una bocina de bicicleta tiene marcada una corriente nominal de 0.1 amperes. Se sabe que la resistencia de la bobina de la bocina es de 15 ohms. Calcule el voltaje que debe aplicarse al circuito de la bocina, para que ésta funcione en forma correcta (Fig. 9-3).

**Solución:** Puesto que el voltaje es una cantidad desconocida, use la fórmula:

$$\begin{aligned} E &= I \times R \\ &= 0.1 \times 15 \\ &= 1.5 \text{ volts} \end{aligned}$$

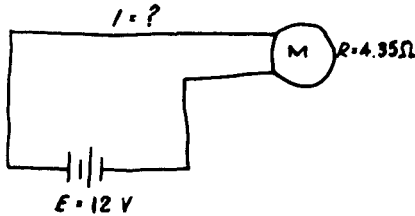


Fig. 9-4. Diagrama para el problema 3.

**Problema 3:** Para emplear un fusible de capacidad adecuada en un circuito de automóvil, es necesario encontrar la corriente necesaria para cierto dispositivo. El dispositivo está conectado a una batería de 12 volts y tiene una resistencia de 4.35 ohms (Fig. 9-4). Encuentre la corriente.

**Solución:** Puesto que la corriente es la cantidad desconocida, use la fórmula:

$$\begin{aligned} I &= \frac{E}{R} \\ &= \frac{12}{4.35} \\ &= 2.76 \text{ amperes} \end{aligned}$$

## FÓRMULAS DE POTENCIA

Las fórmulas de potencia muestran las relaciones que hay entre la potencia eléctrica y el voltaje, la corriente y la resistencia en un circuito cc. La fórmula de potencia básica es:

$$P = E \times I$$

donde P = potencia en watts  
 E = voltaje en volts  
 I = corriente en amperes

A partir de esta fórmula, es posible obtener otras dos expresiones para la potencia que se emplean comúnmente. Por ejemplo, de la ley de Ohm se sabe que  $E = I \times R$ . Al sustituir  $I \times R$  en lugar de E en la fórmula de potencia básica:

$$\begin{aligned} P &= I \times R \times I \\ &= I^2 R \end{aligned}$$

Además, por la ley de Ohm se sabe que  $I = E/R$ . Al sustituir  $E/R$  en lugar de I en la fórmula de potencia básica:

$$\begin{aligned} P &= E \times \frac{E}{R} \\ &= \frac{E^2}{R} \end{aligned}$$

## APLICACIONES DE LAS FÓRMULAS DE POTENCIA

Las fórmulas de potencia pueden emplearse para encontrar el wattaje nominal de los elementos de un circuito y el valor de la corriente en el mismo. Además, pueden emplearse para determinar los costos de operación de productos eléctricos y electrónicos. El empleo de estas fórmulas en la solución de problemas de circuito prácticos se muestra en los siguientes ejemplos.

**Problema 1:** La corriente, a través de un resistor de 100 ohms que será empleado en un circuito, es de 0.15 amperes. ¿Cuál deberá ser la potencia nominal del resistor?

**Solución:** Puesto que las dos cantidades conocidas en este problema son la corriente y la resistencia, emplee la fórmula  $P = I^2 R$ :

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= 0.15^2 \times 100 \\ &= 2.25 \text{ watts} \end{aligned}$$

Para evitar que un resistor se sobrecaliente, su potencia nominal debe ser aproximadamente el doble del calculado con la fórmula de potencia. Por lo tanto, el resistor que se utilice en el circuito deberá tener una potencia nominal de aproximadamente 5 watts.

**Problema 2:** Encuentre la corriente empleada por una lámpara de 60 watts que opera a 120 volts. Encuentre también la corriente que requiere una lámpara de 200 watts y una de 300 watts que operan a 120 volts.

**Solución:** En este problema, se conocen la potencia y el voltaje, y se desea encontrar la corriente. Por lo tanto, la fórmula más sencilla que puede usarse es  $P = E \times I$ , a partir de la cual se resuelve para I:

$$I = \frac{P}{E}$$

Para la lámpara de 60 watts, 120 volts:

$$\begin{aligned} I &= \frac{60}{120} \\ &= 0.5 \text{ ampere} \end{aligned}$$

Para la lámpara de 200 watts, 120 volts:

$$\begin{aligned} I &= \frac{200}{120} \\ &= 1.67 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Para la lámpara de 300 watts, 120 volts:

$$I = \frac{300}{120}$$

$$= 2.5 \text{ amperes}$$

En este problema, el voltaje aplicado a cada una de las lámparas es el mismo (120 volts). Cuando el wattaje de las lámparas aumenta, la corriente en el circuito también aumenta. Esto significa que existe una relación directa entre la potencia de una carga y la corriente que emplea.

Problema 3: La corriente en el sistema de alambrado de una casa aumenta al doble de su valor original, de dos amperes a cuatro amperes. ¿Cómo afecta esto la temperatura de los alambres del circuito? Suponga una resistencia de 25 ohms.

Solución: De acuerdo con la fórmula  $P = I^2R$ , si la resistencia no cambia, la potencia es directamente proporcional al cuadrado de la corriente. Por esto, si la corriente se duplica, la potencia aumenta cuatro veces.

$$P = I^2 R = 2^2 \times 25$$

$$= 4 \times 25 = 100 \text{ watts}$$

Si la corriente se duplica de 2 amperes a 4 amperes:

$$P = 4^2 \times 25$$

$$= 16 \times 25 = 400 \text{ watts}$$

En este problema, al duplicarse la corriente, aumentó la potencia cuatro veces, de 100 watts a 400 watts. La potencia puede considerarse como la velocidad a la cual la energía de los electrones en movimiento se transforma en calor en los alambres. Si la corriente se duplica, los alambres se calentarán a una temperatura cuatro veces mayor que la inicial. Conocer esta relación entre la potencia y la corriente es importante. Significa que aun un pequeño aumento en la corriente originará un gran incremento de temperatura en el alambre. Los alambres sobrecalentados son la principal causa de incendios en casas y otros edificios.

## FÓRMULA DE KILOWATT-HORA

El kilowatt/hora (kWh) es la unidad de energía eléctrica en la cual las compañías eléctricas basan sus cuentas de consumo de energía eléctrica. Los kilowatts multiplicados por horas son iguales a los kilowatts-hora. Por ejemplo, si un tostador con una potencia nominal de operación de 1 000 watts funciona durante 30 minutos (0.5 hora), la energía empleada es  $1 \text{ kW} \times 0.5 \text{ hora} = 0.5 \text{ kWh}$ .

La cantidad de energía en kilowatts-hora empleada por un aparato o algún otro enser puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\text{kWh} = \frac{\text{potencia nominal} \times \text{tiempo en horas}}{1\ 000}$$

$$\text{kWh} = \frac{P \times h}{1\ 000}$$

donde P = potencia en watts  
h = tiempo en horas

La energía eléctrica en kilowatts-horas suministrada por las compañías eléctricas se mide con un medidor de watts-hora. El medidor se monta por lo general al costado de un edificio y cada determinado tiempo se toma la lectura del consumo. Con esta lectura, se calcula la cuenta de consumo de energía eléctrica por un periodo casi siempre de un mes.

El precio promedio de la energía eléctrica en Estados Unidos es de alrededor de \$0.07 x kilowatt-hora. El hogar promedio en este país emplea alrededor de 700 kWh de energía eléctrica por mes.

## EMPLEO DE LA FÓRMULA DE KILO WATTS-HORA

La fórmula de kilowatts-hora puede aplicarse para encontrar el costo de operación de un aparato durante cualquier periodo, si se conoce el costo por kilowatt-hora. Esto se muestra en el problema siguiente.

**Problema 1:** El precio promedio de la energía eléctrica en cierta ciudad es de \$0.06 x kWh. Encuentre el costo de operación de un aparato de televisión de 250 watts durante 1.5 hora.

**Solución:**

$$\begin{aligned}\text{kWh} &= \frac{P \times h}{1\ 000} \\ &= \frac{250 \times 1.5}{1\ 000} \\ &= 0.375\end{aligned}$$

Puesto que la energía cuesta \$0.06 x kWh, el costo de operación del aparato de televisión durante 1.5 horas es = 0.375 x 6, o ¢2.25.

**Problema 2:** Al precio de ¢6.5 x kWh, ¿cuál es el costo de operación de una plancha de 1 200 watts durante dos horas?

**Solución:**

$$\begin{aligned}\text{kWh} &= \frac{P \times h}{1\ 000} = \frac{1\ 200 \times 2}{1\ 000} \\ &= 2.4\end{aligned}$$



Costo total =  $2.4 \times 6.5$ , o **¢15.60**.

Problema 3: Al precio de  $\text{¢}0.07$  por kWh, ¿cuál es el costo de operación de una lámpara incandescente de 100 watts durante 6 horas?

**Solución:**

$$\begin{aligned} \text{kWh} &= \frac{P \times h}{1\,000} \\ &= \frac{100 \times 6}{1\,000} \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

Costo total =  $0.6 \times 7$ , o **¢4.2**.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La ley de Ohm establece las relaciones entre \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
2. El voltaje aplicado a un circuito es igual al producto de la \_\_\_\_\_ y de la \_\_\_\_\_ del circuito.
3. La corriente en un circuito es igual al \_\_\_\_\_ aplicado, dividido entre la \_\_\_\_\_.
4. La resistencia de un circuito es igual al \_\_\_\_\_ aplicado, dividido entre la \_\_\_\_\_.
5. Si el voltaje aplicado a un circuito se aumenta al doble y la resistencia permanece constante, la corriente en el circuito aumentará al \_\_\_\_\_ del valor inicial.
6. Si el voltaje aplicado a un circuito permanece constante y la resistencia se aumenta al doble, la corriente disminuirá a la \_\_\_\_\_ del valor inicial.
7. Las tres fórmulas de la potencia que se utilizan con mayor frecuencia son \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
8. Si la corriente en un conductor se duplica y la resistencia no cambia, la potencia que consume el conductor aumentará \_\_\_\_\_ veces la cantidad inicial.
9. La unidad de energía eléctrica en la cual las compañías de suministro eléctrico basan sus cuentas de consumo es el \_\_\_\_\_.
10. Los kilowatts-hora de energía empleados por un aparato pueden calcularse multiplicando la \_\_\_\_\_ del aparato por el \_\_\_\_\_ empleado y dividiendo entre 1 000.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Establezca las relaciones entre el voltaje, la corriente y la resistencia, como son dadas por la ley de Ohm.
2. Empleando los símbolos literales correctos, escriba las tres formas de la ley de Ohm.
3. Un cautín emplea 2 amperes de corriente cuando se conecta en un tomacorriente de 120 volts. ¿Cuánta potencia emplea?
4. Un faro auxiliar de automóvil tiene una resistencia de 2 ohms, mientras que emplea 6 amperes de corriente. ¿Cuál es el voltaje de la batería del automóvil?
5. El elemento calefactor de una cocina eléctrica tiene una resistencia de 10 ohms. ¿Cuánta corriente utiliza el elemento cuando está conectado a un voltaje de 115 volts?
6. El valor de corriente a través de un resistor de 285 ohms en un circuito de radio es de

- 0.3 amperes. ¿Cuál es el voltaje en el resistor?
- El voltaje en un resistor de 8 000 ohms en un circuito de televisión es de 256 volts. ¿Cuánta corriente pasa a través del resistor?
  - ¿Qué voltaje se aplica a un circuito con 2 amperes de corriente y una resistencia de 57.5 ohms?
  - Empleando los símbolos literales correctos, escriba las tres fórmulas básicas de potencia.
  - Calcule la corriente empleada por una lámpara incandescente de 100 watts que funciona a un voltaje de 120 volts.
  - Calcule la corriente empleada por un tostador de 1 000 watts que funciona a 117 volts.
  - A un precio de \$0.07 por kilowatt-hora, ¿cuál es el costo de operación de un receptor de televisión de 300 watts, durante 6 horas?
  - A un precio de \$ 0.06 por kilowatt-hora, ¿cuál es el costo de operación de una lámpara de 60 watts, durante 24 horas?
  - Explique el procedimiento general para calcular la cuenta de consumo eléctrico.

- ¿Qué sucede con la cantidad de potencia empleada en un circuito cuando el voltaje disminuye a la mitad de su valor inicial?

#### ACTIVIDADES DE ESTUDIO INDIVIDUALES

- Prepare un escrito o un informe oral sobre George Simon Ohm y su descubrimiento de las relaciones entre voltaje, corriente y resistencia.
- Dé una demostración a su clase de por lo menos una aplicación práctica de la ley de Ohm y una de la fórmula de potencia.
- Dé una demostración de la relación entre el tamaño de los resistores y su potencia nominal.
- Haga una lista de los aparatos y otros productos de su casa que muestren la potencia nominal de operación en la etiqueta o en otra parte. Después de averiguar el precio promedio de energía eléctrica por kilowatt-hora que usted paga, calcule el costo de operación de cada uno de los productos por una hora.

## Unidad 10 Circuitos en serie y en paralelo

Cuando hay más de una carga en el circuito, las cargas pueden conectarse en serie o en paralelo. Es importante que conozca las características de los circuitos en serie y en paralelo. Ello le ayudará a entender cómo operan estos circuitos y cómo se utilizan.

Fuentes de energía como las pilas secas pueden también conectarse en serie o en paralelo. Estas conexiones se estudian en esta unidad.

### CIRCUITO EN SERIE

En un circuito en serie, los elementos se conectan a los conductores uno después de otro (Fig. 10-1). De esta manera, sólo hay una trayectoria por la cual la corriente puede circular cuando va de una terminal de la fuente de energía a la otra. Si el circuito se rompe o abre en cualquier punto, éste se desconecta completamente. Esta característica se emplea para

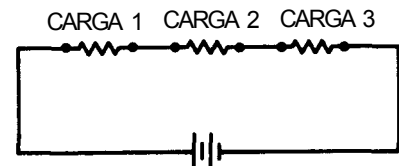
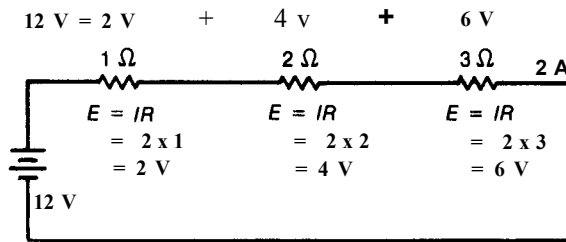


Fig. 10-1. Circuito en serie con tres cargas.

Fig. 10-2. En un circuito en serie, la suma de las caídas de voltaje en el circuito es igual al voltaje aplicado. Este hecho se conoce como ley de voltaje de Kirchhoff.



controlar y proteger sistemas eléctricos. Dispositivos como interruptores, fusibles y disyuntores se conectan en serie.

Otras cargas de circuito que se conectan en serie incluyen los filamentos de los tubos electrónicos y lámparas ornamentales (por ejemplo, las de los árboles de navidad). En un sistema de radio o televisión, muchos de los circuitos se conectan en serie. Los resistores o una combinación de ellos y otros dispositivos integran estos circuitos en serie.

Corriente. Puesto que un circuito en serie tiene sólo una trayectoria para los electrones, tantos electrones fluyen de cualquier punto del circuito como los que fluyen hacia ese mismo punto. Esto significa que existe la misma cantidad de corriente en todos los elementos de un circuito en serie, todo el tiempo.

Voltaje. El voltaje total aplicado a un circuito en serie, automáticamente se distribuye a través de las cargas o dispositivos en el circuito. El voltaje, a través de cualquier carga, tendrá el valor necesario para establecer la corriente en el circuito a través de la resistencia de la carga. Esto se denomina también caída de *voltaje*. De acuerdo con la ley de Ohm, la caída de voltaje a través de cualquier carga del circuito es igual al producto de su corriente por su resistencia:

$$E = I \times R$$

(Caída de *voltaje* a través de la carga) = (Corriente a través de la carga) × (Resistencia de la carga)

En un circuito en serie, la suma de las caídas de voltaje a través de las cargas individuales es igual al voltaje total aplicado al circuito. Esto se conoce como la ley de voltaje de Kirchhoff, y su validez puede verificarse aplicando la ley de Ohm como se muestra en la figura 10-2. Si se cambia cualquiera de las resistencias en un circuito en serie, cambiarán todas las caídas de voltaje. Sin embargo, la suma de todas las caídas individuales seguirá siendo igual al voltaje de la fuente.

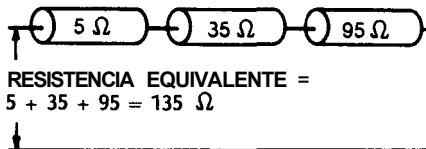


Fig. 10-3. Tres resistores se conectan en serie. La resistencia equivalente del circuito es la suma de las resistencias.

Resistencia. La resistencia total o equivalente de un circuito en serie es igual a la suma de todas las resistencias del circuito (Fig. 10-3). En circuitos con conductores cortos, la resistencia de éstos es generalmente demasiado pequeña en comparación con la resistencia total. Cuando la longitud de los conductores es grande, como en los sistemas de distribución de energía y telefónicos, la resistencia de los conductores es una fracción importante de la resistencia total.

**Divisor de voltaje.** Un circuito en serie divisor de voltaje, o red, se emplea a menudo cuando se necesitan diferentes valores de voltaje partiendo de una sola fuente de energía. Un divisor de voltaje sencillo se muestra en la figura 10-4. En este circuito, se aplica un voltaje de 12 volts a los tres resistores en serie. La resistencia total de estos resistores limita la corriente a través de ellos a 1 ampere. Los voltajes individuales se encuentran de la siguiente manera:

Corriente total 
$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{2 + 4 + 6} = \frac{12}{12} = 1 \text{ ampere}$$

Caída de voltaje a través de CD:  $E = I \times R = 1 \times 6 = 6 \text{ volts}$

Caída de voltaje a través de DE:  $E = I \times R = 1 \times 4 = 4 \text{ volts}$

Caída de voltaje a través de EF:  $E = I \times R = 1 \times 2 = 2 \text{ volts}$   
 Caída de voltaje en CF:  $= \frac{12 \text{ volts}}$

Caída de voltaje a través de CE:  $E = I \times R = 1 \times (6+4) = 1 \times 10 = 10 \text{ volts}$

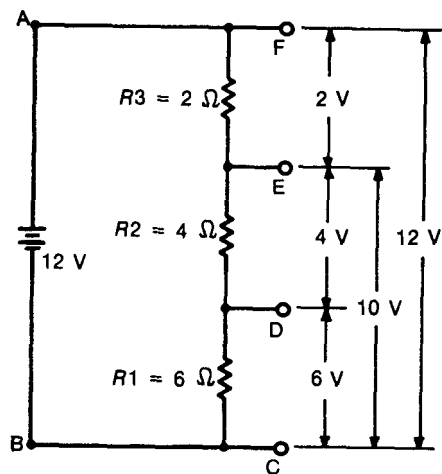


Fig. 10-4. Una red divisora de voltaje.

## CIRCUITO EN PARALELO

En un circuito en paralelo, las cargas se conectan "entre las terminales del tomacorriente"; es decir, entre los dos conductores que conducen a la fuente de energía (Fig. 10-5). Las cargas y sus alambres de conexión se llaman a menudo ramas del circuito. Las conexiones en paralelo reciben también el nombre de conexiones múltiples y conexiones en derivación.

En un circuito en paralelo, las cargas operan en forma independiente. Por lo tanto, si una de las ramas se desconecta o abre, las ramas restantes continuarán operando.

**Voltaje y corriente.** Obsérvese que todas las ramas de un circuito en paralelo tienen el mismo voltaje (Fig. 10-6). La corriente total, sin embargo, se distribuye entre las ramas. La intensidad de corriente en cualquier rama puede encontrarse empleando la fórmula de la ley de Ohm:  $I = E/R$ . Cuanto más baja sea la resistencia, tanto mayor será la corriente. Por esto, mientras todas las cargas en un circuito en paralelo estén al mismo voltaje, podrán o no tener la misma cantidad de co-

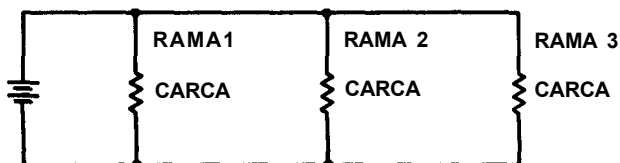
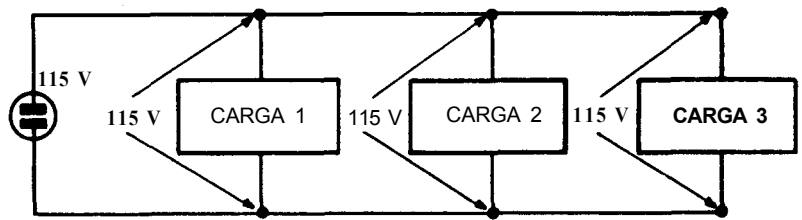


Fig. 10-5 Circuito en paralelo con tres ramas.

**Fig. 10-6.** En un circuito en paralelo, se tiene el mismo voltaje entre todas las ramas.



riente. En un sistema de alambrado residencial, por ejemplo, las lámparas y aparatos pequeños que operan al mismo voltaje requieren valores de corriente diferentes. Esta es la razón por la que se conectan en paralelo (Fig. 10-7).

La corriente total entregada a un circuito en paralelo es igual a la suma de las corrientes de las ramas (Fig. 10-8). Ésta es la razón por la que se quema un fusible en un circuito casero, cuando se conectan demasiadas lámparas o aparatos en sus tomacorrientes. Conforme se añaden lámparas y aparatos al circuito, la corriente que se demanda aumenta, hasta que la corriente total es mayor que la capacidad (amperaje) nominal del fusible o disyuntor. En este caso, se dice que el circuito está sobrecargado; y en consecuencia el fusible se funde o el disyuntor desconecta o abre al circuito de alimentación.

**Resistencia.** Cuantas más ramas se añadan a un circuito en paralelo, más trayectorias habrá para la circulación de la corriente. Por lo tanto, la resistencia total (o equivalente), que determina el flujo de la corriente, disminuye. La resistencia total de un circuito en paralelo siempre es menor que la de la rama que tenga la resistencia más baja (Fig. 10-9).

La resistencia total o equivalente de las cargas conectadas en paralelo puede calcularse usando una de las siguientes fórmulas para la resistencias en paralelo.

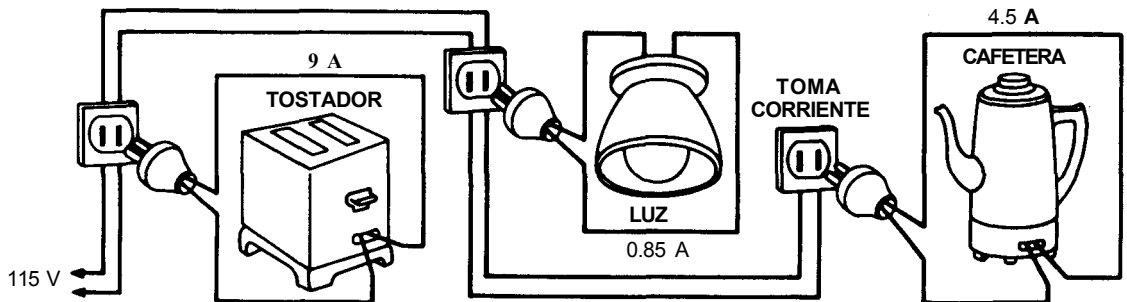
1. Si hay dos resistencias de valor diferente,

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

donde  $R_t$  = resistencia total o equivalente

$R_1$  y  $R_2$  = resistencias en paralelo

**Fig. 10-7.** Los circuitos en paralelo se emplean para la operación de enseres domésticos, lámparas y otros productos.



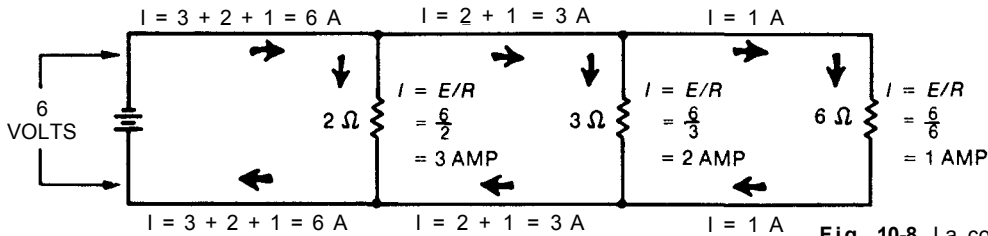


Fig. 10-8. La corriente total en un circuito en paralelo es igual a la suma de las corrientes en las ramas.

2. Si todas las resistencias tienen el mismo valor,

$$R_t = \frac{\text{valor de una resistencia}}{\text{número de resistencias}}$$

3. Si las resistencias no son todas de igual valor,

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

NOTA: Ésta es una fórmula general que puede aplicarse con cualquier tipo de circuito en paralelo, incluyendo el 1 y 2 anteriores.

**Problema 1:** Dos resistores, con resistencias de 20 y 30 ohms, se conectan en paralelo (Fig. 10-10A). Calcule la resistencia total.

**Solución:** La fórmula 1 es la más fácil para este caso.

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_t = \frac{20 \times 30}{20 + 30}$$

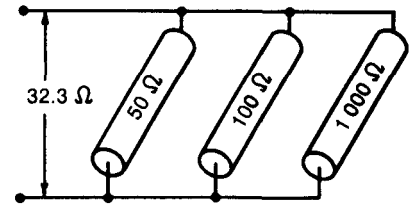
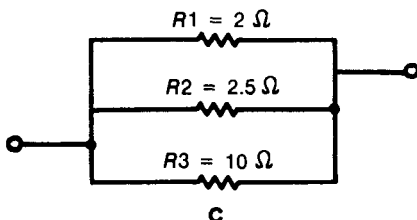
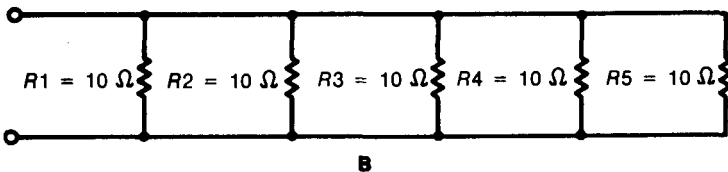
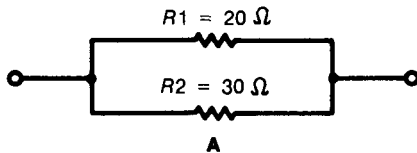


Fig. 10-9. Tres resistores conectados en paralelo. La resistencia equivalente del circuito siempre es menor que la resistencia de cualquiera de sus ramas.

Fig. 10-10. Diagramas que se usan en los problemas de circuitos en paralelo.

$$R_t = \frac{600}{50} = 12 \text{ ohms}$$

Problema 2: Cinco resistores, cada uno con resistencia de 10 ohms, se conectan en paralelo (Fig. 10-10B). Calcule la resistencia total.

Solución:

$$R_t = \frac{\text{valor de una resistencia}}{\text{número de resistencias}}$$

$$R_t = \frac{10}{5} = 2 \text{ ohms}$$

Problema 3: Tres resistores, con resistencias de 2, 2.5 y 10 ohms, se conectan en paralelo (Fig. 10-10C). Calcule la resistencia total.

Solución:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{10}}$$

$$R_t = \frac{1}{0.5 + 0.4 + 0.1}$$

$$R_t = \frac{1}{1} = 1 \text{ ohm}$$

## PILAS Y BATERÍAS EN SERIE Y EN PARALELO

Fuentes de energía como pilas y baterías se conectan con frecuencia en serie y en paralelo. Estas conexiones determinan el voltaje y la corriente totales.

Conexión en serie. Las pilas se conectan en serie para obtener un voltaje mayor al que se obtiene con una sola. Cuando las pilas se conectan en serie, el voltaje total es igual a la suma de los voltajes individuales (Fig. 10-11A). La capacidad para entregar corriente de la combinación es igual a la de la pila de capacidad menor. Las baterías se construyen a partir de varios elementos (o celdas) que por lo general se conectan en serie.

Conexión en paralelo. Las pilas o baterías se conectan en paralelo para obtener mayor capacidad de corriente de la que puede obtenerse con sólo una unidad. Con una conexión en paralelo, el voltaje equivalente de la combinación es igual al voltaje de cada unidad (Fig. 10-11B). La capacidad para

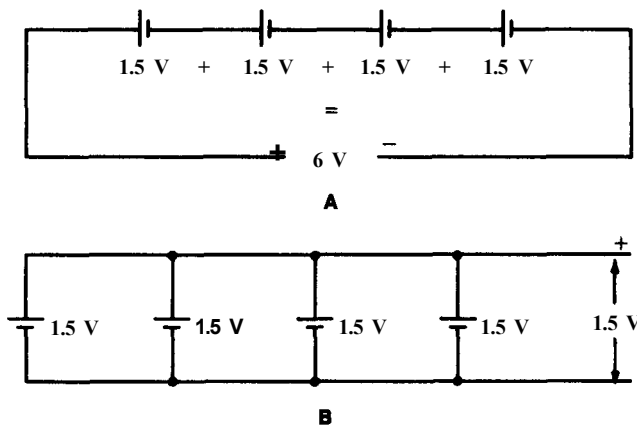


Fig. 10-11. El voltaje total que se obtiene cuando las pilas se conectan en serie y en paralelo: (A) conexión en serie; (B) conexión en paralelo.

entregar corriente de la combinación es igual a la suma de las capacidades de todas las pilas o baterías.

El empleo de una batería de "refuerzo" es un ejemplo interesante y útil de la conexión de baterías en paralelo. La batería de refuerzo se conecta temporalmente a la batería de un automóvil que no puede satisfacer la demanda de corriente necesaria para arrancar un automóvil. El voltaje que se utiliza en el sistema eléctrico automotriz sigue siendo 12 volts. Sin embargo, la batería de refuerzo puede suministrar suficiente corriente extra para activar al motor de arranque y po-

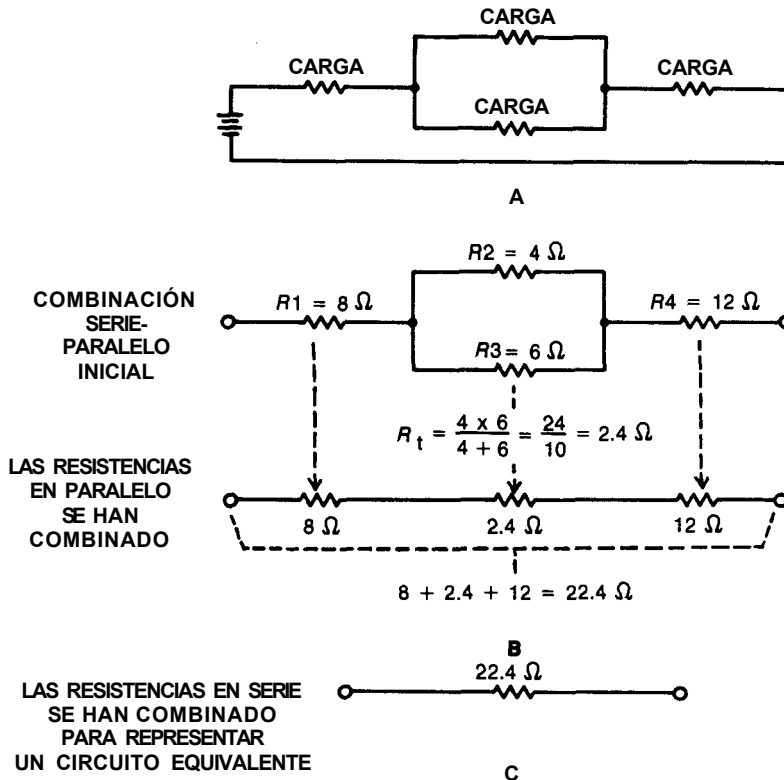


Fig. 10-12. Circuitos en serie-paralelo: (A) circuito básico; (B) pasos que se siguen para encontrar la resistencia equivalente de un circuito en serie-paralelo; (C) circuito equivalente.



ner en marcha la máquina. Las terminales positiva y negativa de la batería de refuerzo se conectan a las terminales positiva y negativa de la batería del automóvil, respectivamente.

## CIRCUITO EN SERIE-PARALELO

Un circuito en serie-paralelo tiene conectadas algunas cargas en serie y algunas en paralelo (Fig. 10-12A). Estas combinaciones se encuentran en muchos circuitos, incluyendo los de receptores de radio y televisión.

Para encontrar la resistencia equivalente de una combinación en serie-paralelo, es útil diseñar una combinación análoga, pero más simple (Fig. 10-12B). Combinando pequeñas partes del circuito y sustituyendo la resistencia equivalente, puede obtenerse un circuito con una sola resistencia igual a la resistencia equivalente del circuito inicial (Fig. 10-12C)

---

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La corriente cesa de fluir en todos los elementos de un circuito en serie si el circuito se \_\_\_\_\_ en algún punto.
2. Hay la misma intensidad de \_\_\_\_\_ en todos los elementos de un circuito en serie.
3. En un circuito en serie, el voltaje \_\_\_\_\_ es igual a la \_\_\_\_\_ de las caídas de voltaje de todas las cargas del circuito.
4. La resistencia equivalente de un circuito en serie es igual a la \_\_\_\_\_ de todas las resistencias del circuito.
5. Una red de resistores en serie que se usa para conseguir voltajes diferentes a partir de una sola fuente de energía recibe el nombre de un \_\_\_\_\_.
6. En un circuito en paralelo, las cargas se conectan a través o entre los dos \_\_\_\_\_ que conducen a la fuente de energía.
7. Todas las ramas de un circuito en paralelo tienen el mismo \_\_\_\_\_.
8. La corriente total en un circuito en paralelo es igual a la \_\_\_\_\_ de las corrientes de las \_\_\_\_\_.
9. La resistencia equivalente de un circuito en paralelo siempre es \_\_\_\_\_ que la de la rama con menor resistencia.
10. La fórmula para encontrar la resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo de igual valor es \_\_\_\_\_.
11. La fórmula para encontrar la resistencia equivalente de dos o más resistencias de igual valor conectadas en paralelo es \_\_\_\_\_.
12. La fórmula general para encontrar la resistencia equivalente de dos o más resistencias, no todas de igual valor y conectadas en paralelo es \_\_\_\_\_.
13. Cuando se conectan pilas en serie, el voltaje total de la combinación es igual a la \_\_\_\_\_ de los voltajes individuales.
14. Las pilas y baterías se conectan en paralelo para conseguir más \_\_\_\_\_ que el que puede obtenerse con una sola pila o batería.
15. Cuando las pilas o baterías con el mismo voltaje se conectan en paralelo, el voltaje total de la combinación es igual al voltaje de \_\_\_\_\_ pila o batería.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué sucede con el valor de la corriente en todos los elementos de un circuito en serie?

2. Establezca las relaciones entre las caídas de voltaje y el voltaje total aplicado en un circuito en serie. Expresé lo anterior con una fórmula.
3. Establezca las relaciones entre la resistencia equivalente y las resistencias individuales de un circuito en serie. Expréselas con una fórmula.
4. Escriba las condiciones de voltaje y corriente en un circuito en paralelo.
5. ¿Cuál es la relación entre la resistencia equivalente y la resistencia menor en un circuito en paralelo?
6. Varias lámparas incandescentes se conectan en serie en un circuito. Repentinamente, todas se apagan. Explique la razón más probable por lo que esto sucede.
7. Varias lámparas incandescentes se conectan en un circuito en paralelo. Cuando una de ellas se funde, el resto continúa funcionando en forma normal. Explique la característica de un circuito en paralelo que hace posible esto.

NOTA: Además de responder las preguntas de la 8 a la 13, dibuje diagramas que muestren los circuitos correspondientes a esas preguntas.

8. Cuatro resistores, con valores de 7, 13, 27 y 96 ohms, se conectan en serie. ¿Cuál es su resistencia equivalente?
9. Tres resistores, con valores de 5, 12 y 28 ohms, se conectan en serie con una batería de 90 volts. ¿Cuál es el valor de la corriente en el circuito?
10. Las cargas A, B y C se conectan en serie. Cada una de las cargas A y B tiene una resistencia de 20 ohms. Cuando el circuito se conecta en un tomacorriente de 115 volts, fluyen 2 amperes a través de él. ¿Cuál es la resistencia de la carga C?
11. Un circuito en paralelo tiene tres ramas. Cada una de las cargas en estas ramas tiene una resistencia de 150 ohms. Calcule la resistencia equivalente.

12. Dos resistores en paralelo tienen valores de 40 y 60 ohms. ¿Cuál es la resistencia equivalente?
13. Tres resistores conectados en paralelo tienen valores de 2, 2.5 y 10 ohms. Calcule la resistencia equivalente.
14. Seis pilas secas de 1.5 volts se conectan en serie para formar la batería de un radio de transistores. ¿Cuál es el voltaje de la batería?
15. Una batería de automóvil de 12 volts tiene seis elementos conectados en serie. ¿Cuál es el voltaje de cada elemento?
16. En la figura 10-13, se muestra un circuito en serie-paralelo. Calcule la resistencia equivalente, la corriente total, la corriente a través de R2 y R3, y la caída de voltaje a través de cada resistor en este circuito.

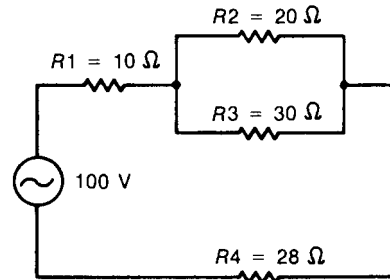


Fig. 10-13. Diagrama para la pregunta 16.

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Obtenga el diagrama esquemático de un circuito de algún dispositivo eléctrico como un radio, un aparato de televisión, una secadora eléctrica de ropa, etc. Identifique las cargas que se muestran en el diagrama. Indique las combinaciones en serie, paralelo y serie-paralelo.

# Unidad 11 Medición de cantidades eléctricas

La electricidad no puede mirarse. No obstante, cantidades eléctricas como voltaje, corriente, resistencia y potencia pueden medirse con instrumentos llamado medidores. En esta unidad, conocerá los tipos más comunes de medidores, los cuales se emplean en el diseño, manufactura, servicio y reparación de todas las clases de productos eléctricos y electrónicos.

## CÓMO TRABAJA UN MEDIDOR

Un medidor común trabaja como un pequeño motor eléctrico. Esta "acción motriz" hace que la aguja indicadora se mueva. Cuánto se mueve, depende de la intensidad de corriente que pase por el circuito del medidor. Aunque la aguja es puesta en movimiento por la corriente, pueden medirse otras variables eléctricas como el voltaje y la resistencia. Sobre la "cara" del medidor puede marcarse para indicar las diferentes cantidades eléctricas. El arreglo de los elementos que causan que la aguja se mueva recibe el nombre de mecanismo indicador. Los medidores más comunes utilizan un dispositivo indicador de imán permanente y bobina móvil (Fig. 11-1). La bobina se devana alrededor de un marco montado entre puntos pivote, de manera que puede girar libremente. La aguja se fija al montaje de la bobina. Un pequeño resorte sostiene a la bobina para que la aguja apunte en el cero de la escala del medidor. Los extremos de la bobina se conectan a las terminales estacionarias del medidor.

Cuando una corriente pasa a través de la bobina, se genera un pequeño electroimán. Los polos del imán permanente re-

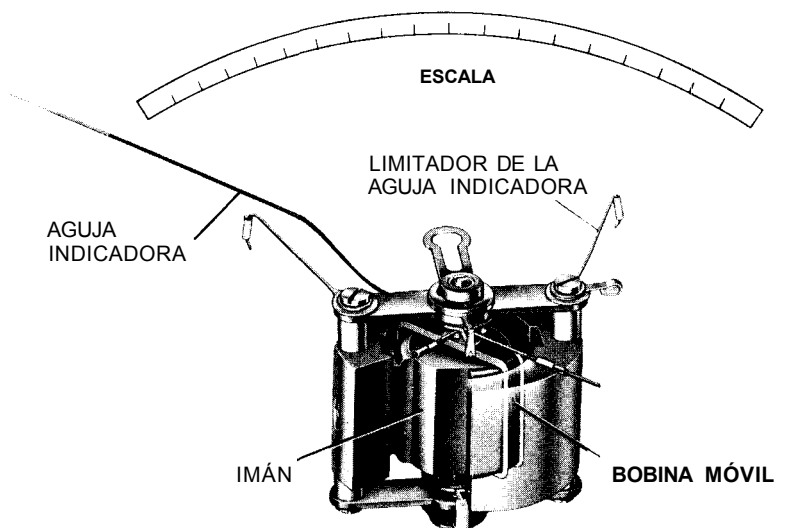


Fig. 11-1. El mecanismo indicador de imán permanente y bobina móvil (Triplett Corporation).

pelen a los polos del electroimán. Puesto que el desplazamiento angular de la bobina y de la aguja dependen de la corriente, se moverá esta última proporcionalmente al valor de la corriente. Desde cero, se mueve hasta una distancia determinada por el valor de la corriente. La intensidad de corriente necesaria para mover la aguja hasta la lectura más alta en la escala del medidor recibe el nombre de corriente de desviación máxima del medidor.

## VÓLTMETROS Y AMPÉRMETROS

El voltaje se mide con un voltmetro. La corriente se mide con un ampermetro. Los microamperímetros miden corrientes de millonésimos de ampere, y los miliamperímetros de milésimos de ampere. Un instrumento llamado galvanómetro mide intensidades de corriente muy pequeñas.

Los voltímetros y los amperímetros pueden construirse como instrumentos individuales. Pueden también ser parte de un instrumento llamado multímetro. Este instrumento utiliza un solo mecanismo indicador, pero diferentes circuitos internos para medir voltaje, corriente y resistencia. Los medidores de tablero son instrumentos de propósito específico y, por lo general, se diseñan para montarse en un tablero de prueba o de instrumentos (Fig. 11-2). Los medidores de tablero miden tanto voltaje continuo como alterno. Los amperímetros de tablero miden corriente continua o corriente alterna.

## ÓHMETROS

La resistencia eléctrica se mide con un óhmetro. El mecanismo indicador de este instrumento es como el del voltmetro y el ampermetro. Un óhmetro puede ser un instrumento individual de un tablero, o parte de un multímetro.

El circuito de un óhmetro requiere una fuente de energía como una pila, una batería, o ambas. Éstas van colocadas dentro de la caja del medidor.

Un megóhmetro se emplea para probar materiales con resistencias muy altas: aislamiento de equipo y baquelita, entre otros. Para medir estas resistencias, el megóhmetro necesita de un alto voltaje. La fuente de energía en el megóhmetro, llamada fuente de poder o de alimentación, proporciona este alto voltaje.

## MUITÍMETRO

El volttohmmiliampermetro (VOM) es el tipo de multímetro más común (Fig. 11-3A). Este instrumento puede utilizarse como un voltmetro, un ampermetro o un óhmetro. Para ello, todo lo que se necesita hacer es colocar el selector en la posi-

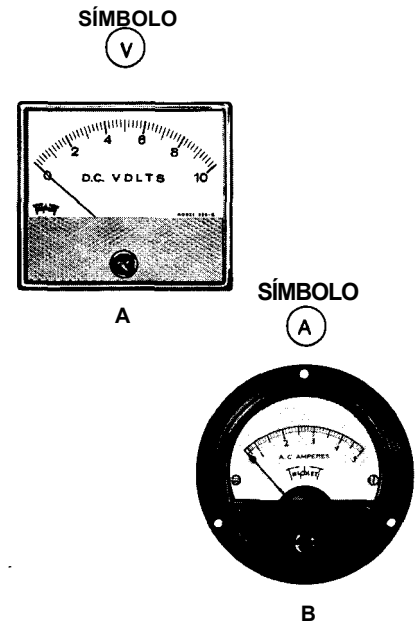
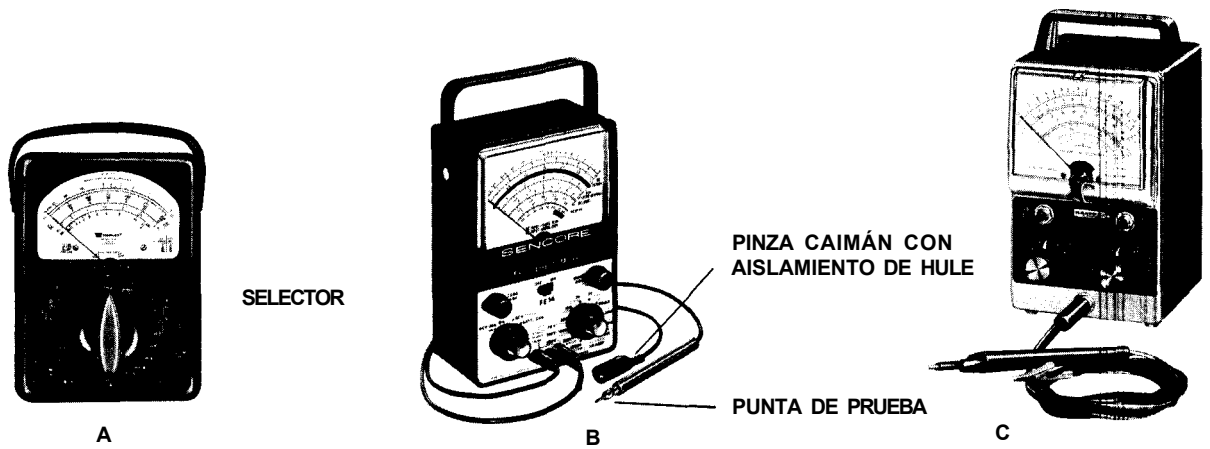


Fig.11-2 Medidores de tablero: (A) voltmetro de cc; (B) ampermetro de cc (Triplett Corporation).



**Fig. 11-3.** Multímetro: (A) voltohmiampérmetero (Triplet Corporation); (B) VOM de efecto de campo (Sencore); (C) vóltmetro de tubo al vacío (VMTV) (Heath Company).

ción correcta. Algunos VOM están equipados con una escala para decibelios (dB). Con ella se mide el nivel de sonido de amplificadores de audio en instalaciones para audiciones públicas.

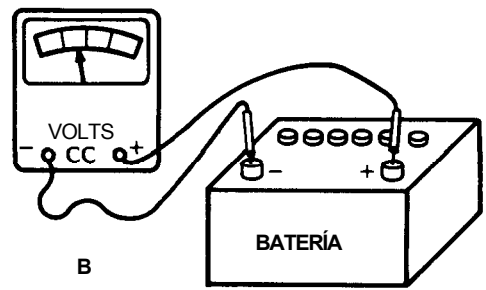
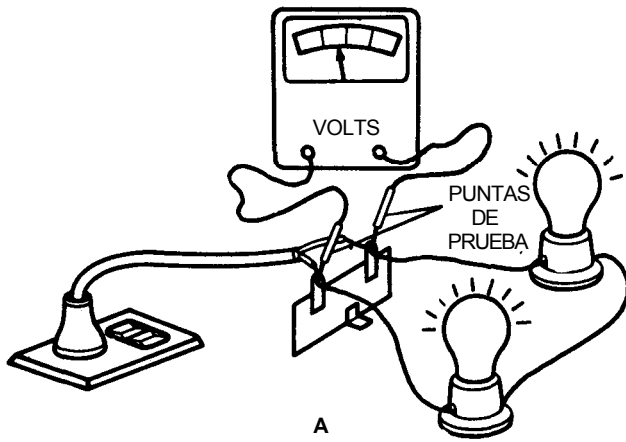
El voltohmiampérmetero de efecto de campo (VOM TEC) tiene uno o más dispositivos llamados transistores de efecto de campo, los cuales originan que el instrumento tenga una impedancia de entrada o resistencia a la corriente muy alta (Fig. 11-3B). Por este motivo, el VOM TEC es capaz de medir voltajes sin perturbar al circuito. Esto es muy importante cuando deben medirse voltajes pequeños con mucha precisión.

El vóltmetro transistorizado (VMTR) y el vóltmetro de tubo al vacío (VMTV) son una combinación de vóltmetros y óhmetros (Fig. 11-3C). Al igual que el VOM TEC, la característica sobresaliente de estos instrumentos es su alta impedancia de entrada.

## EMPLEO SEGURO Y CUIDADOSO DE MEDIDORES

Todos los medidores son instrumentos delicados, Deben usarse con cuidado para evitar que se dañen mecánica o eléctricamente. Se debe escoger un vóltmetro o un ampérmetero con una escala adecuada. Esto quiere decir que el instrumento debe ser capaz de manejar en forma segura el voltaje o corriente más altos que se estén probando. Usted debe aprender siempre cómo operar cualquier medidor, antes de intentar usarlo.

Los vóltmetros y ampérmeteros se conectan en circuitos energizados o en circuitos a los que se aplicará un voltaje. Por lo tanto, es muy importante durante su uso seguir las reglas de seguridad adecuadas. A menudo, los vóltmetros o ampérmeteros se conectan a un circuito con terminales de pinza (clip) o tornillo. Siempre se deben desconectar de la fuente de alimentación, antes de realizar estas conexiones. El circuito puede



conectarse después para efectuar la medida. Debe tenerse también cuidado de no tocar alambres desnudos del circuito, cuando se emplean puntas de prueba para conectar un medidor en un circuito.

Fig. 11-4. Empleo del voltmetro.

## EMPLEO DEL VÓLTMETRO

Un voltmetro se conecta siempre en los dos puntos de un dispositivo o un circuito entre los cuales se medirá el voltaje (Fig. 11-4A). Un voltmetro de cc es un instrumento polarizado. Esto significa que debe conectarse en un circuito con la polaridad correcta; + con + y - con - (Fig. 11-4B). En caso contrario, la aguja indicadora del medidor se desplazará en dirección equivocada. Esto puede dañar el mecanismo de la aguja. Un voltmetro de ca puede conectarse entre dos puntos bajo prueba, sin tomar en consideración la polaridad.

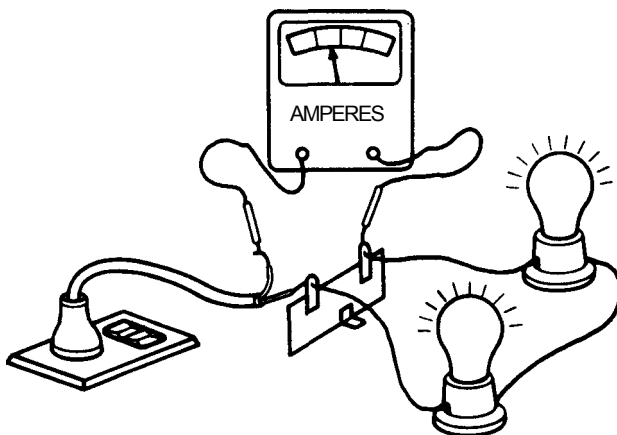


Fig. 11-5. Empleo del ampérmetro

## SÍMBOLO DEL ÓHMETRO



BOTÓN DEL POTENCIÓMETRO  
DE AJUSTE DE CERO

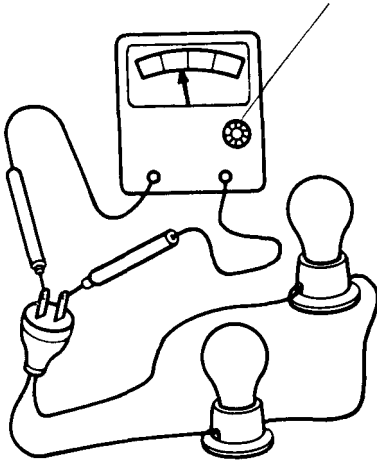


Fig. 11-6. Empleo del óhmetro.

## EMPLEO DEL AMPÉRÍMETRO

El ampérmetro se conecta casi siempre en serie con los conductores y la carga que se prueban (Fig. 11-5). Puede dañarse permanentemente si se conecta directamente entre las terminales de una fuente de energía o en un circuito con demasiada corriente. Un ampérmetro de cc debe conectarse en un circuito con la polaridad correcta. Si la aguja indicadora en un ampérmetro de cc se mueve en dirección equivocada durante la prueba, invierta sus conexiones en los puntos de prueba. Un ampérmetro de ca puede conectarse en un circuito, sin tomar en cuenta la polaridad.

## EMPLEO DEL ÓHMETRO

Un óhmetro se conecta en paralelo con las terminales del dispositivo o circuito que se prueba (Fig. 11-6). Para obtener una medida exacta, el óhmetro debe "ajustarse a cero" antes de usarse. Para ajustar a cero un voltiohmmiliampérmetro, debe unir las puntas de prueba. A continuación gire el botón de ajuste a cero hasta que la aguja quede en el cero de la escala de ohms. Si cambia la escala de ohms en el medidor, tendrá que ajustar a cero otra vez.

Si el óhmetro no puede ajustarse a cero, ello se debe, la mayor parte de las veces, a que está baja la pila o batería del circuito del medidor. Para evitar que se agote la batería de un óhmetro, asegúrese siempre que los extremos de las puntas de prueba no se toquen, excepto cuando el medidor se ajuste a cero. Para prevenir que los contactos se pongan en corto circuito accidentalmente, si es posible apague el medidor. Desconecte las terminales de prueba cuando el óhmetro no se está usando. Cuando emplee este medidor, asegúrese siempre de que no esté aplicando un voltaje al dispositivo o al circuito bajo prueba. El medidor puede dañarse si se conecta en dos puntos en los que esté presente aun un pequeño voltaje.

No tome con los dedos de ambas manos los extremos de las puntas de prueba mientras mide una resistencia. Si lo hace así, el óhmetro medirá la resistencia combinada de su cuerpo y del circuito que se está probando. Tenga mucho cuidado con esto al medir valores altos de resistencia.

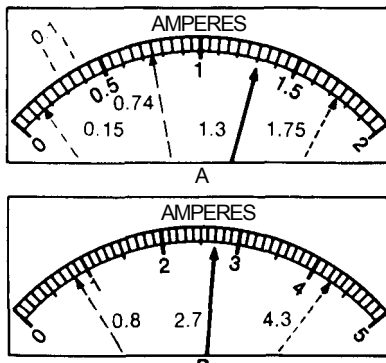


Fig. 11-7. Lectura de las escalas de un medidor de tablero.

## LECTURA DE ESCALAS DE MEDIDORES

No siempre es fácil leer el valor de una cantidad eléctrica por la posición de la aguja en la escala de un medidor. Para leer las escalas de los medidores con rapidez y exactitud, debe conocer cómo están divididas. En muchos circuitos, sucederán pequeños cambios en el voltaje y la corriente que causarán que la aguja se mueva muy poco. La exactitud de las lecturas

en el medidor se logra observando y juzgando con mucho cuidado.

**Escalas de medidores de tableros.** El estudio de las escalas del ampérmetro de tablero, en la figura 11-7, le ayudará a aprender cómo leer todas las escalas de los medidores. Usted notará que la escala de la figura 11-7A tiene cuatro divisiones principales. Los valores de éstas son 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 amperes. Cada división principal, a su vez, se divide en 10 subdivisiones. Por consiguiente, el valor de cada una de estas subdivisiones es igual a  $0.5/10$  o 0.05 amperes.

Si la aguja indicadora está en una posición menor que 0.5, el valor de la corriente es igual a la suma de los valores de las subdivisiones por las cuales la aguja ha pasado al moverse a esa posición. Si la aguja ha pasado una de las primeras tres divisiones principales, el valor de la corriente es igual al valor de esa división principal más la suma de los valores de las subdivisiones a la derecha de la división principal.

Cuando la aguja se detiene entre las dos líneas de una subdivisión, usted debe estimar la última cifra de la lectura de acuerdo con la posición de la aguja dentro de dicha subdivisión.

En la figura 11-7 B, la escala de 0 a 5 amperes se divide en cinco divisiones principales. Cada una de éstas se divide en 10 subdivisiones. Por tanto, el valor de cada subdivisión en esta escala del medidor es igual a  $1/10$  o 0.1 amperes.

**Escalas del voltohmmiliampérometro.** La carátula de un voltohmmiliampérometro tiene una combinación de escalas. Éstas se emplean para medir una amplia gama de valores de voltaje y corriente cc, voltaje y corriente ca, y resistencia y niveles de potencia de salida (Fig. 11-3A). Por esta razón, la escala es más complicada que la de un medidor de tablero.

Aun cuando se usan varios tipos diferentes de voltohmmiliampérometros, todos tienen escalas semejantes y trabajan en forma similar.

Una parte de la escala y del selector de escalas de un voltohmmiliampérometro se muestra en la figura 11-8. Los valores del selector muestran las escalas del medidor.

Si no conoce la magnitud del voltaje que se va a medir, ponga el selector en el valor más alto, en este caso 1 200 volts. Una vez que se obtenga un valor aproximado para el voltaje desconocido, el selector puede ponerse en la posición más cercana a este valor, pero no menor que él. Por ejemplo, si el selector se pone en 1 200 y la aguja se mueve un poco mostrando que el voltaje medido es alrededor de 10 volts, el selector puede ponerse en 12. Efectuando esto, es posible obtener una lectura más precisa del voltaje real; digamos, 10.8 volts. Nótese que, a pesar de que el selector tiene posiciones para 3, 12, 60, 300 y 1 200 volts, la carátula del medidor tiene sólo las escalas de 12, 60 y 300 volts. Si se emplea el selector en la posición de 3 volts, el valor de voltaje que se lee directa-

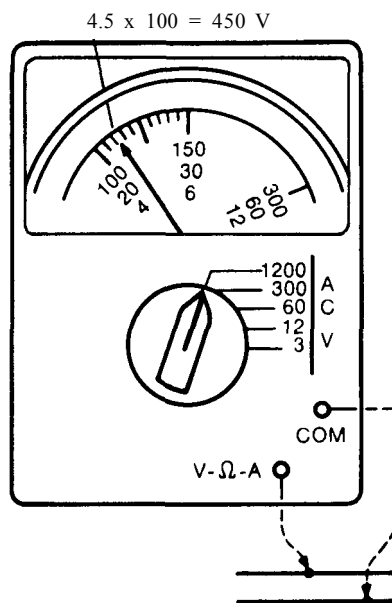


Fig. 11-8. Lectura de la escala de un VOM de cc. La posición del selector muestra la correspondiente a la desviación máxima.



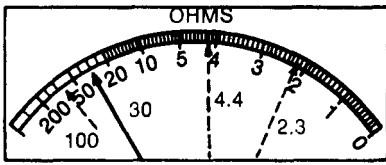


Fig. 11-9. Lectura de la escala de ohms en un VOM.

mente en la escala de 300 debe dividirse entre 100. Con el selector colocado en la posición de 3 volts y la aguja indicando 153 en la escala de 300 volts, el voltaje real que se mide es  $153/100$ , o 1.53 volts. En forma similar, con el selector en la posición de 1 200 volts, el voltaje mostrado en la escala de 12 volts debe multiplicarse por 100 para obtener el voltaje real. Recuerde que siempre puede obtener una lectura en una posición más alta del selector, para cualquier voltaje menor que este valor. Las posiciones más bajas se usan sólo para obtener lecturas más precisas. Nunca debe poner el selector en valores menores al voltaje real. Si esto pasa, la aguja podría dañarse al girar más allá de la desviación máxima. La bobina del mecanismo indicador también podría quemarse.

### Medición de resistencias con el voltohmmilampémetro.

La escala de ohms o resistencia de un VOM común se lee de derecha a izquierda (Fig. 11-9). Las principales divisiones de esta escala no se dividen de igual manera. Se dice que la escala de un medidor de este tipo es no lineal. Si bien esto puede ser un poco confuso al principio, usted encontrará que esta escala es frecuente y fácil de leer.

La figura 11-10 muestra cómo se emplea un tipo de VOM para medir la resistencia. El selector de escala de ohms del instrumento se coloca en la posición  $\times 1\ 000$ . Esto significa que la lectura en escala de resistencia debe multiplicarse por 1 000. En la figura 11-10, la lectura del medidor es de 14 000 ohms ( $14 \times 1\ 000$ ). Si el selector de escala estuviera en cualquier otra posición, la lectura de la escala debería multiplicarse por el número de esa posición.

El extremo izquierdo de la escala de ohms de un VOM puede marcarse con el símbolo infinito ( $\infty$ ). Esto quiere decir que si la aguja está en esta posición cuando el selector de escala está en la escala de ohms más alta, la resistencia que se está probando es tan alta que no puede medirse con el instrumento.

### PRUEBA DE CONTINUIDAD

Además de medir resistencias, el óhmetro se emplea para efectuar pruebas de continuidad. Éstas muestran, en todo caso, si existe una trayectoria continua para los electrones de un punto de prueba a otro. Las pruebas de continuidad son muy útiles para inspeccionar conductores ocultos de bobinas y otros dispositivos en los cuales no puede verse la trayectoria completa. Las pruebas de continuidad son de uso común en la inspección de interruptores, transformadores y relevadores.

Cuando se efectúa una prueba de continuidad, el óhmetro (o el VOM) suele ajustarse primero en la escala de ohms  $R \times 1$ . Luego se conecta a las terminales del dispositivo o en los puntos del circuito que se está probando. Si la aguja indicadora no se mueve del extremo de más alta resistencia de la

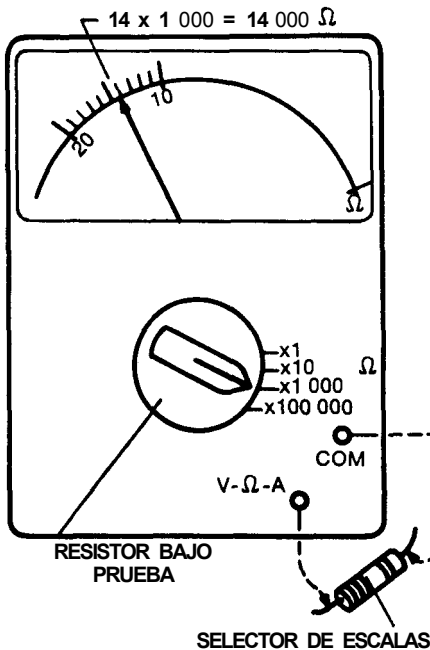
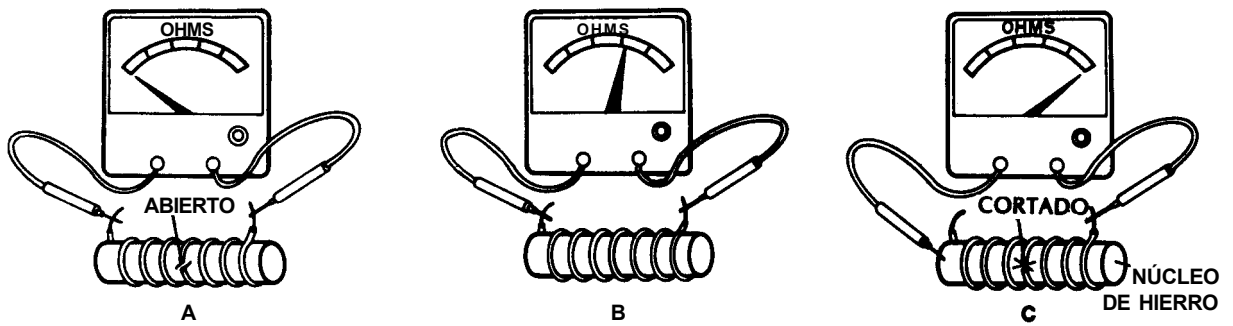


Fig. 11-10. El selector del VOM indica el multiplicador que debe usarse al medir la resistencia.



escala de ohms a ningún valor de la escala, un conductor del dispositivo o del circuito que se prueba está roto o abierto (Fig. 11-11A).

Si sucede lo contrario y la aguja indicadora del óhmetro se mueve a una posición que indica alguna resistencia, existe continuidad entre las terminales (Fig. 11-11B). El valor de resistencia estará determinado por las características del dispositivo o del circuito que se está probando. Cuando la resistencia es muy baja, lo cual se muestra cuando la aguja indicadora queda muy cerca del cero en la escala de resistencia, se dice que existe continuidad directa entre los puntos bajo prueba.

Una prueba de continuidad es muy útil también al inspeccionar "cortos" o "tierras". En la prueba que se muestra en la figura 11-11C, existe continuidad directa entre el núcleo y la terminal de la bobina devanada con alambre aislado. En este caso, el aislamiento del alambre viene a ser defectuoso en algún punto. Existe un corto entre el alambre y el núcleo. Puesto que esta condición podría ser peligrosa o causar que el circuito trabaje en forma inadecuada, la bobina debe reemplazarse.

Fig. 11-11. Realización de una prueba de continuidad con un óhmetro.

## VOLTOHMMILIAMPÉRMETRO DIGITAL

El volttohmmiliampérmetro digital (VOMD) tiene circuitos que dan una lectura numérica de los valores de voltaje, corriente y resistencia que se están probando (Fig. 11-12). Este instrumento elimina la necesidad de determinar la posición de una aguja indicadora. Reduce también los errores debidos al paralaje, es decir, aquéllos causados al observar la aguja en forma inclinada y no de frente.

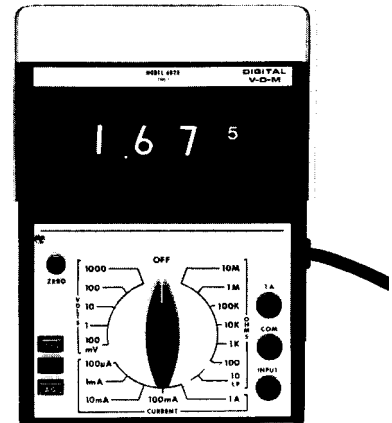


Fig. 11-12. VOM digital (Triplett Corporation).

## MEDIDOR DE PINZA

La mayor parte de los medidores deben conectarse directamente en un circuito para obtener una lectura. El medidor de pinza evita la necesidad de conectarlo directamente. Los me-



Fig. 11-13. Empleo de un medidor de pinza para medir la corriente de un motor (Columbia Electric Manufacturing Company).

didores de pinza se emplean generalmente para medir corriente y voltaje alternos. Para medir la corriente, se abren las mandíbulas del medidor y se cierran, dejando entre ellas al conductor del circuito que se está probando (Fig. 11-13). En esta forma, es fácil medir corrientes en alambres que no pueden desconectarse rápidamente de sus terminales.

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

**6. Medición de voltaje y corriente.** El voltaje se mide con un voltmetro y la corriente con un ampermetro. Los siguientes procedimientos le ayudarán a adquirir experiencia práctica en el empleo de los voltmetros y ampermetros de cc y ca.

### MATERIALES NECESARIOS

*tablero de circuitos, preperforado, 8 x 10 pulg (203 x 254 mm)*  
*2 lámparas" piloto, no. 40*  
*2 lámparas piloto, no. 46*  
*2 lámparas incandescentes, 60 watts*  
*2 lámparas incandescentes, 100 watts*  
*4 portalámparas miniatura con casquillo de rosca*  
*4 portalámparas puente, base estándar*  
*1 clavija*  
*5 pies (1.52 m) cable dúplex, no. 18 AWG (1.00 mm)*  
*8 tornillos para metales de cabeza redonda, no. 6-32 x 5/8 pulg (M3.5 x 0.6 x 16 mm)*  
*8 tuercas hexagonales, no. 6-32 (M3.5)*  
*voJtohhmiliampérrnetro*  
*2 ampérmetros de tablero, ca, 0-1 y 0-2 amperes*  
*fuelle de alimentación o batería de 6 volts cc.*

### Procedimiento A (Medida de voltaje y corriente ca)



**PRECAUCIÓN:** Los siguientes procedimientos implican trabajar con circuitos energizados en los cuales se aplican altos voltajes muy peligrosos. Tenga mucho cuidado para evitar un shock o quemaduras. Asegúrese de que un circuito no esté conectado a la línea de alimentación, antes de realizar o de cambiar cualquier conexión. Evite que sus dedos toquen los extremos desnudos de las puntas de prueba mientras efectúa cualquier medida.

1. Conecte el circuito mostrado en la figura 11-14A. Asegúrese de estar parado en un tapete aislado y seco. En una hoja de papel, dibuje una tabla como la de la figura.

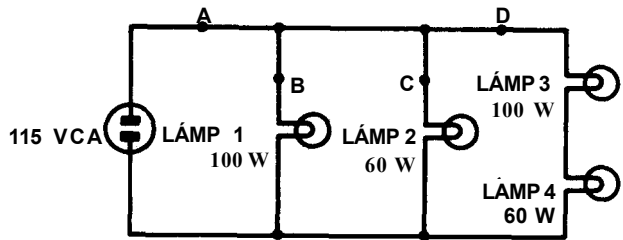


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA EL PROCEDIMIENTO A

A

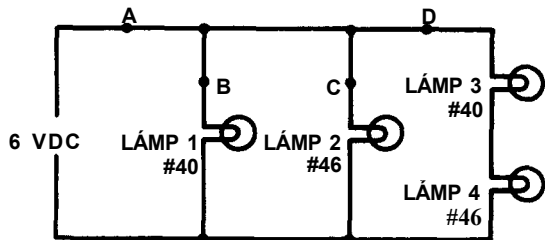


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA EL PROCEDIMIENTO B

B

Tabla para el procedimiento A

Unípara	Voltaje en la lámpara	Punto	Corriente
1		A	
2		B	
3		C	
4		D	

Tabla para el procedimiento B

Lámpara	Voltaje en la lámpara	Punto	Corriente
1		A	
2		B	
3		C	
4		D	

- Conecte el circuito en una toma de corriente de 115 volts. Tenga cuidado de no entrar en contacto con ninguna parte del circuito sin aislamiento. Nunca coloque ambas manos en el circuito.
- Mida el voltaje entre las terminales de cada lámpara. Registre estos voltajes en la tabla.
- Explique por qué las lámparas 3 y 4 no generan la intensidad normal de luz.
- Desconecte el circuito y conecte en él un amperímetro en el punto A. Conecte el circuito. Lea el valor de la corriente en el punto A. Registre éste en la tabla.
- Repita el paso 5 en los puntos B, C y D del circuito. Siempre desconecte primero al circuito.

Fig. 11-14. Diagramas esquemáticos para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 6, "Medición del voltaje y corriente".

#### Procedimiento B (Medición de voltaje y corriente de cc)

- Conecte el circuito que se muestra en la figura 11-14B. En una hoja de papel, dibuje la tabla que se muestra.
- Mida el voltaje entre las terminales de cada lámpara. Registre estos voltajes en la tabla.
- Conecte un amperímetro en el circuito en el punto A. Lea el valor de la corriente en este punto. Regístrelo en la tabla.
- Repita el paso 3 en los puntos B, C y D del circuito.

Tabla 11-1. Tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 7, "Verificación de los valores de resistencia con un óhmetro".

(1) Resistor	(2) Código de colores	(3) Resistencia	(4) Tolerancia %	(5) Intervalo de tolerancia ohms	(6) Resistencia medida
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

7. Verificación de los **valores de resistencia con un óhmetro**. Un código de color se emplea con los resistores de carbón y peliculares. El siguiente procedimiento le proporcionará práctica en la verificación de este código y en el empleo de un óhmetro. Vea el ejercicio de aprendizaje práctico No. 4, "Empleo del código de colores para resistores", en la unidad 8.

#### MATERIALES NECESARIOS

*10 resistores de carbón o peliculares de diferente código de color  
voltohmmiliampémetro*

#### Procedimiento

1. En una hoja de papel, dibuje la tabla 11-1. Escriba el código de color de cada resistor en el espacio adecuado de la tabla
2. Escriba la resistencia y el porcentaje de tolerancia de cada resistor, según lo indica su código de color, en las columnas 3 y 4 de la tabla.
3. Calcule el intervalo de tolerancia en ohms para cada resistor. Regístrelo en la tabla. Por ejemplo, un resistor de 100 ohms con una tolerancia del 10% puede tener una resistencia real 10% mayor o menor a 100 ohms:

$$10\% \text{ de } 100 = 10 \text{ ohms}$$

Por lo tanto, el intervalo permisible va de  $(100 - 10) = 90$  ohms a  $(100 + 10) = 110$  ohms. Este intervalo se escribe como 90-110.

4. Mida y registre la resistencia real de cada resistor, empleando el VOM.
5. Determine en todo caso si el valor real de la resistencia real de cada resistor queda incluido dentro de su intervalo de tolerancia.

**8. Verificación de la ley de Ohm.** Si bien la ley de Ohm establece las relaciones exactas entre voltaje, corriente y resistencia, es más significativa cuando usted ve estas relaciones en un circuito.

#### MATERIALES NECESARIOS

- tablero de circuitos, preperforado, 6 x 8 pulg (152 x 203 mm)
- 3 resistores de carbón o peliculares: 10 ohms, 20 ohms y 30 ohms, 1 watt,  $\pm 5\%$  de tolerancia.
- 2 pilas secas no. 6 o una fuente de alimentación cc de bajo voltaje con una corriente nominal de al menos 0.5 amperes
- múltímetro (voltohmmiampérometro)

#### Procedimiento

1. En una hoja de papel, dibuje una tabla como la de la figura 11-15. Mediante la ley de Ohm, calcule la corriente en cada uno de los circuitos, cuyos valores se dan en la tabla. Registre el resultado para cada circuito en la columna "Corriente calculada" de la tabla.
2. Conecte el circuito 1. Asegúrese de observar la polaridad del ampérometro. El voltohmmiliampérometro debe ajustarse primero a una escala de al menos 400 miliamperes (mA). Después, pueden utilizarse escalas menores según el valor de la corriente.

Tabla para los valores en el diagrama esquemático

Circuito	E	R	Corriente calculada	Corriente medida
1	1.5 V	10		
2	1.5 V	20		
3	1.5 V	30		
4	3 V	10		
5	3 V	20		
6	3 V	30		

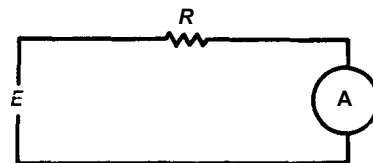
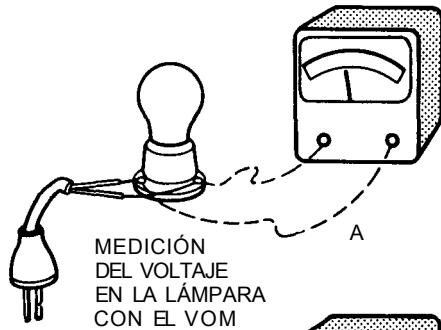
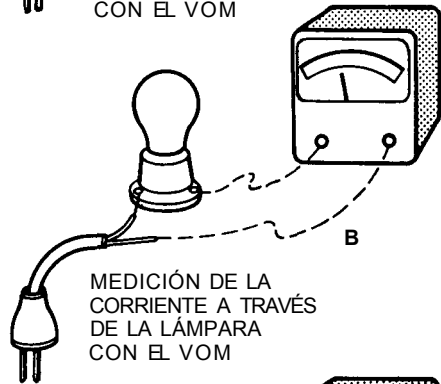


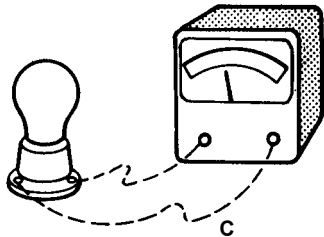
Fig. 11-15. Diagrama esquemático y tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 8, "Verificación de la ley de Ohm".



MEDICIÓN DEL VOLTAJE EN LA LÁMPARA CON EL VOM



MEDICIÓN DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DE LA LÁMPARA CON EL VOM



MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA LÁMPARA CON EL VOM.

Fig. 11-16. Diagramas y tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 9, "Experiencias adicionales con la ley de Ohm y las fórmulas de potencia".

3. Registre en la tabla la corriente medida en el circuito.
4. Conecte el resto de los circuitos para cada combinación de E y R de la tabla. Registre la corriente medida en cada uno.
5. Compare las corrientes medida y calculada para cada circuito. ¿Qué podría explicar las diferencias entre los dos valores?
6. Con un voltaje aplicado, ya sea de 1.5 o 3 volts, ¿qué efecto tuvo en la corriente del circuito duplicar la resistencia? ¿Se satisface la ley de Ohm?
7. Con cualquiera de los resistores dados en el circuito (10, 20 o 30 ohms), ¿qué efecto tuvo en la corriente aumentar el voltaje aplicado de 1.5 a 3 volts? ¿Explica esto la ley de Ohm?

9. Experiencias adicionales con la ley de Ohm y las fórmulas de potencia. El siguiente procedimiento proporciona experiencia práctica para medir cantidades eléctricas y efectuar cálculos en los que se aplican la ley de Ohm y las fórmulas de potencia. También se demostrará con este ejercicio la dependencia de la resistencia de un conductor metálico (tungsteno) con cambios de temperatura.

MATERIALES NECESARIOS

- 3 lámparas incandescentes, base estándar, 40, 60 y 100 watts
- 1 portalámpara puente, cosquillo de rosca medio
- 3 pies (1m) de cordón eléctrico de derivación, no. 18 AWG (1.00 mm)
- voltohmamperímetro
- amperímetro, cc, 0-1 amperes



**PRECAUCIÓN:** Los siguientes procedimientos implican trabajar con circuitos energizados en los cuales se aplican altos voltajes muy peligrosos. Sea bastante cuidadoso para evitar un shock o quemaduras. Asegúrese de que el circuito no esté conectado a la línea de alimentación, antes de realizar o cambiar cualquier conexión. Evite que sus dedos entren en contacto con los extremos desnudos de las puntas de prueba mientras se efectúa cualquier medida.

Lámpara (watts)	Voltaje en la lámpara (volts)	Corriente calculada (amperes)	Corriente medida (amperes)	Potencia calculada (watts)	Medida de resistencia en frío (ohms)	Resistencia calculada en caliente (ohms)
40						
60						
100						

## Procedimiento

1. En una hoja de papel, dibuje una tabla como la que se muestra en la figura 11-16. Emplee esta tabla para registrar los resultados de todas las medidas y cálculos.
2. Alambre el circuito de la lámpara, empleando la lámpara de 40 watts y conectándola en la toma de corriente (Fig. 11-16A). Tenga cuidado de no tocar ninguna parte del circuito sin aislamiento. Recuerde también que la lámpara estará muy caliente y puede causarle una molesta quemadura si la toca.
3. Mida el voltaje (E) en la lámpara.
4. Calcule la corriente de operación de la lámpara empleando la fórmula de potencia adecuada.
5. Mida la corriente de la lámpara (Fig. 11-16B).
6. Repita los procedimientos 3, 4 y 5 con las lámparas de 60 y 100 watts.
7. Calcule la potencia empleada por la lámpara de 40 watts a partir de la fórmula de potencia, empleando los valores de E e I medidos. Dé las razones por las cuales la potencia nominal de operación puede ser algo diferente de la de los 40 watts nominales impresos en la lámpara.
8. Mida la resistencia del filamento de la lámpara fuera del circuito y registre su valor en la tabla como la resistencia en frío.
9. Calcule la resistencia del filamento caliente o de operación de la lámpara, empleando la fórmula de potencia adecuada. ¿Cuál es la resistencia más alta, en caliente o en frío? Explique la razón de esto.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El voltaje se mide con un \_\_\_\_\_. La corriente se mide con un \_\_\_\_\_.
2. Un \_\_\_\_\_ mide intensidades de corriente muy pequeñas.
3. Un \_\_\_\_\_ es una combinación de voltmetro, amperímetro y óhmetro.
4. Un voltmetro se conecta siempre entre las dos \_\_\_\_\_ de un circuito a través de las que se medirá el voltaje.
5. Los voltmetros y amperímetros de cc son instrumentos \_\_\_\_\_ que deben conectarse en un circuito con la \_\_\_\_\_ correcta.
6. El amperímetro se conecta en \_\_\_\_\_ con uno de los conductores del circuito que se está probando.
7. Un voltmetro o amperímetro de ca puede conectarse en un circuito, sin tomar en cuenta la \_\_\_\_\_.
8. La resistencia eléctrica se mide con un \_\_\_\_.
9. Si un óhmetro no puede ajustarse a cero, esto se debe a que a menudo la \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_ del circuito del medidor está baja.
10. Un óhmetro puede dañarse seriamente si está conectado en dos puntos entre los cuales exista un \_\_\_\_\_ aun bajo.
11. Una prueba de \_\_\_\_\_ se efectúa para determinar si existe una trayectoria continua para los electrones entre dos puntos de un circuito o de un dispositivo.



## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Mencione los instrumentos con los cuales se mide corriente y voltaje.
2. ¿Qué es el multímetro?
3. ¿Cuál es la ventaja de emplear un VOM TEC o un voltmetro de tubo vacío en lugar de un VOM ordinario?
4. Dibuje un diagrama que muestre cómo se conecta un voltmetro en los puntos de un circuito que se está probando.
5. Dibuje un diagrama que muestre cómo se conecta un amperímetro en un circuito.
6. Dé una explicación general de cómo se leen las escalas de los medidores.
7. ¿Qué condición a menudo hace imposible ajustar a cero un óhmetro?
8. Describa brevemente cómo se emplea un óhmetro para medir la resistencia de un dispositivo o de un circuito.
9. ¿Qué instrumento se emplea para efectuar

una prueba de continuidad? ¿Para qué se realiza esta prueba?

10. ¿Qué es un VOM digital?
11. Describa un medidor de pinza.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Dé una demostración de cómo se emplea un óhmetro para medir la resistencia y efectuar pruebas de continuidad. Explique a su clase cómo puede emplearse una prueba de continuidad para determinar el estado de dispositivos como interruptores, lámparas incandescentes y bobinas.
2. Dé una demostración de cómo se prueban resistores fijos y un potenciómetro con un óhmetro.
3. Describa un voltohmmiliampérmetro común. Muestre cómo se emplea para medir corriente y voltaje en un circuito.

# Unidad 12 Capacitancia y capacitores

---

La capacitancia es la capacidad de un circuito o un dispositivo para "almacenar" energía eléctrica. Aunque casi todos los circuitos de corriente alterna tienen capacitancia, ésta puede o no ser conveniente. En circuitos donde se necesita un valor específico de capacitancia, puede usarse un dispositivo que recibe el nombre de capacitor (Fig. 12-1). La estructura fundamental de un capacitor consta de dos conductores, denominados placas, separados por un material aislante llamado dieléctrico.

Los capacitores son uno de los componentes más comunes de los circuitos eléctricos y cumplen varias funciones diferentes en un circuito. Puesto que no proporcionan una trayectoria de conducción para los electrones, se emplean para bloquear una corriente continua; sin embargo, una corriente alterna puede fluir a través del circuito. Los capacitores se emplean con resistores e inductores para filtrar o suavizar (allanar) una corriente continua variable. Los capacitores, conjuntamente con los resistores, forman parte de circuitos cronizadores o temporizadores que a su vez controlan otros circuitos. En los radorreceptores y televisores, los capacitores se emplean con inductores para constituir circuitos de sintonización. Estos son los que nos permiten seleccionar las estaciones de radio que deseamos escuchar. Los capacitores son también componentes muy importantes de los circuitos osci-

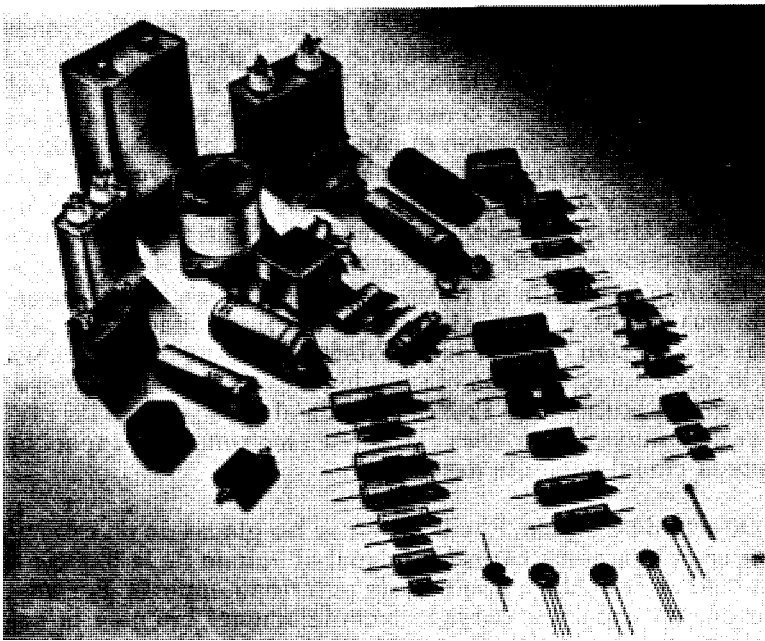


Fig. 12-1. Los capacitores se fabrican en muchos tamaños y formas diferentes (Cornell-Dubilier Electric Corporation).

ladores, los cuales producen voltajes alternos de alta frecuencia.

## FUNCIONAMIENTO DE UN CAPACITOR

El funcionamiento de un capacitor simple se muestra en la figura 12-2. Cuando las placas se conectan a una batería, los electrones de la placa conectada a la terminal positiva de la batería se mueven hacia ésta. Esto provoca que la placa quede cargada positivamente. Al mismo tiempo, la terminal negativa de la batería repele un número igual de electrones hacia la otra placa, la cual queda cargada negativamente. En esta forma se produce un voltaje entre las placas (Fig. 12-2A).

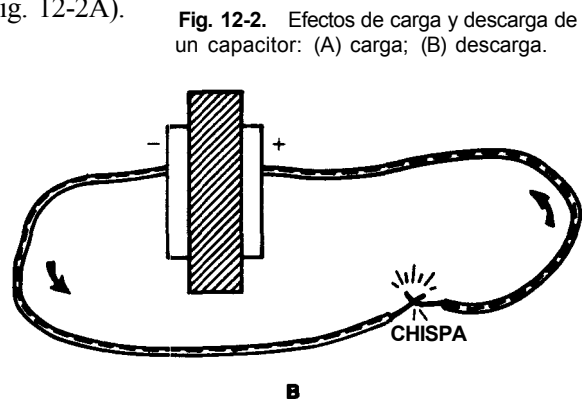
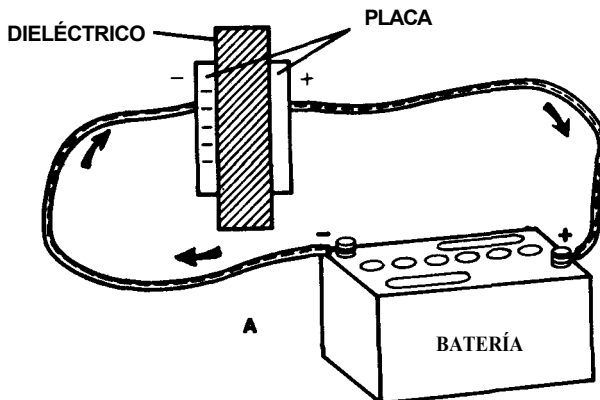


Fig. 12-2. Efectos de carga y descarga de un capacitor: (A) carga; (B) descarga.

Debido al dieléctrico que separa a las placas, los electrones no pueden moverse directamente de una placa a la otra. Los electrones sólo se han llevado de una placa a la otra, por medio del circuito que las conecta. Este flujo de electrones en los conductores que conectan el capacitor a la batería, continúa hasta que el voltaje entre las placas es igual al voltaje de la batería. Cuando esto sucede, el capacitor está cargado completamente. Un campo electrostático existe entre las placas de un capacitor cargado, y en ese campo se almacena energía.

Cuando la batería se retira del circuito, las placas conservan sus cargas, y el voltaje permanece entre ellas. Si las placas se conectan entre sí se establecerá un flujo de electrones a lo largo del circuito en el sentido opuesto: de la placa negativa a la positiva (Fig. 12-2B). Cuando el voltaje entre las placas disminuye a cero, cesa el flujo de electrones y el capacitor queda completamente descargado.

**Efecto de bloqueo.** El voltaje entre las placas de un capacitor completamente cargado es igual al voltaje de la batería a la cual se conecta y, además, de polaridad opuesta. Por esta razón, un capacitor cargado completamente bloquea la corriente en un circuito (Fig. 12-3). El efecto de bloqueo del capacitor se emplea en muchos circuitos electrónicos.

**Funcionamiento en un circuito de corriente alterna.** Cuando un capacitor se conecta a una fuente de voltaje alterno, la polaridad del voltaje aplicado cambia cada semiciclo. Como resultado, el capacitor alternativamente se carga, descarga y recarga, y cada semiciclo tiene polaridad opuesta (Fig. 12-4). No obstante, no existe flujo de corriente a través del dieléctrico que separa las placas.

**Reactancia capacitiva.** Un capacitor permite que fluya corriente alterna en un circuito, pero se opone a ella. La oposición de un capacitor al flujo de la corriente alterna se denomina *reactancia capacitiva*. El símbolo para la reactancia capacitiva es  $X_c$  y su unidad de medida es el ohm. La fórmula para calcular la reactancia capacitiva es:

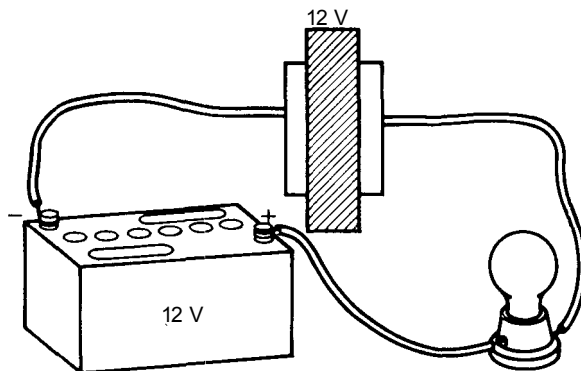


Fig. 12-3. El voltaje en un capacitor cargado completamente es igual en valor y polaridad al voltaje aplicado. Por consiguiente, ninguna corriente fluirá en el circuito.

$$X_c = \frac{1}{2 \pi FC}$$

donde  $X_c$  = reactancia capacitiva en ohms  
 $F$  = frecuencia en hertz  
 $C$  = capacitancia en farads

La reactancia capacitiva es inversamente proporcional tanto a la frecuencia como a la capacitancia. Esto quiere decir que cuando se aumenta la capacitancia de un circuito, la reactancia capacitiva disminuye. La reactancia capacitiva disminuye también cuando aumenta la frecuencia de la corriente en un circuito. Estas relaciones son muy importantes en los circuitos de sintonía, en los cuales los capacitores determinan la frecuencia a la que operan los circuitos.

Impedancia. La oposición total a la corriente en un circuito, que incluye una combinación de resistencia y reactancia capacitiva, recibe el nombre de impedancia. Ésta se mide también en ohms y su símbolo literal es  $Z$ . Otro componente de impedancia, llamado *reactancia* inductiva, se estudia en la unidad 15.

## CAPACITANCIA

La capacitancia de un capacitor —su capacidad para almacenar energía eléctrica— depende en gran medida de tres factores: 1) del área de sus placas: cuanto más grande sea el área, mayor será la capacitancia; 2) del espacio o distancia entre las placas: cuanto más cercanas estén las placas, mayor será la capacitancia; 3) del material dieléctrico. El capacitor almacena energía en la forma de un campo electrostático dentro de su dieléctrico. Materiales diferentes tienen capacidades diferentes para mantener un campo electrostático y, por consiguiente, para almacenar energía eléctrica. Este último factor se conoce como constante dieléctrica. El aire, el mylar, la mica, las películas de óxido y ciertos materiales cerámicos son dieléctricos representativos. Otros materiales dieléctricos de los capacitores son el papel, el vidrio y el poliestireno.

## UNIDAD DE CAPACITANCIA

La unidad fundamental de capacitancia es el farad, F. Recibe este nombre en honor a Michael Faraday, científico inglés que vivió de 1791 a 1867. Un capacitor tiene una capacitancia de un farad, cuando un voltaje aplicado que cambia a razón de un volt por segundo produce una corriente de un amperé en el circuito del capacitor.

Casi siempre la capacitancia de los capacitores se expresa en microfarads ( $\mu F$ ) o en picofarads (pF). Un microfarad es

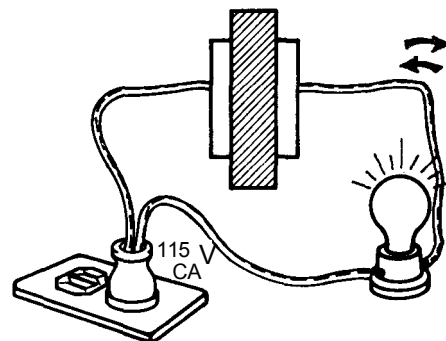
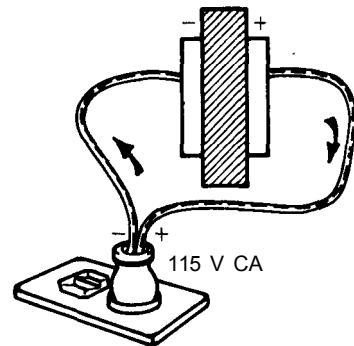
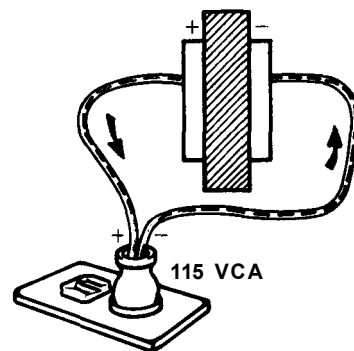


Fig. 12-4. Funcionamiento de un capacitor en un circuito ca.

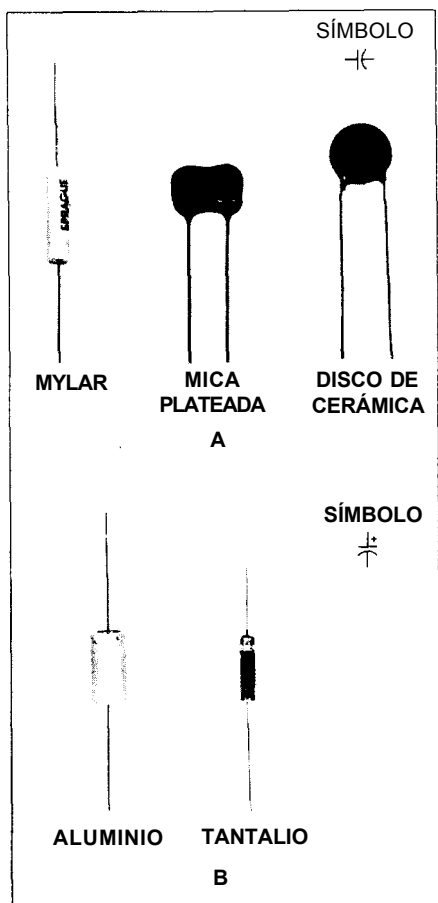


Fig. 12-5. Capacitores fijos: (A) no electrolíticos; (B) electrolíticos (Sprague Electric Company)

igual a un millonésimo de un farad. Un picofarad es igual a un millonésimo de un microfarad o un billonésimo de un farad. El prefijo pico equivale a 1/1 000 000 000 000 (un billonésimo).

## TIPOS DE CAPACITORES

Los capacitores se producen en diferentes formas. Se dividen en dos clases generales: capacitores *fijos* y *capacitores variables*. Los capacitores fijos tienen un solo valor específico de capacitancia. Pueden ser electrolíticos o no electrolíticos (Fig. 12-5). Esto se relaciona con la estructura del dieléctrico.

Los capacitores con una capacitancia no mayor a un microfarad son generalmente no electrolíticos. La capacitancia de los capacitores electrolíticos casi siempre va de un microfarad hasta cientos de miles de microfarads. Los valores de capacitancia y voltaje de trabajo se imprimen la mayoría de las veces en el cuerpo del capacitor, o se muestran por medio de un código de colores.

**Voltaje de trabajo.** Además de la capacitancia, en los capacitores fijos se especifican también en términos de su voltaje de trabajo (VTCC), el cual se da en volts. Éste es el valor máximo de voltaje continuo que puede aplicarse en forma segura a un capacitor. Si se aplica un voltaje mayor, el dieléctrico se rompe y empieza a conducir corriente. Cuando esto sucede en un capacitor no electrolítico, se dice que el capacitor tiene *fugas*. En este caso, debe reemplazarse.

**Capacitores de mylar.** Un capacitor de mylar se construye con placas de hojas metálicas delgadas y un dieléctrico de mylar. Éstos se cortan en largas y estrechas tiras y se enrollan juntas, formando un cuerpo compacto (Fig. 12-6). Los valores de capacitancia van de 0.001 a 1 microfarads. Los voltajes de trabajos nominales llegan a alcanzar los 1 600 volts.

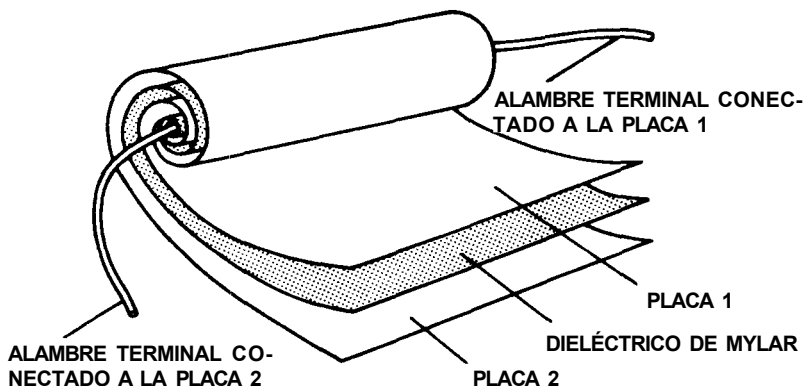


Fig. 12-6. Construcción básica de un capacitor de mylar.

**Capacitores de cerámica.** Estos capacitores tienen dieléctricos en forma de disco o tubulares, y se fabrican de materiales cerámicos como el dióxido de titanio y el titanato de bario. Las placas son delgadas y recubiertas de un compuesto de plata que se deposita en cada lado del dieléctrico. Las capacitancias varían de 5 picofarads a 0.05 microf arads. Los voltajes de trabajo nominales sobrepasan los 10 000 volts.

**Capacitores de mica plateada.** Un capacitor de mica plateada se elabora con una hoja delgada de mica (el dieléctrico) y se recubre de un compuesto de plata de cada lado (las placas). Los valores de capacitancia de este capacitor varían de 1 a 10 000 picofarads. El voltaje de trabajo es aproximadamente de 500 volts.

## CAPACITORES ELECTROLÍTICOS

El dieléctrico de los capacitores electrolíticos es una película delgada de óxido. Ésta se forma por medio de una acción electroquímica directa sobre una placa de hoja metálica. La otra placa es una pasta electrolítica, que puede ser bórax o sal de carbono. El dieléctrico muy delgado proporciona una gran capacitancia dentro de un volumen mucho menor al que podría ser posible con otros materiales.

Muchos capacitores electrolíticos tienen más de una sección. Algunos tienen dos o más unidades de capacitores individuales dentro de un solo recipiente. Los capacitores multisección tienen una terminal positiva para cada una de las unidades y una sola terminal negativa, común a todas las unidades (Fig. 12-7).

El capacitor electrolítico representativo que se emplea en circuitos electrónicos es polarizado. Debe conectarse en un circuito de acuerdo con los signos más y menos marcados en él (Fig. 12-8). En caso contrario, el capacitor se sobrecalentará.

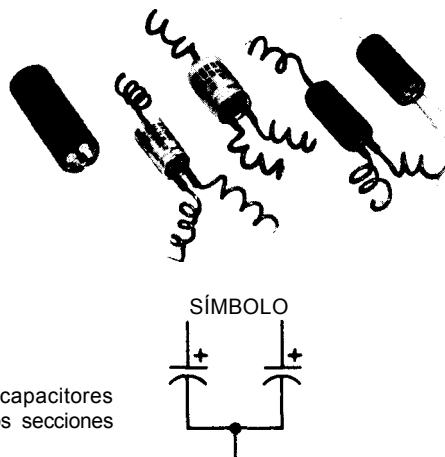
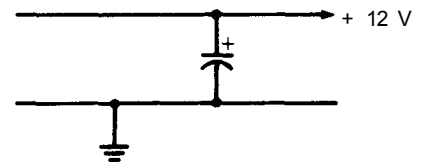


Fig. 12-7. Ejemplos de capacitores electrolíticos dobles o de dos secciones (Sprague Electric Company)



Rg. 12-8. El capacitor electrolítico polarizado debe conectarse en un circuito de acuerdo con sus marcas de polaridad.

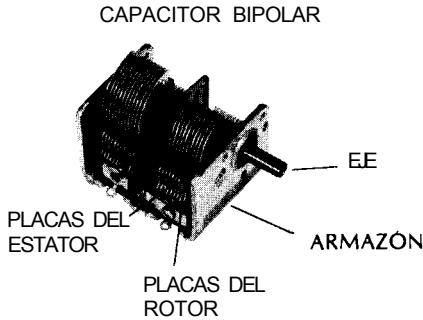
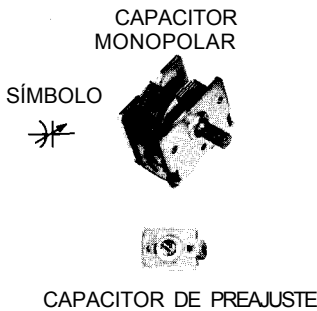


Fig. 12-9. Capacitores variables.

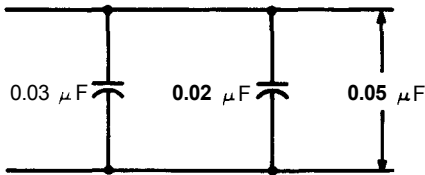


Fig. 12-10. Cuando los capacitores se conectan en paralelo, la capacitancia total o equivalente es igual a la suma de las capacitancias individuales.

Esto se debe a una corriente de fuga excesiva en el dieléctrico y puede llegar a producirse suficiente gas como para provocar que el capacitor explote. Los capacitores no electrolíticos son no polarizados, por lo que pueden conectarse en un circuito sin tomar en cuenta la polaridad.

Los capacitores electrolíticos se utilizan en circuitos rectificadores para alisar corrientes continuas variables. A menudo se usan también como capacitores de bloqueo; impiden que circule una corriente continua en el circuito, pero permiten el paso de corriente alterna.

## CAPACITORES VARIABLES

Los capacitores variables se emplean para circuitos de sintonía. En ellos existe menor oposición a una corriente de determinada frecuencia (Fig. 12-9). Un tipo de capacitor variable, llamado de *preajuste*, está constituido por dos placas metálicas, separadas por una hoja de dieléctrico de mica. La separación entre las placas puede ajustarse con un tornillo. Cuando se aumenta la distancia entre las placas, disminuye el valor de la capacitancia.

Otro tipo de capacitor variable consta de dos conjuntos de placas metálicas, separadas por aire o por hojas de aislamiento de mica. Un conjunto de placas, el conjunto del estator, no se mueve y está aislado del marco del capacitor en el cual está montado. El otro conjunto de placas, el conjunto del rotor, está conectado al eje y por ello puede girarse. Las placas del rotor pueden moverse libremente dentro o fuera de las placas del estator. Por consiguiente, la capacitancia del capacitor puede ajustarse en forma sencilla, desde el valor más bajo (las placas separadas) hasta el valor más alto (las placas completamente traslapadas).

## CAPACITORES EN PARALELO

Los capacitores se conectan con frecuencia en paralelo, para obtener un valor de capacitancia que no puede lograrse de manera sencilla con un capacitor (Fig. 12-10). La capacitancia total o equivalente de dicha combinación es igual a la suma de las capacitancias individuales. El voltaje de trabajo de la combinación es igual al voltaje de trabajo nominal individual más bajo.

## RÉGIMEN DE CARGA DE UN CAPACITADOR

A diferencia de una pila seca, un capacitor no genera voltaje por medio de su acción. Sin embargo, el voltaje desarrollado entre las placas de un capacitor cargado puede emplearse como una fuente de voltaje. El que pueda cargarse un capaci-

tor es una de sus características importantes. La carga puede almacenarse durante un tiempo y después, cuando sea necesario, descargarse a través de una carga.

El régimen al cual un capacitor carga y descarga puede controlarse colocando resistencia en el circuito del capacitor. El tiempo necesario para que el voltaje, a través de un capacitor que se carga, alcance el 63.2% del voltaje aplicado se conoce como la constante de tiempo del circuito. Después de un tiempo igual a cinco veces el de la constante de tiempo, el voltaje en el capacitor será muy cercano al 100% del voltaje aplicado. La fórmula de la constante de tiempo es:

$$T = R \times C$$

donde  $T$  = la constante de tiempo en segundos

$R$  = la resistencia en ohms

$C$  = la capacitancia en farads

El régimen de carga y descarga de un capacitor puede emplearse para controlar muchos circuitos, incluyendo cronizadores electrónicos y dispositivos de destello. El circuito de la figura 12-11 es un buen ejemplo. En este circuito, el resistor variable  $R1$  se emplea para cambiar la constante de tiempo. Durante la primera constante de tiempo, el capacitor se cargará a 63.2% de 100 volts o 63.2 volts. Éste puede ser un voltaje suficiente en la lámpara de gas neón para ionizar el gas, causando que éste conduzca corriente. Con bajos voltajes, el neón se comporta como un aislador; de este modo no pasa corriente a través de él. Si los 63.2 volts ionizan la lámpara, el capacitor se descargará rápidamente a través de ella y ocurrirá un destello de luz. Al instante, el capacitor empezará a cargarse otra vez. El ciclo se repite. El tiempo entre cada destello depende de la constante de tiempo del circuito. Un valor pequeño de resistencia dejará que el capacitor se cargue más rápido, de manera que los destellos ocurrirán con mayor frecuencia. Una resistencia o capacitancia mayor prolongará la constante de tiempo; por este motivo los destellos ocurrirán con menor frecuencia. Este tipo de circuito es llamado a menudo un oscilador de *relajación*.

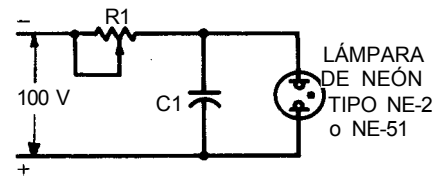
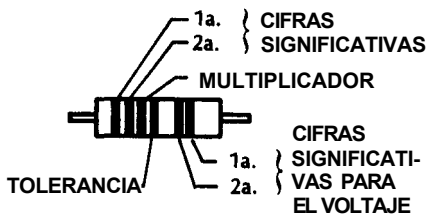


Fig. 12-11. Circuito de lámpara de destellos.

## CÓDIGO DE COLORES PARA CAPACITORES

Los valores de capacitancia se imprimen comúnmente en el cuerpo de los capacitores. Los valores pueden mostrarse también por medio de un código de colores. Los números representados por los colores en este código son los mismos **que** se emplean en el código de colores para resistores. A menos que se establezca lo contrario, los valores de capacitancia dados por medio del código de colores están en unidades de picofarads.

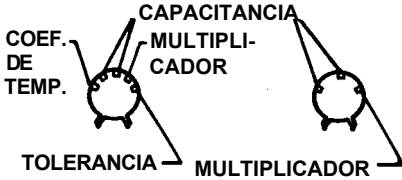




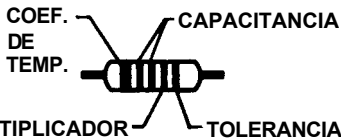
NORMALMENTE ESTAMPADA POR VALOR

MOLDEADO TUBULAR DE PAPEL O MYLAR

SISTEMA DE CINCO PUNTOS      SISTEMA DE TRES PUNTOS



DISCO DE CERÁMICA



DE CERÁMICA DE TERMINALES AXIALES

En la figura 12-12, se muestra cómo se emplea el código de colores en tres tipos de capacitores no electrolíticos. De igual manera que en el código de colores para resistores, el color del multiplicador da el número de ceros que debe añadirse a los primeros dos números del valor de la capacitancia. El color del coeficiente de temperatura, en cada uno de los códigos, muestra el grado al que puede cambiar la capacitancia con un aumento de temperatura.

## SEGURIDAD EN EL EMPLEO DE CAPACITORES

Muchos capacitores, como los electrolíticos que se emplean en circuitos rectificadores de alto voltaje en receptores de televisión, conservan sus cargas por algún tiempo, aun después de que se ha suprimido el voltaje de carga. Podrían existir peligrosos voltajes en estos capacitores varias horas después de que sus circuitos se han desconectado. Dichos voltajes podrían ocasionar que una persona sufriera un grave shock eléctrico o dañar seriamente los instrumentos de prueba.

Para prevenir esto, todos los capacitores electrolíticos en circuitos de alto voltaje deberán descargarse antes de que los circuitos se manejen en cualquier forma. Esto puede efectuarse de manera segura, poniendo en corto durante un tiempo breve las terminales de los capacitores con un alambre aislado. Un resistor de 10 000 ohms puede conectarse en serie con el alambre para reducir el chispazo en las terminales.

## FALLAS DE LOS CAPACITORES

Los capacitores fijos frecuentemente hacen corto circuito debido al contacto directo de sus placas. Esto sucede cuando el dieléctrico se ha deteriorado o quemado totalmente por envejecimiento o por la aplicación de un voltaje mayor al voltaje de trabajo. Un capacitor en corto debe reemplazarse, no sólo porque no trabaja adecuadamente, sino también porque podría dejar pasar demasiada corriente a otros componentes del circuito. Aunque rara vez pasa, un capacitor puede quedar abierto. Esto sucede cuando una de sus terminales se desconecta de su placa. Los capacitores electrolíticos pueden fallar si se secan los materiales químicos internos. Un capacitor en tales condiciones tiene mucho menor capacitancia y debe reemplazarse.

Un capacitor variable se vuelve defectuoso cuando sus placas hacen corto. Esto sucede con frecuencia porque las placas se doblan durante la instalación del capacitor o mientras se está reparando su circuito. Un capacitor variable en corto puede repararse casi siempre doblando simplemente las placas en contacto, para regresarlas a su posición inicial.

Fig. 12-12 Cómo se emplea el código de colores para capacitores.

## PRUEBA DE CAPACITORES

Los capacitores pueden probarse con un probador de capacitores (Fig. 12-13). Este instrumento permite determinar el estado del capacitor y su capacitancia.

Se puede probar también si el capacitor está en corto con un óhmetro (o multímetro), el cual se conecta entre las terminales del capacitor que se está probando. Si el capacitor está en corto, el óhmetro mostrará continuidad o una resistencia muy baja. Los capacitores con fugas o en corto deben reemplazarse. Cuando pruebe un capacitor conectado a un circuito, siempre debe separarlo o aislarlo (Fig. 12-14). Esto impedirá que el óhmetro mida también la resistencia del circuito en paralelo con el capacitor.

Los buenos capacitores no electrolíticos tienen una resistencia o discontinuidad muy alta entre sus terminales. Los capacitores electrolíticos tienen una resistencia muy baja entre sus terminales. Esto es cierto aun cuando estén en buen estado. La cantidad de resistencia dependerá de la capacitancia y del voltaje de trabajo nominal. Con la práctica, usted aprenderá a determinar rápidamente si un capacitor está defectuoso, al probarlo con un óhmetro. Si esta prueba no da información, el capacitor debe probarse con un probador de capacitores.

Un óhmetro aplica voltaje al componente o elemento del circuito al cual está conectado. Para impedir que se dañe un capacitor electrolítico mientras se prueba con un óhmetro, asegúrese de que el voltaje de este instrumento no sea mayor al voltaje de trabajo nominal del capacitor. Cuando se prueba un capacitor electrolítico con un óhmetro, es también importante conectarlo con la polaridad correcta: + con más y - con menos.

Para probar si un capacitor variable está en corto, conecte un óhmetro entre sus terminales. Después gire lentamente el eje hasta que empiece a moverse en ambas direcciones. Si el capacitor está en corto en algún punto, el óhmetro mostrará continuidad directa en ese punto.



Fig. 12-13. Probador de capacitores (EICO Electronic Instrument Co., Inc.)

### APRENDIZAJE PRACTICO

**10. Almacenamiento de carga en capacitores.** Una de las propiedades importantes de un capacitor es su capacidad para almacenar cargas eléctricas y después entregarlas a una carga. El siguiente procedimiento le ayudará a observar esta propiedad con diferentes capacitores.

#### MATERIALES NECESARIOS

tablero de circuitos, preperforado, 4 x 6 pulg (102 x 152 mm)

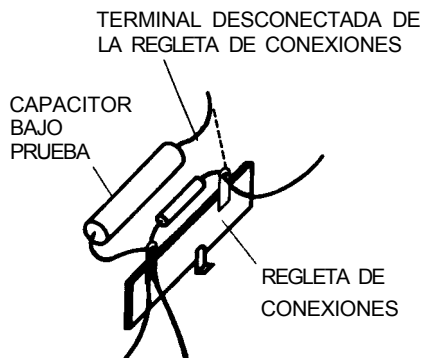
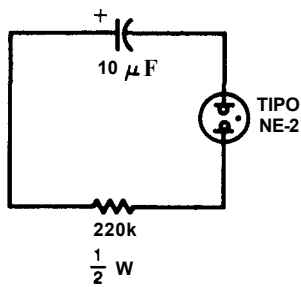


Fig. 12-14. Aislamiento de un capacitor para propósitos de prueba.



Capacitancia ( $\mu F$ )	La lámpara permanece encendida (segundos)
10	
20	
30	
40	
100	

Fig. 12-15. Diagrama esquemático y tabla empleados para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 10, "Almacenamiento de carga en capacitores".

4 capacitores electrolíticos; 10, 20, 30 y 40  $\mu F$ , 150 VTCC  
 1 resistor de carbón o pelicular, 220 000 ohms, 1/2 watts  
 1 Lámpara de neón tipo NE-2  
 fuente de alimentación cc de alto voltaje  
 cronómetro o reloj con segundero centra]

### Procedimiento

1. Conecte el capacitor de 10  $\mu F$ , el resistor y la lámpara de neón como se muestra en la figura 12-15. En una hoja de papel, dibuje la tabla que se muestra en la figura.
2. Conecte la terminal negativa de la fuente de alimentación a la terminal negativa del capacitor. Ajuste la fuente de alimentación para que proporcione una salida de voltaje de 140 volts. Tenga cuidado de no tocar ninguna de las partes de las terminales de la fuente de alimentación o el circuito.
3. Cargue el capacitor poniendo en contacto la punta o pinza de la terminal positiva de la fuente de alimentación con la terminal positiva del capacitor, durante aproximadamente 10 segundos. Observe cuánto tiempo brilla la lámpara de neón después de que la terminal positiva se separa de la terminal del capacitor. Registre este tiempo en la tabla.



**PRECAUCIÓN:** El capacitor permanece cargado a un voltaje cercano a los 55 volts, después de que la lámpara se "apaga". Para descargar completamente el capacitor, ponga en corto sus terminales con un pedazo de alambre aislado.

4. Repita el paso 3 con los capacitores de 20, 30 y 40  $\mu F$  y con todos los capacitores conectados en paralelo.
5. Observe los datos de su tabla. Explique por qué la lámpara brilló durante un largo periodo cuando se aumentó la capacitancia del circuito.

**11. Construcción de un oscilador de relajación.** En este interesante circuito, el efecto de carga y descarga de un capacitor provoca que una lámpara de neón se encienda y apague. Cuando se varía la resistencia o la capacitancia del circuito, cambia la constante de tiempo. Esto origina que la lámpara destelle con frecuencia diferente.

### MATERIALES NECESARIOS

tablero de circuitos preperforado, 6 x 8 pulg (152 x 203 mm)  
 1 potenciómetro, 1 megohm, 1/2 watt

- 1 resistor de carbón o pelicular, un megohm, 1/2 watt
- 2 capacitores  $0.5 \mu F$ , 200 VTCC
- 1 Jámpero de neón, tipo NE-2
- batería o fuente de alimentación cc de 90 volts

### Procedimiento

1. Alambre el circuito mostrado en la figura 12-16.
2. Conecte la batería o la fuente de alimentación al circuito. Si se emplea una fuente de alimentación, ajústela para que proporcione una salida de voltaje de 90 volts.
3. Ajuste el potenciómetro para que la lámpara emita aproximadamente un destello por segundo. El tiempo entre los destellos puede calcularse empleando la fórmula  $T = RC$ . T es el tiempo en segundos, R es la resistencia en ohms y C es la capacitancia en farads. Esto se debe a que el 63.2% de 90 volts es un voltaje muy cercano al de ionización de una lámpara NE-2.
4. Usando la fórmula  $T = RC$ , calcule la resistencia total de R1 y R2 cuando la lámpara emite destellos a razón de uno por segundo.
5. Ajuste el potenciómetro para que la lámpara emita destellos a mayor velocidad. ¿La resistencia total de R1 y R2 ha aumentado o disminuido? Explique su respuesta.
6. Ajuste el potenciómetro otra vez para obtener un destello por segundo. Después de desconectar la batería o la fuente de alimentación del circuito, conecte el otro capacitor en paralelo con C1. ¿Esto causa que la lámpara emita más o menos destellos por segundo? Explique la razón de esto.

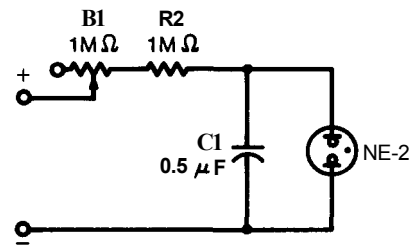


Fig. 12-16. Diagrama esquemático usado para el ejercicio de aprendizaje práctico No. 11, "Construcción de un oscilador de relajación".

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe sus conocimientos escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La capacitancia es la capacidad de un circuito o un dispositivo para almacenar energía \_\_\_\_\_.
2. Un capacitor está constituido básicamente por dos \_\_\_\_\_ separadas por el \_\_\_\_\_.
3. Un capacitor se carga separando \_\_\_\_\_ de una de sus placas y agregando \_\_\_\_\_ a la otra placa.
4. El voltaje entre las placas de un capacitor \_\_\_\_\_ es igual al voltaje de la fuente de energía.
5. La energía almacenada en un capacitor cargado está en la forma de un campo \_\_\_\_\_ entre sus placas.
6. La corriente de descarga de un capacitor tiene un sentido \_\_\_\_\_ al sentido de la corriente de carga.
7. Un capacitor impide fluir a la corriente continua en un circuito a causa de lo que se denomina un efecto \_\_\_\_\_.
8. La oposición de un capacitor al flujo de la corriente alterna en un circuito se deno-

- mina \_\_\_\_\_. Esta oposición se mide en \_\_\_\_\_. Su símbolo literal es \_\_\_\_\_.
9. La oposición total a la corriente por la resistencia y la reactancia capacitiva en un circuito se conoce como \_\_\_\_\_. Esta oposición total se mide en \_\_\_\_\_. Su símbolo literal es \_\_\_\_\_.
  10. La medida de la capacidad de un material dieléctrico para mantener un campo electrostático entre las placas de un capacitor se conoce como su \_\_\_\_\_.
  11. Un capacitor tiene una capacitancia de un farad cuando un voltaje aplicado que cambia a razón de un volt por \_\_\_\_\_ produce una corriente de un \_\_\_\_\_ en el circuito del capacitor.
  12. Las unidades más comunes de capacitancia son el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
  13. Un \_\_\_\_\_ es igual a un millonésimo de microfarad.
  14. Los dos tipos de capacitores son: capacitores-\_\_\_\_\_ y capacitores \_\_\_\_\_.
  15. El voltaje de \_\_\_\_\_ de un capacitor es el \_\_\_\_\_ de cc más alto que puede aplicarse a él, sin causar que el dieléctrico se rompa y conduzca corriente.
  16. Tres tipos comunes de capacitores fijos no electrolíticos son: los capacitores \_\_\_\_\_, capacitores \_\_\_\_\_ y capacitores \_\_\_\_\_.
  17. El capacitor \_\_\_\_\_ típico es polarizado. Debe conectarse en un circuito con la \_\_\_\_\_ correcta.
  18. Un capacitor \_\_\_\_\_ se emplea para alisar la salida cc variable de un circuito rectificador.
  19. El principal uso de los capacitores variables es el de circuitos de \_\_\_\_\_.
  20. Cuando los capacitores se conectan en paralelo, la capacitancia total o equivalente de la combinación es igual a la \_\_\_\_\_ de las capacitancias individuales.
  21. Al tiempo necesario para que el voltaje entre un capacitor alcance 63.2% del voltaje aplicado, se le conoce como la \_\_\_\_\_ del circuito.
  22. Por seguridad, los capacitores electrolíticos cargados a alto voltaje deben \_\_\_\_\_, antes de manejarse en cualquier forma.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina la capacitancia.
2. Describa la estructura básica de un capacitor.
3. Describa el efecto de carga y descarga de un capacitor.
4. ¿Qué se entiende por el efecto de bloqueo de un capacitor?
5. Defina la reactancia capacitiva y la impedancia.
6. ¿Cuáles son los tres factores principales que determinan la capacitancia de un capacitor?
7. ¿Qué se entiende por constante dieléctrica de un material?
8. ¿Qué se entiende por voltaje de trabajo nominal de un capacitor?
9. Describa la estructura de un capacitor de Mylar y de un capacitor de cerámica.
10. El capacitor electrolítico típico es polarizado. ¿Qué quiere decir esto?
11. Describa la estructura de un capacitor variable.
12. ¿Cuál es el resultado de conectar capacitores en paralelo?
13. Explique las características de la constante de tiempo de una combinación resistor-capacitor en un circuito.
14. ¿Por qué es importante descargar los capacitores electrolíticos en los circuitos de alto voltaje, antes de que los circuitos se manejen de la manera que sea?
15. Describa las fallas más comunes de los capacitores.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Dé una demostración que muestre el efecto de carga básico de un capacitor, Explique esto en su clase.
2. Dé una demostración en su clase de la forma en que pueden probarse los capacitores con un óhmetro y con un probador de capacitores.

# Unidad 13 Magnetismo

Algunos metales y óxidos metálicos son capaces de atraer a otros metales (Fig. 13-1). Este fenómeno se denomina magnetismo y los materiales que lo presentan, imanes. Algunos imanes se encuentran en forma natural en minerales metálicos y otros se fabrican. Los imanes que conservan su magnetismo durante largo tiempo se denominan imanes permanentes.

El magnetismo se produce por la rotación de los electrones sobre su propio eje mientras giran alrededor del núcleo del átomo (Fig. 13-2).

En los materiales magnéticos, los átomos, en ciertas áreas denominadas dominios, se encuentran alineados. Cuando esto sucede, la mayor parte de sus electrones giran en el mismo sentido (Fig. 13-3A). La magnetización da como resultado por lo general dos polos magnéticos que se forman en los extremos del imán, denominados polo norte y polo sur. En ausencia de magnetización, los dominios dentro de un material no se encuentran alineados (Fig. 13-3B); los electrones giran en todas las direcciones.

## ATRACCIÓN Y REPULSIÓN

La ley de la atracción y repulsión magnéticas establece que polos magnéticos diferentes se atraen entre sí y que los polos magnéticos iguales se repelen entre sí (Fig. 13-4). La fuerza de atracción o repulsión depende de la intensidad de los imanes y de la distancia que los separa.

Cuando aumenta la intensidad de los imanes, aumenta también la fuerza de atracción o repulsión entre ellos. La fuerza de atracción o repulsión disminuye cuando la distancia entre los polos de los dos imanes aumenta. Si se duplica la distancia entre los polos diferentes de dos imanes, disminuye la fuerza entre éstos a un cuarto del valor original. Si la distancia entre los polos se reduce a la mitad, aumenta cuatro veces la fuerza de atracción entre los imanes. Existe otra manera de establecer estas relaciones. Puede decirse que la fuerza de atracción o repulsión entre los polos de dos imanes es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

## CAMPO MAGNÉTICO

La energía de un imán permanente está en forma de un *campo magnético* que lo rodea. El campo magnético consta de líneas invisibles de fuerza o flujo. Fuera del imán, las líneas de fuerza se extienden del polo norte al polo sur (Fig. 13-5). Las líneas de fuerza magnética forman un anillo continuo y nunca se cruzan. La intensidad del campo magnético está relacionada directamente con el número de dominios que se



Fig. 13-1. Herramientas metálicas suspendidas en un portaherramientas magnético (Master Magnetics y MC).

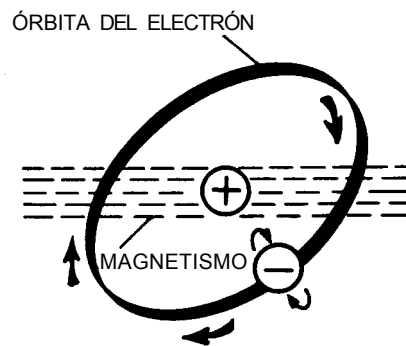


Fig. 13-2 Un electrón que gira sobre su propio eje, además de dar vueltas alrededor del núcleo de un átomo, produce un campo magnético.

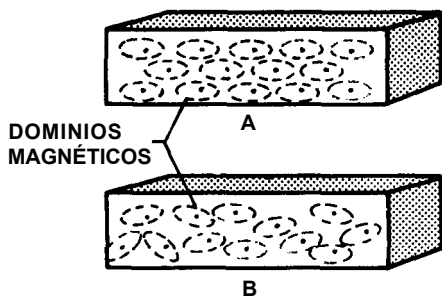


Fig. 13-3. Dominios magnéticos: (A) alineados; (B) no alineados.

han alineado dentro del imán durante la magnetización. Cuando todos los dominios se han alineado, el campo magnético alcanza la intensidad máxima. En este caso se dice que el imán está saturado.

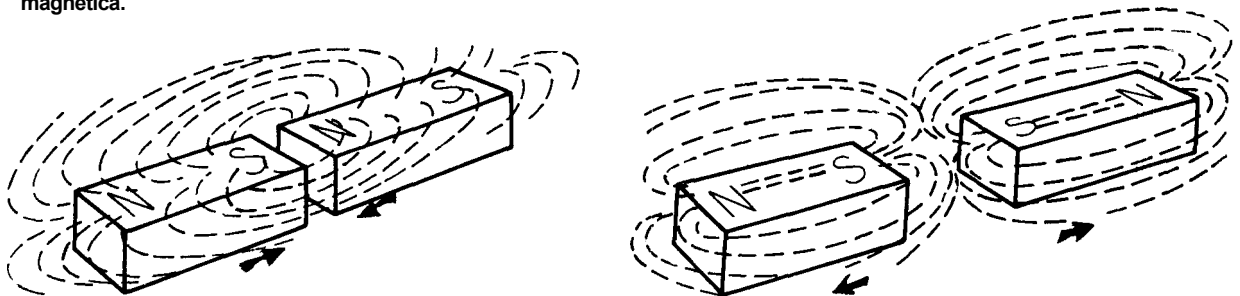
## MATERIALES MAGNÉTICOS Y DIAMAGNÉTICOS

Un material magnético es aquél que es atraído por un imán y puede convertirse en un imán. Entre estos materiales están el acero y los elementos metálicos hierro, níquel y cobalto, con frecuencia denominados elementos ferromagnéticos. El prefijo ferro se refiere al hierro y a otros materiales y aleaciones que tienen algunas propiedades semejantes a las de dicho elemento. Los imanes permanentes eran en un principio imanes naturales formados con un mineral hierro llamado *magnetita* o piedra imán (Fig. 13-6). Durante este siglo, se descubrió que una aguja de piedra imán suspendida, de manera que pudiera girar libremente, apuntaba hacia los polos magnéticos de la Tierra y, por tanto, podría servir como una brújula. En la actualidad no se usa ya comercialmente la piedra imán como un material magnético.

Las aleaciones y compuestos metálicos son los materiales magnéticos que se usan con mayor frecuencia para fabricar los imanes permanentes modernos. Éstos son por lo general combinaciones de óxido de hierro y algunos otros elementos. Dichos materiales tienen una alta retentividad o coercitividad, la capacidad para conservar un dominio magnético alineado durante largo tiempo. Tienen también una alta permeabilidad, o sea, capacidad para conducir las líneas de fuerza magnética. La permeabilidad magnética de un material se mide comparando su capacidad para conducir las líneas de fuerza magnética con la del aire. La permeabilidad del aire, el vacío u otras sustancias diamagnéticas se supone igual que la unidad.

Los materiales diamagnéticos son los metales que no son atraídos por un imán y que no pueden transformarse en un imán. El cobre, aluminio, oro, plata y el plomo son diamagnéticos. La mayor parte de los materiales no metálicos, como la tela, papel, porcelana, plástico y caucho también son diamagnéticos.

Fig. 13-4. Ley de la atracción y repulsión magnética.



**Aleaciones.** El alnico es una de las aleaciones magnéticas más comunes. Esta aleación se fabrica con aluminio, níquel, cobalto y hierro. Existen imanes permanentes de alnico de diferentes formas y clases y se emplean en motores, generadores, altavoces, micrófonos y medidores (Fig. 13-7). Otras buenas aleaciones magnéticas son el Permalloy (níquel y hierro o cobalto, níquel y hierro), Supermalloy (níquel, hierro, molibdeno y manganeso) y platino-cobalto.

**Materiales cerámicos.** Algunos materiales magnéticos cerámicos duros se denominan ferritas. Éstos se producen moliendo en un fino polvo una combinación de óxido de hierro y un elemento como el bario. La mezcla de polvo se moldea después por prensado, en la forma deseada y se recuece a alta temperatura. En esta forma se produce un material magnético que es muy eficiente y, a diferencia de las aleaciones, tiene una alta resistencia eléctrica.

Los imanes cerámicos se fabrican en diversas formas (Fig. 13-8). Los imanes permanentes de este tipo se emplean como cerrojos en las puertas de refrigeradores. Dichos imanes son una tira de plástico llena con ferrita de bario que se dobla para ajustarse con la forma de la puerta.

Fig. 13-8. Los imanes permanentes cerámicos pueden fabricarse en muchas formas y tamaños (Allen-Bradley Company).

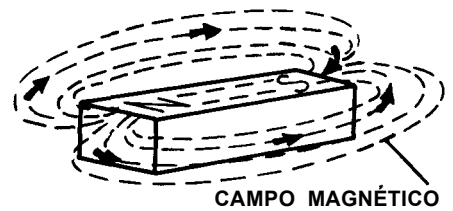
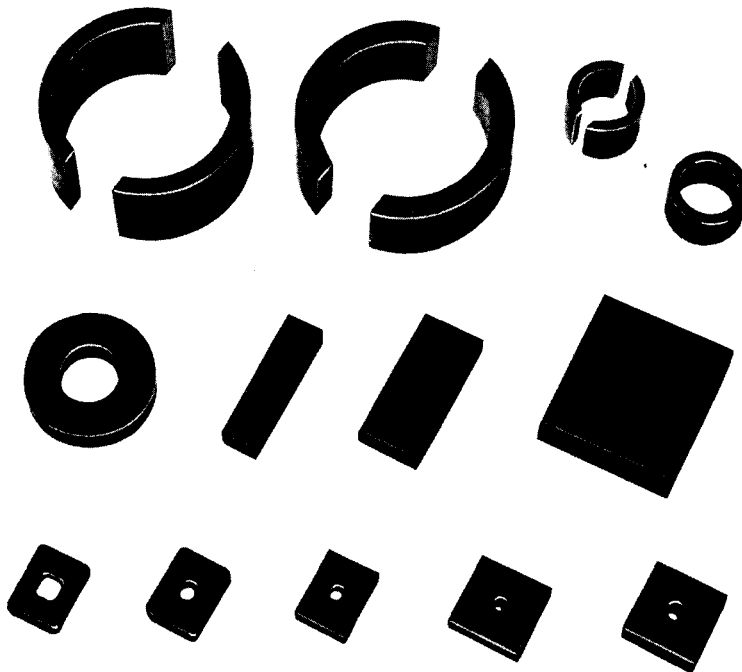


Fig. 13-5. Campo magnético que rodea a un imán recto.

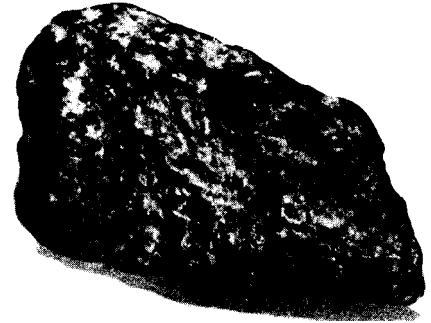


Fig. 13-6. La magnetita, conocida comúnmente como piedra imán, es un material magnético natural.

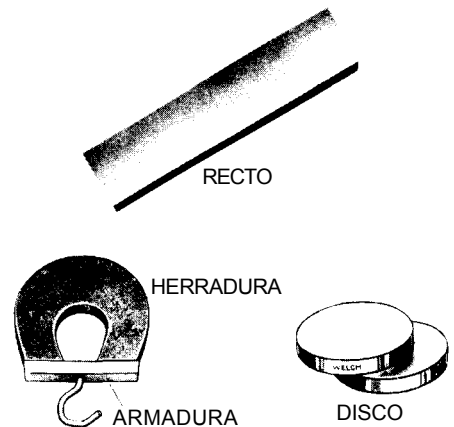


Fig. 13-7. Imanes permanentes de alnico. La armadura de hierro dulce colocada entre los polos del imán en forma de herradura ayuda a que éste mantenga su intensidad máxima por un largo periodo.



## CÓMO SE PRODUCEN LOS IMANES

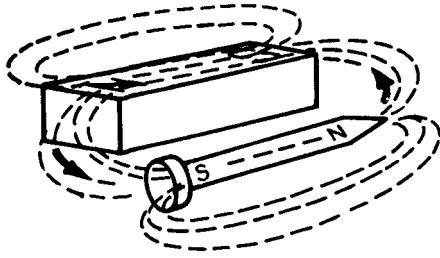


Fig. 13-9. Inducción magnética

Para producir un imán, debe aplicarse energía en la forma de un campo magnético a algún material magnético. Esto se denomina inducción magnética.

Un ejemplo de inducción magnética se muestra en la figura 13-9. Un clavo de acero se coloca cerca y paralelo a un imán permanente. Puesto que el acero es más permeable que el aire, las líneas de fuerza del imán permanente pasan sin problemas a través del clavo. Esto causa que se alineen algunos dominios en el acero. Por consiguiente, el proceso de inducción magnética produce polos magnéticos en los extremos del clavo. Obsérvese que la polaridad magnética de éste es opuesta a la del imán permanente. De esta manera el clavo se convierte en un imán y es capaz de atraer objetos formados de materiales magnéticos.

Los imanes permanentes se producen comercialmente con un magnetizador. Un tipo de magnetizador utiliza bobinas eléctricas como la fuente de energía de magnetización (Fig. 13-10). Para emplearlo, el objeto que se magnetizará se coloca sobre las piezas polares formadas por dos extremos de los núcleos metálicos sobre los cuales se devanan las bobinas. Cuando el interruptor se enciende, pasa a través de las bobinas una corriente que produce un campo magnético intenso y que magnetiza al objeto rápidamente. El magnetismo producido por la corriente se denomina electromagnetismo (véase la Unidad 14, "Electromagnetismo").

## ELIMINACIÓN DEL MAGNETISMO

Aunque el magnetismo es útil en muchas formas, algunas veces los objetos deben desmagnetizarse o eliminárseles su magnetismo. Los relojes de pulsera hechos con materiales magnéticos, por ejemplo, no se mantienen exactos después de haberse magnetizado. Si se magnetizan las herramientas para cortar metales, como los taladros y las fresadoras, atraen limaduras y rebabas metálicas. Esto causa que en poco tiempo estas herramientas se vuelvan ineficaces.

El magnetismo puede eliminarse de un objeto usando un desmagnetizador, que en su forma más sencilla es una bobina de alambre aislado a través de la cual pasa corriente alterna. El objeto por desmagnetizar se coloca dentro de la bobina y después se retira lentamente de su interior. El efecto de variar el campo magnético, de polaridad e intensidad, altera el alineamiento de los dominios y por tal motivo elimina el magnetismo del objeto (Fig. 13-11).

Un imán permanente también puede desmagnetizarse o atenuarse en gran medida por medio de calentamiento. También puede eliminársele el magnetismo golpeándolo intensamente con un objeto metálico, como un martillo. En ambos casos el alineamiento de los dominios dentro del imán se altera

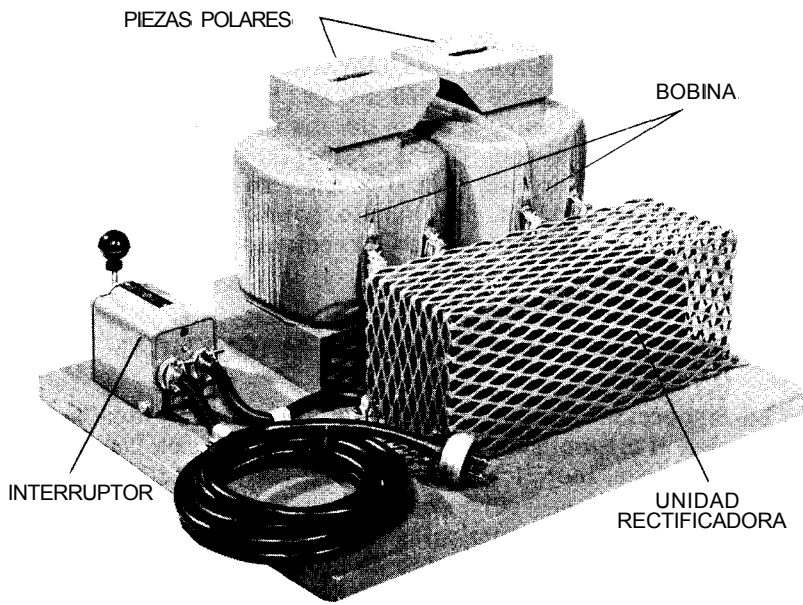


Fig. 13-10. Magnetizador electromagnético.



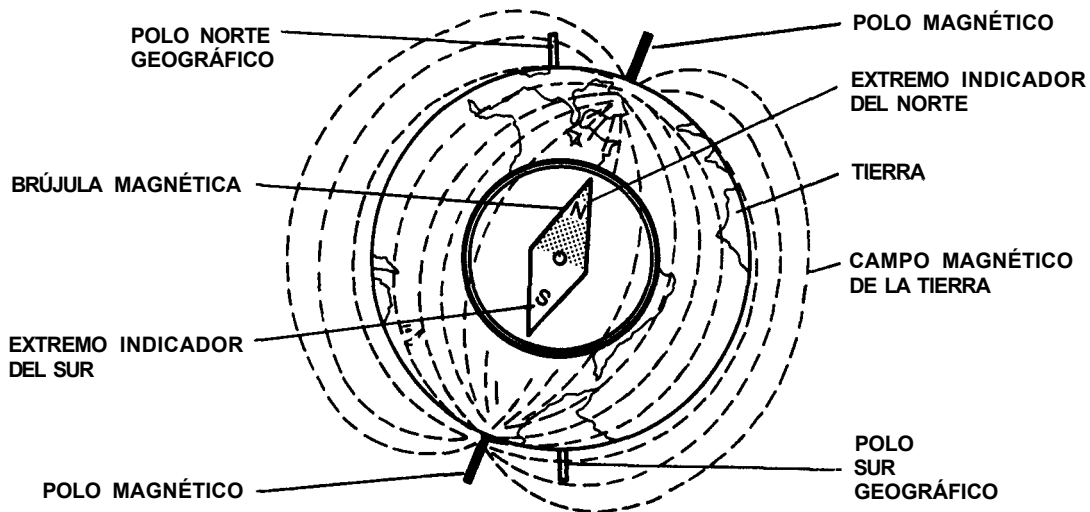
Fig. 13-11 Utilización de un desmagnetizador para neutralizar o suprimir el magnetismo de un dispositivo portaherramienta metálico. (R.B. Annis Company).

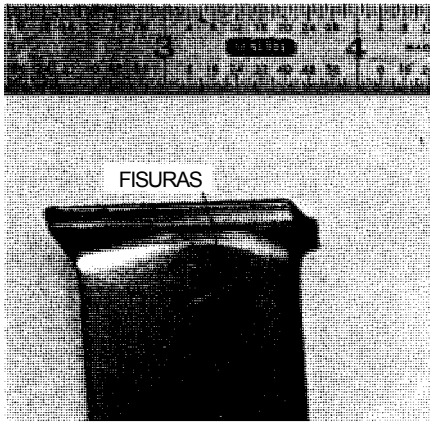
en forma notable. A la desmagnetización también se le llama desimantación.

## BRÚJULA MAGNÉTICA

Una brújula magnética es un dispositivo que se emplea para encontrar direcciones. En la brújula, un pequeño imán permanente, la aguja, se monta en un pivote para que pueda girar libremente. Así, los polos magnéticos de la Tierra atraerán a los polos del imán o aguja. Por esta razón, la aguja de la

Fig. 13-12. Los polos magnéticos de la Tierra atraen la aguja de una brújula magnética. El polo norte de un imán se denomina así debido a que apunta hacia el polo magnético norte de la Tierra.





**Fig. 13-13.** Fisuras en el álabe de una turbina de un motor de reacción de avión descubiertas por medio de la inspección con partículas magnéticas (Magnaflex Corporation).

brújula apunta en general hacia la dirección norte-sur (Fig. 13-12).

Los polos magnéticos de la Tierra se encuentran en realidad aproximadamente a 1 500 millas (2 414 km) de los polos geográficos. Por tanto, la aguja de una brújula no apunta hacia el norte y sur geográficos reales. La diferencia entre la lectura de una brújula y la dirección real se conoce como ángulo de declinación. Este ángulo, por supuesto, debe considerarse cuando se encuentran direcciones geográficas reales con una brújula magnética.

## INSPECCIÓN CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

La inspección con partículas magnéticas es una técnica que emplea al magnetismo para encontrar defectos en las superficies de piezas metálicas. En dicha técnica, el objeto se magnetiza y después se reviste con un aceite u otro líquido que contenga pequeñas partículas de hierro. Los extremos de las fisuras y grietas se convierten en polos magnéticos a los cuales son atraídas las partículas. Esto origina que las partículas formen una trayectoria que puede observarse a simple vista (Fig. 13-13). Las pruebas de este tipo se llaman no destructivas.

## USOS FUTUROS DEL MAGNETISMO

Los científicos e ingenieros constantemente piensan en nuevas y diferentes maneras de emplear el magnetismo. En la actualidad se estudia la posibilidad de utilizar la gran energía magnética que se extiende más allá de la superficie de la Tierra. Muchos científicos piensan que el magnetismo podría utilizarse algún día para contrarrestar el efecto de la fuerza gravitacional. Estas ideas y el estudio de las aplicaciones del magnetismo en el campo de la electrónica están creando una nueva frontera científica.

---

### APRENDIZAJE PRACTICO

**12. Observación de los campos magnéticos.** El campo magnético que rodea a un imán en realidad no puede verse. Sin embargo, una "imagen" del mismo puede obtenerse de manera sencilla e interesante.

#### MATERIALES NECESARIOS

*2 piezas de madera, 3/8 x 1 x 10 pulg (15 x 25 x 254 mm)  
 2 piezas de madera, 3/8 x 1 x 6 pulg (15 x 25 x 152 mm)  
 imanes permanentes de forma recta, de herradura y disco  
 limaduras de hierro*

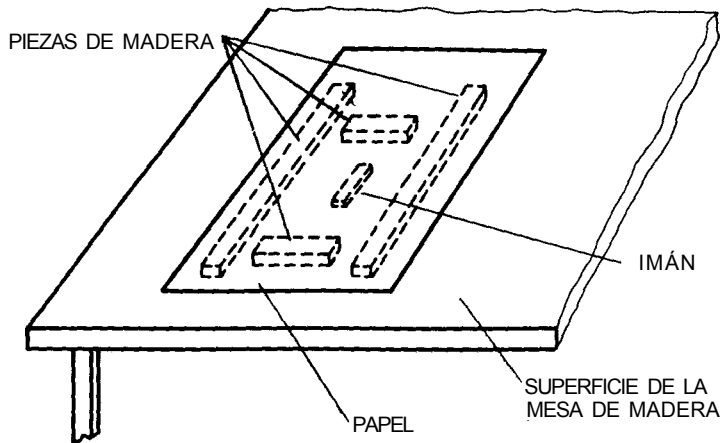


Fig. 13-14. Arreglo empleado para el ejercicio de aprendizaje práctico No 12. "Observación de los campos magnéticos".

*papel para escribir a máquina.* 8 1/2 x 11 pulg. (216 x 279 mm)

*papel para impresión fotográfica* 5 x 7 pulg (127 x 178 mm)  
u 8 1/2 x 11 pulg. (216 x 279 mm)

*lámpara para fotografía, con clavija y cordón.*

## Procedimiento

1. Coloque el imán recto, las piezas de madera para soporte del papel y una hoja para máquina de escribir en una mesa de madera, como se muestra en la figura 13-14.
2. Distribuya una capa delgada de limaduras de hierro sobre el papel, directamente encima de todo el imán.
- 3 Golpee suavemente con un lápiz el centro y los extremos del papel. Las limaduras por sí misma se alinearán con las líneas de fuerza magnética.
4. Describa este campo magnético.
5. Repita este procedimiento con los otros imanes.
6. Puede lograrse una "imagen" permanente de un campo magnético empleando una hoja de papel para impresión en lugar de papel para máquina. Después de haberse formado el campo magnético en el papel para impresión, colóquelo bajo una lámpara para fotografía durante aproximadamente dos minutos. En seguida fije la impresión usando una máquina impresora o revelador.

**Magnetización y desmagnetización.** En la Unidad 15 se

explican los planos y procedimientos para construir un experimentador electromagnético que puede emplearse como magnetizador y desmagnetizador.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que contesten correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El magnetismo se produce cuando los electrones \_\_\_\_\_ sobre su propio eje mientras rotan alrededor del núcleo del átomo.
2. En un imán permanente, los átomos se alinean en ciertas áreas llamadas \_\_\_\_\_.
3. Los polos magnéticos diferentes \_\_\_\_\_ entre sí, en tanto que los polos magnéticos iguales \_\_\_\_\_ entre sí.
4. La fuerza de atracción o repulsión entre los polos de dos imanes es inversamente proporcional al \_\_\_\_\_ de la distancia que los separa.
5. Un campo magnético está formado por líneas invisibles de \_\_\_\_\_, las cuales se dirigen del polo \_\_\_\_\_ al polo \_\_\_\_\_ de un imán.
6. Se dice que un imán está \_\_\_\_\_ cuando se han alineado todos sus dominios.
7. Un material magnético es el que es \_\_\_\_\_ por un imán y que además puede \_\_\_\_\_ en un imán.
8. Los primeros imanes permanentes fueron imanes naturales compuestos de un mineral de hierro llamado \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
9. El \_\_\_\_\_, el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_ son tres elementos metálicos que presentan un gran magnetismo.
10. Un material tiene una \_\_\_\_\_ alta cuando es capaz de conservar el alineamiento de sus dominios magnéticos durante largo tiempo.
11. La \_\_\_\_\_ de un material es su capacidad para conducir líneas de fuerza magnética, en comparación con la capacidad del aire.
12. Los imanes permanentes se utilizan en \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
13. Los materiales magnéticos cerámicos se llaman también \_\_\_\_\_.
14. La magnetización de un objeto al colocarlo en el campo magnético de un imán permanente se denomina \_\_\_\_\_.
15. Los imanes permanentes se producen comercialmente con un \_\_\_\_\_.
16. La desmagnetización algunas veces se denomina \_\_\_\_\_.
17. La inspección con partículas magnéticas se emplea para encontrar \_\_\_\_\_ en las superficies de metales.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique la magnetización en un imán permanente.
2. Enuncie la ley de atracción y repulsión magnéticas.
3. Describa el campo magnético alrededor de un imán permanente.
4. ¿Qué es un material magnético?
5. Defina la retentividad (coercitividad) y permeabilidad magnéticas.
6. Mencione tres materiales magnéticos y tres diamagnéticos.
7. Mencione cinco usos de imanes permanentes compuestos de una aleación como el alnico.
8. Describa la composición de un material magnético cerámico.
9. Explique la inducción magnética.
10. Describa cómo se produce un imán permanente con un magnetizador.
11. ¿Por qué un magnetizador debe operarse con corriente continua para obtener mejores resultados?
12. Dé dos ejemplos de efectos indeseables del magnetismo.
13. Establezca tres formas en las cuales el magnetismo puede eliminarse o atenuarse notablemente.
14. Explique cómo funciona una brújula magnética.
15. ¿Con qué propósito se emplea la inspección de superficies metálicas con partículas magnéticas? Explique esta técnica.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral respecto del descubrimiento del magnetismo, los usos de los imanes permanentes y el desarrollo de materiales magnéticos de gran eficiencia.
2. Prepare un escrito o un informe oral acerca del magnetismo de la Tierra.

# Unidad 14 Electromagnetismo

Como se sabe, el magnetismo en un imán permanente se produce por el giro o espín de los electrones sobre su propio eje mientras rotan alrededor del núcleo del átomo. El magnetismo se produce también cuando los electrones libres se mueven a lo largo de un conductor como una corriente. Esta importante relación entre la electricidad y el magnetismo se conoce como electromagnetismo o efecto magnético de la corriente. Tal efecto se emplea en la operación de muchos tipos de circuito, productos y dispositivos; algunos se estudian en esta unidad y otros en las unidades siguientes.

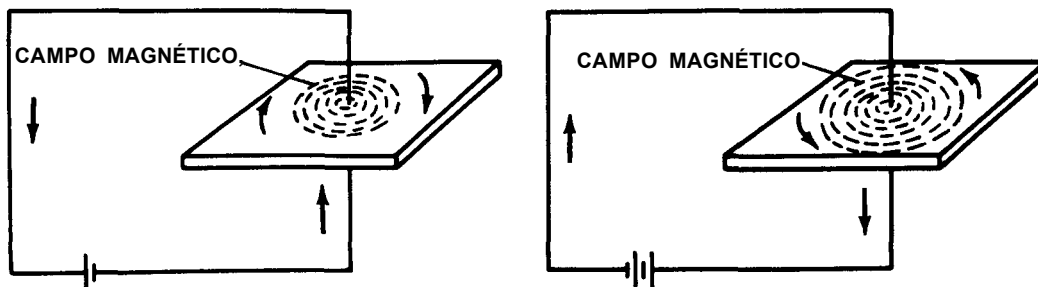
## CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Un campo electromagnético es el campo magnético que produce una corriente. Se presenta en forma de círculos alrededor del conductor y su intensidad depende de la intensidad de corriente que fluye a través del mismo. Cuanto mayor sea el flujo de corriente más intenso será el campo. La dirección del campo magnético depende del sentido de la corriente (Fig. 14-1). Si la corriente es continua y constante, el campo magnético es de polaridad y de intensidad constantes. Una corriente alterna produce un campo magnético que invierte su polaridad y cambia en intensidad. Éste se denomina campo magnético variable.

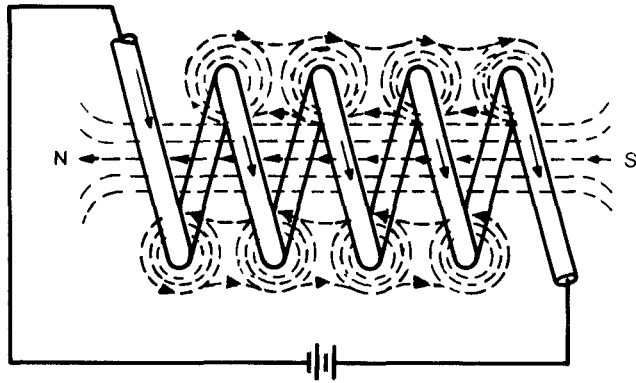
## SOLENOIDE

Para concentrar el campo magnético producido por la corriente que circula en un alambre, el alambre se devana en una bobina. Cuando esto se realiza, se suman los campos magnéticos que rodean las vueltas de la bobina y con ello se incrementa la intensidad magnética de la misma. Una bobina devanada de esta manera se denomina solenoide (Fig. 14-2). Un solenoide presenta polos magnéticos y genera un campo magnético con las mismas propiedades que las de los imanes permanentes.

Fig. 14-1. El campo magnético que una corriente genera alrededor de un conductor.



**Fig. 14-2.** Devanando alambre en la forma de una bobina o solenoide, el campo magnético puede concentrarse en una pequeña región.



Si el solenoide se alimenta con corriente continua, la polaridad de sus polos magnéticos permanece fija; si se alimenta con corriente alterna, su polaridad magnética se invierte cada vez que la dirección de la corriente cambie.

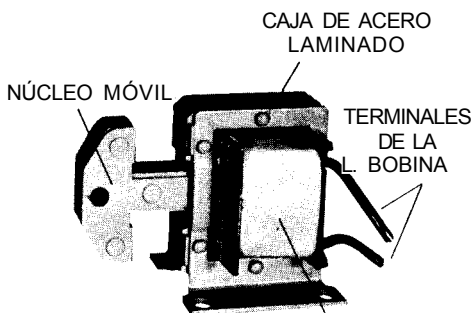
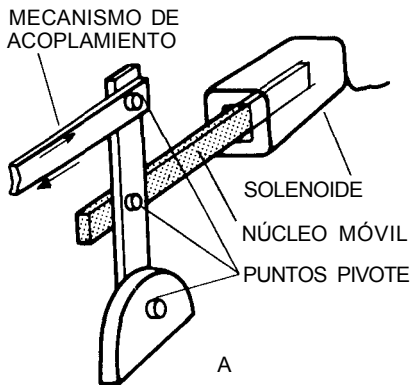
**Solenoides de control.** Una bobina de solenoide casi siempre se fabrica devanando muchas vueltas de alambre alrededor de un cilindro hueco hecho de papel, cartón o plástico. El intenso campo magnético generado por la bobina puede utilizarse para producir movimiento mecánico útil.

Un ejemplo de un solenoide se muestra en la figura 14-3A. En este arreglo, un macho o armadura (pieza móvil) de hierro o acero se coloca parcialmente dentro de la bobina. Cuando la bobina se excita la armadura se introduce aún más en ella. Con un acoplamiento correcto, el movimiento de la armadura puede utilizarse para controlar dispositivos, como válvulas, interruptores y mecanismos de embrague. Un ejemplo típico de este tipo de control se encuentra en las lavadoras automáticas, en las cuales las válvulas de agua se accionan con un conjunto de solenoides (Fig. 14-3B).

**Solenoides de timbre.** El timbre es otra aplicación común del solenoide. En este dispositivo, una armadura de hierro o acero con una punta de plástico o hule se coloca dentro de la bobina (Fig. 14-4A). Cuando la bobina se excita, la armadura es atraída hacia su interior. Esto causa que la punta golpee la barra del timbre y produzca sonido (Fig. 14-4B).

## ELECTROIMÁN CON NÚCLEO DE HIERRO

Puede fabricarse un electroimán más poderoso devanando alambre alrededor de un núcleo de hierro. Esto se debe a que el hierro es más permeable que el aire, lo cual significa que puede conducir las líneas de fuerza magnética con mayor facilidad. Por esta razón, pueden pasar muchas más líneas de fuerza entre los polos de un electroimán, produciendo un campo magnético más intenso (Fig. 14-5). Si se utiliza hierro



**B BOBINA DEL SOLENOIDE**

**Fig. 14-3.** Mecanismo de un solenoide de control: (A) estructura y operación básica; (B) montaje de un solenoide típico (Cortesía de Cutler-Hammer).

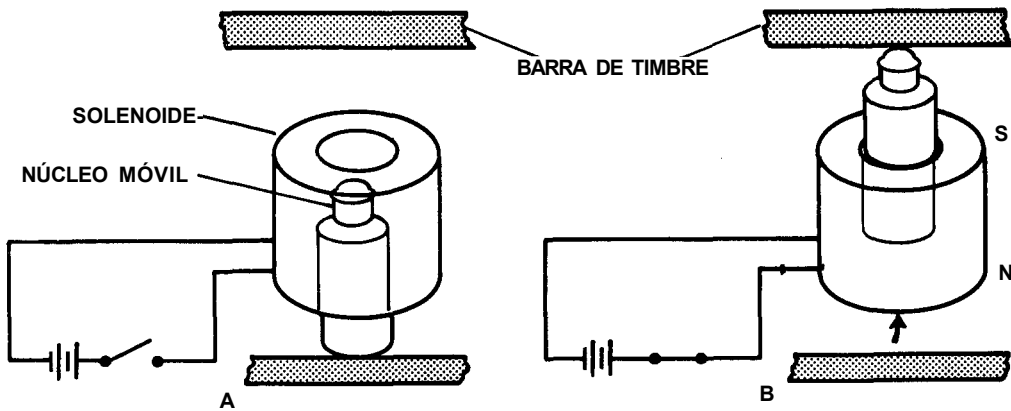


Fig. 14-4. Funcionamiento de un timbre de puerta.

dulce como núcleo, quedará muy poco magnetismo remanente o residual después que se ha desactivado o apagado el electroimán. La causa de esto es la baja retentividad o poca capacidad del hierro dulce para permanecer magnetizado.

La intensidad de un electroimán se expresa en una unidad denominada ampere-vueJtas. Ésta es el producto de la corriente a través de la bobina por el número de vueltas de alambre que se han dado para devanar la misma. La unidad ampere-vueltas es útil para comparar las intensidades de electroimanes que operan al mismo voltaje.

En un gran número de dispositivos se utilizan electroimanes de diferentes tamaños e intensidades. Dichos dispositivos abarcan campanillas, zumbadores, claxons, relevadores, interruptores de circuito y embragues eléctricos. Como se verá en las unidades siguientes, el electromagnetismo o una combinación de electroimanes e imanes permanentes se utiliza en muchos productos electrónicos. Los electroimanes, por ejemplo, se emplean en transformadores, generadores, altavoces, micrófonos, cápsulas fonocaptoras y equipo de audio para grabación y reproducción.

## TIMBRES Y ZUMBADORES

Los timbres eléctricos, zumbadores y algunas clases de bocinas son un tipo interesante de dispositivos vibradores. El electromagnetismo en estos dispositivos se emplea para producir un rápido movimiento de la armadura hacia un lado y el otro. La estructura y los principios de operación de un timbre representativo se muestra en la figura 14-6.

Antes de que el botón del timbre se oprima la lámina de contacto se mantiene contra el punto de contacto por la tensión del resorte (Fig. 14-6A). Cuando se oprime el botón, el circuito se cierra y la corriente fluye a través de la bobina. El electroimán atrae entonces a la armadura a la posición que se muestra en la figura 14-6B. Esto ocasiona que la armadura se aleje del punto de contacto. En ese momento se interrumpe el

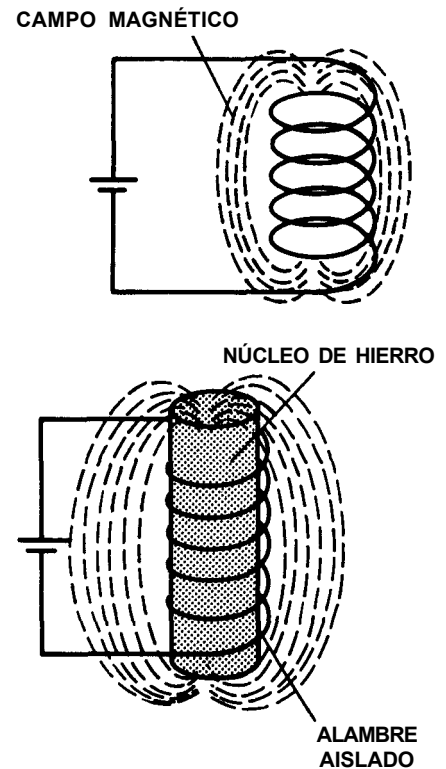


Fig. 14-5. El empleo de un núcleo de hierro dulce aumenta la intensidad de un electroimán.



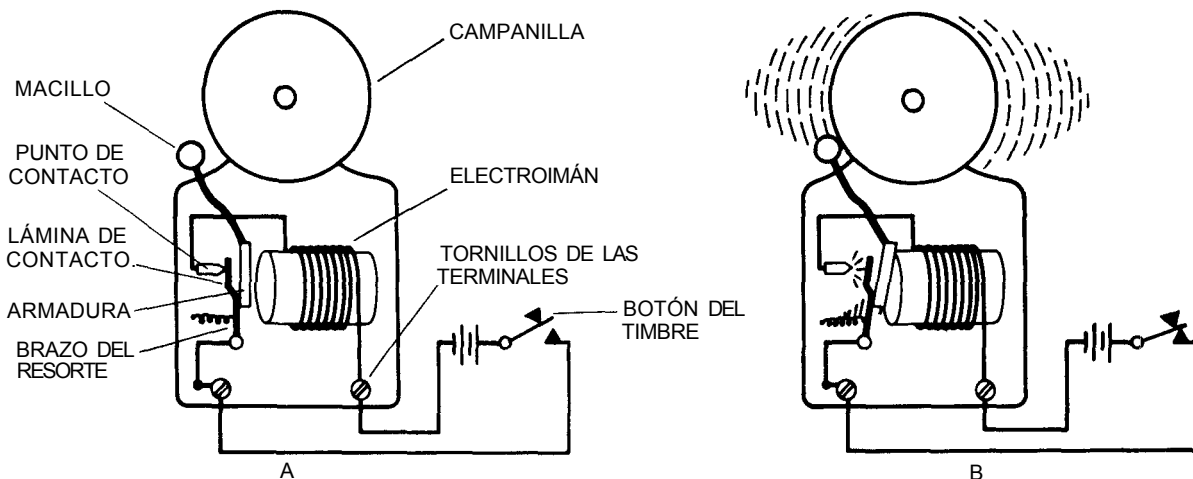


Fig. 14-6. Estructura y funcionamiento básicos de un timbre.

circuito y el electroimán se desactiva. El resorte es capaz en tal caso de regresar a la armadura al punto de contacto. La acción se repite muy rápidamente mientras el botón se oprime. El macillo unido a la armadura golpea la campanilla cada vez que la armadura se mueve hacia el electroimán. Esto produce un sonido continuo del timbre. En un zumbador, los sonidos se generan cuando la armadura golpea un extremo del núcleo del electroimán.

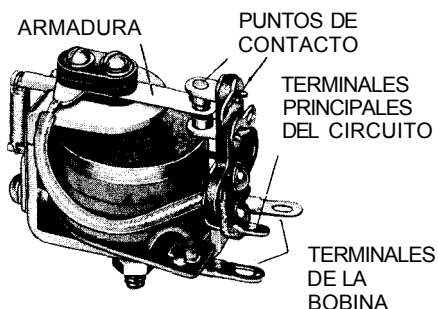


Fig. 14-7. Relevador monopolar-bidireccional.

## RELEVADOR

Un relevador es un interruptor operado magnéticamente que cierra o abre uno o más de los contactos entre sus terminales (Fig. 14-7). Como en el caso de interruptores mecánicos, la acción de los relevadores se describe por medio del número de líneas (polos) que se controlan y el número de contactos (vías o tiros) que cada polo puede realizar. El relevador de la figura 14-7 controla una línea (monopolar) y puede tocar o cerrar cualquiera de dos contactos (dos vías o dos tiros).

Los principios de operación de un relevador monopolar-unidireccional (una vía) se muestra en la figura 14-8A. Cuando el interruptor se cierra en el circuito del relevador se activa el electroimán. Por tal motivo atrae la armadura al punto de contacto fijo. Existe ahora continuidad entre las terminales 1 y 2 y la lámpara se enciende. Cuando se abre el interruptor del circuito del relevador, la bobina de éste se desactiva. Esto permite al resorte alejar la armadura del punto de contacto fijo y de esta manera se interrumpe el circuito conectado a las terminales 1 y 2. Otros arreglos de relevadores se muestran en la figura 14-8B.

Un relevador puede controlar una gran corriente de carga a un alto voltaje por medio de una pequeña corriente de activación del relevador a un bajo voltaje. Un ejemplo de esto se muestra con el circuito de la figura 14-9. Aquí el relevador se

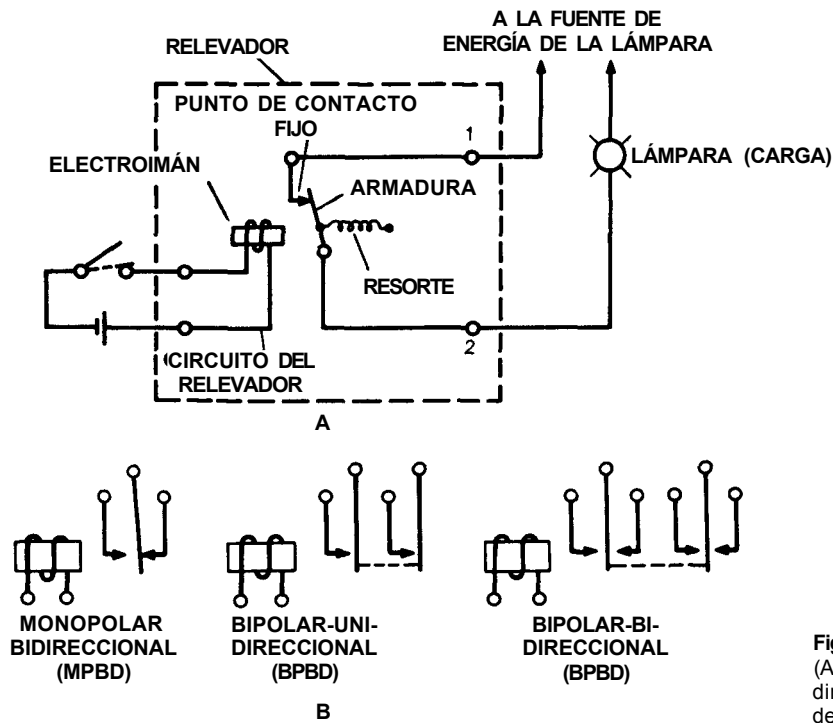


Fig. 14-8. Operación de un relevador: (A) relevador monopolar-una-vía o unidireccional; (B) acción de conmutación de otros relevadores comunes.

controla con la intensidad de la luz que incide sobre una celda fotoconductora. La corriente en el circuito de control, el cual consta de la celda, la bobina del relevador y la batería, es muy pequeña. Sin embargo, puesto que el circuito del motor que controla el relevador tiene una fuente de energía diferente, la corriente en este circuito puede ser, y en este caso así sucede, muy grande.

Especificación. El relevador de potencia de propósito general se especifica en términos de: 1) el voltaje de operación de

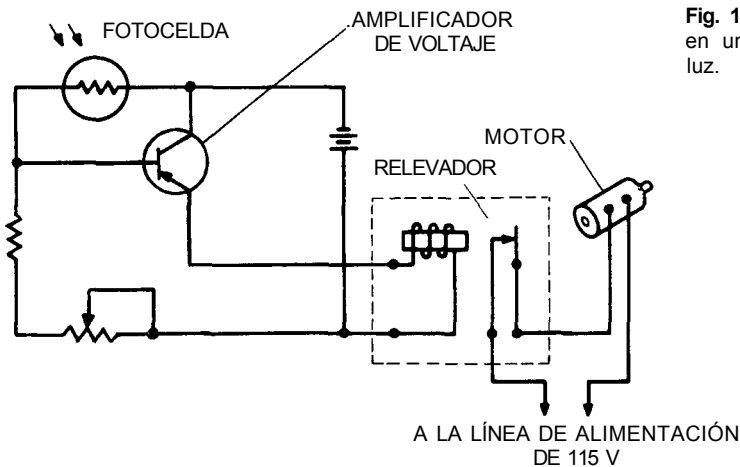


Fig. 14-9. Relevador sensible empleado en un circuito de control activado por luz.

la bobina del relevador y en todo caso si ésta operará con un voltaje de cc o ca; 2) la resistencia de su bobina, y 3) la corriente nominal de sus contactos. Esta última indica la corriente de carga segura más grande que el relevador puede controlar.

**Contactos.** Los contactos de un relevador se describen a menudo indicando que están normalmente abiertos (na) o normalmente cerrados (nc). Los contactos normalmente abiertos son los que están separados cuando el relevador está desactivado. Los contactos normalmente cerrados son los que están cerrados o en contacto cuando el relevador está desactivado.

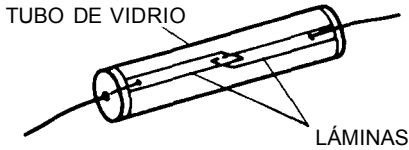


Fig. 14-10. Relevador de láminas magnéticas.

**Relevador de láminas magnéticas.** El arreglo de conmutación de un relevador de láminas magnéticas o interruptor de láminas está formado por unas láminas ferromagnéticas encerradas en un tubo de vidrio sellado (Fig. 14-10). En un arreglo completo de un relevador, el tubo se coloca próximo al campo magnético de una bobina. Cuando se activa la bobina, las láminas entran en contacto como un resultado de la atracción magnética. Este tipo de relevador es muy sensible, lo cual significa que puede operarse con una cantidad de corriente muy pequeña.

En otro tipo de relevador de láminas magnéticas, el contacto y la separación de las láminas se controla con un imán permanente que se acerca o aparta del encapsulado de las láminas. Cuando se usa en esta forma, el relevador de láminas algunas veces se denomina interruptor de proximidad magnética.

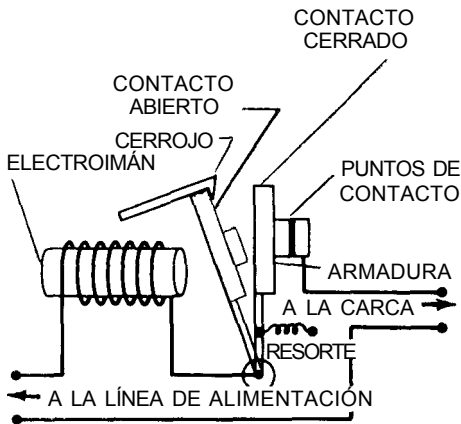


Fig. 14-11. Estructura y operación básicas de un interruptor de circuito magnético.

## INTERRUPTOR DE CIRCUITO MAGNÉTICO

El disyuntor o cortacircuito automático magnético es un dispositivo que protege a un circuito contra una corriente demasiado grande. En un tipo de disyuntor, la bobina de un electroimán y dos puntos de contacto se conectan en serie con un alambre de un circuito (Fig. 14-11).

Cuando la corriente es mayor que el amperaje nominal o la medida de la cinta del cortacircuito automático o disyuntor, el electroimán genera un campo suficientemente intenso para atraer la armadura. Esto mueve el punto de contacto a la posición de abierto y el circuito se interrumpe. Después de reconectarse mecánicamente, el disyuntor queda otra vez listo para proteger al circuito.

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

**13. El solenoide en acción.** El solenoide descrito es un dispositivo interesante que muestra cómo un electroimán puede

producir el movimiento mecánico de un núcleo móvil o vástago. La misma idea básica se usa para operar muchos tipos de timbres, anuncios publicitarios, relevadores e interruptores.

#### MATERIALES NECESARIOS

2 piezas de madera  $3/4 \times 1\ 1/2 \times 4$  pulg (19 x 38 x 102 mm)  
tubo de plástico o papel resistente de 4 pulg (102 mm) de longitud,  $5/16$  pulg (8 mm) de diámetro interior  
300 pies (91.4 m) de alambre para electroimanes de esmalte ordinario (EO), no. 22 (0.63 mm)  
2 broches Fahnestock, 1 pulg (25 mm)  
2 tornillos de cabeza redonda para madera, 5 por 1/2 pulg  
2 terminales para conexión soldada, no. 8  
barra redonda de hierro dulce,  $1/4 \times 4\ 1/2$  pulg (6.4 x 114.3 mm)  
1 pequeña cantidad de cola para madera o cemento plástico  
5 pies (1.5 m) de alambre para conexión  
fuente de alimentación de cc o batería de 6 volts  
transformador de timbre, 10 volts en el secundario y equipado con terminales en el primario y con clavija

#### Procedimiento

1. Arme los primeros ocho artículos de la lista de materiales como se muestra en la figura 14-12.
2. Conecte la batería en los broches.
3. Coloque la barra de hierro en el tubo. Notará la intensa atracción del electroimán después de haber introducido la barra hasta la mitad del tubo.

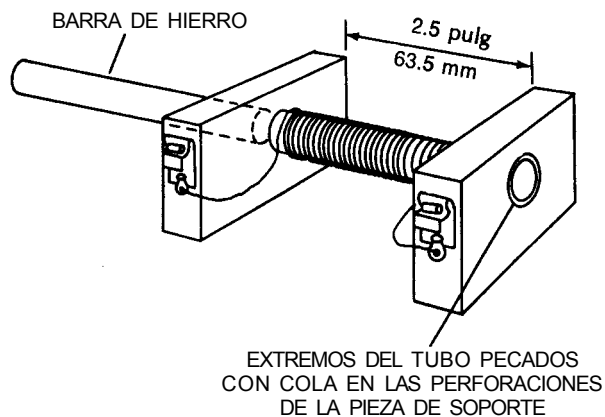


Fig. 14-12. Empleo del principio del electromagnetismo en un solenoide.

4. Desconecte la batería. Coloque el solenoide en posición vertical con el margen de su base aproximadamente  $2\ 3/4$

pulg (70 mm) arriba de una tabla. Deje caer la barra por el tubo y conecte la batería al circuito. En estas condiciones el núcleo móvil o vástago se moverá hacia arriba rápidamente.

5. Conecte el transformador en el solenoide y coloque la barra en el tubo. Sostenga un objeto metálico contra un extremo de la barra. Pueden servirle la hoja de un cuchillo o la punta de un desarmador. Si el objeto se sostiene ligeramente, "vibrará" contra el extremo de la barra. ¿Cuál es la causa de esto?
6. Explique la operación del solenoide y el núcleo móvil o vástago.

---

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El campo electromagnético producido por una corriente está en la forma de \_\_\_\_\_ alrededor del conductor.
2. Una corriente continua produce un campo magnético de polaridad e intensidad \_\_\_\_\_.
3. Una corriente alterna produce un campo magnético cuya \_\_\_\_\_ se invierte y que cambia en \_\_\_\_\_.
4. Cuando una corriente pasa a través de una bobina de alambre, los campos magnéticos alrededor de las vueltas de la misma se \_\_\_\_\_ para producir el campo electromagnético total.
5. Si un solenoide se activa con una corriente alterna, su polaridad magnética se invierte cada vez que se invierte la \_\_\_\_\_ de la corriente.
6. Una pieza móvil de hierro colocada en un solenoide de control se denomina \_\_\_\_\_.
7. Puede construirse un electroimán más poderoso que un solenoide devanando alambre aislado alrededor de un \_\_\_\_\_.
8. El magnetismo que queda en el núcleo de un electroimán después que su bobina se ha desactivado se denomina \_\_\_\_\_.
9. Los electroimanes se emplean en dispositivos como \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

10. Un relevador es un \_\_\_\_\_ que se acciona.
11. Un relevador de potencia de propósito general se especifica en términos del \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
12. Los contactos del relevador normalmente abiertos son aquéllos que se encuentran separados cuando el relevador no está \_\_\_\_\_.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina el electromagnetismo.
2. ¿Cuáles son las diferencias entre los campos magnéticos producidos por corriente continua y por corriente alterna?
3. ¿Qué es un solenoide?
4. ¿Por qué se invierte periódicamente la polaridad magnética de un solenoide cuando se opera con una corriente alterna?
5. Describa un solenoide práctico. Explique cómo puede usarse como un dispositivo de control.
6. Explique el funcionamiento de un solenoide de timbre.
7. ¿Cuál es el efecto de añadir un núcleo de hierro a una bobina electromagnética? Explique las razones de esto.
8. Defina el magnetismo remanente.
9. Explique cómo puede aumentarse la intensidad de un electroimán con núcleo de hierro dado, sin añadir vueltas de alambre en su bobina.
10. Explique por qué al añadir vueltas de alambre a la bobina de un electroimán más

allá de cierto punto se ocasionará que disminuya la intensidad del electroimán.

11. Describa la estructura de un timbre típico. Explique su funcionamiento.
12. ¿Qué es un relevador? ¿Cómo es el efecto de conmutación del relevador descrito?
13. Explique el funcionamiento de un relevador sencillo.
14. ¿Cómo puede usarse un relevador en el control?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

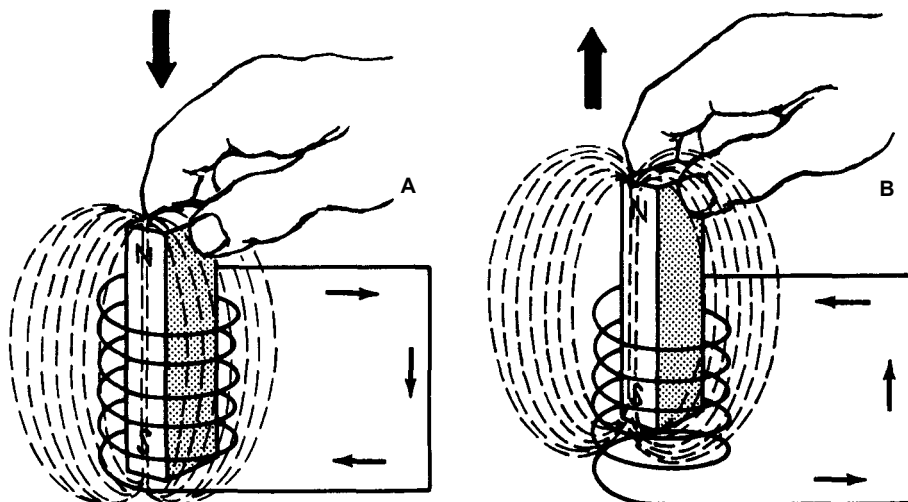
1. Prepare un escrito o un informe oral acerca del empleo del electromagnetismo y de los dispositivos electromagnéticos.
2. Dé una demostración de dispositivos electromagnéticos como solenoides, zumbadores o relevadores. Describalos en clase y explique el funcionamiento de cada uno.

## Unidad 15 Inducción electromagnética e inductancia

Si un imán se mueve cerca de un alambre, su campo magnético atravesará al alambre y producirá un voltaje entre los extremos de éste. Si los extremos del alambre se conectan para formar un circuito cerrado, el voltaje ocasionará que una corriente circule a través del circuito (Fig. 15-1 A). Un voltaje que se produce en esta forma se denomina voltaje inducido y la corriente producida por el mismo, corriente inducida. Esta importante relación entre la electricidad y el magnetismo se conoce como inducción electromagnética. Cuando el imán se mueve en la dirección opuesta, cambia la polaridad del voltaje inducido y sucede lo mismo con la dirección de la corriente en el circuito (Fig. 15-1B).

El movimiento es necesario para producir un voltaje por medio de la inducción electromagnética. El campo magnético

Fig. 15-1. Inducción electromagnética.



debe moverse más allá del alambre o el alambre más allá del campo magnético. Si tanto el alambre como el campo magnético permanecen estacionarios, no puede inducirse ningún voltaje entre los extremos del alambre.

El empleo de la inducción electromagnética en *alternadores* y otro tipo de generadores es uno de los más importantes. Tales máquinas suministran la energía eléctrica que las compañías de generación eléctrica distribuyen en los hogares. La inducción electromagnética se emplea también para operar muchos otros tipos de máquinas y dispositivos. Entre ellos motores, transformadores, micrófonos, cápsulas fonocaptoras, grabadoras y cabezas reproductoras.

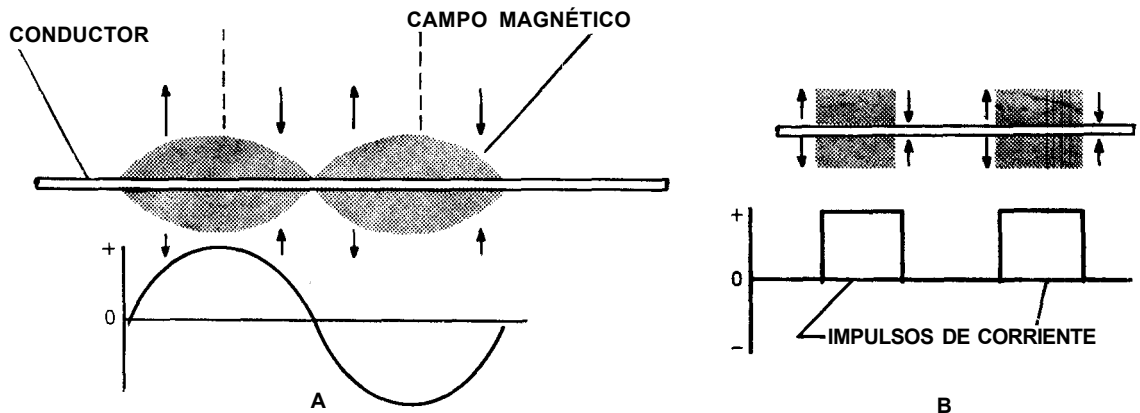
## CAMPO MAGNÉTICO VARIABLE

Como se sabe, se produce inducción electromagnética sólo cuando existe movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor. En un generador, este movimiento se produce al girar el arreglo de su *rotor* o de su bobina de campo con una máquina especial. En un dispositivo como un transformador, el cual no tiene partes móviles, un campo magnético móvil se produce por el cambio del valor de la corriente.

**Corriente alterna.** El campo magnético producido por una corriente alterna se muestra en la figura 15-2A. Cuando la corriente está aumentando, el campo magnético se expande hacia afuera del conductor. Conforme disminuye la corriente, el campo magnético se contrae hacia el conductor. Un campo magnético variable como éste puede generar inducción electromagnética.

**Corriente continua.** Una corriente continua constante no produce un campo magnético variable. Por esta razón, dicha corriente no puede producir inducción electromagnética. Cuando se tiene que emplear corriente continua en un dispositivo como un transformador, la corriente debe interrumpir

Fig. 15-2. Campos magnéticos variables: (A) campo producido por una corriente alterna; (B) campo producido por una corriente continua pulsante.



pirse para formar impulsos. La corriente continua pulsante genera un campo magnético variable, que puede causar inducción electromagnética (Fig. 15-2B).

**Entrehierro magnético.** La intensidad del campo magnético de un imán permanente estacionario puede variarse cambiando la permeabilidad de su entrehierro o espacio entre sus polos. El entrehierro varía al mover en su interior una armadura de hierro dulce.

Conforme se acerca la armadura al entrehierro, aumenta la permeabilidad de éste. De esta manera se genera un intenso campo magnético entre los polos del imán (Fig. 15-3A). Cuando la armadura se aleja del entrehierro, disminuye la permeabilidad del espacio entre los polos. En este caso, también disminuye la intensidad del campo magnético (Fig. 15-3B). Este método para cambiar la intensidad de un campo magnético se emplea en una capsula fonocaptora magnética.

IMÁN PERMANENTE

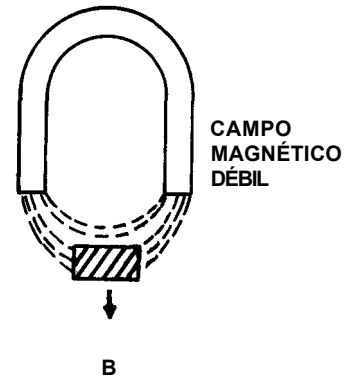
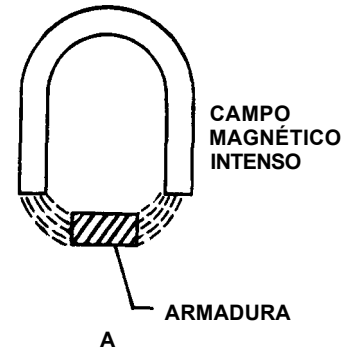


Fig. 15-3. Campo magnético variable generado por el cambio de posición de una armadura de hierro dulce dentro de un entrehierro magnético.

## TRANSFORMADOR

La palabra transformar significa cambiar. Un transformador se emplea para cambiar el valor del voltaje o corriente en un sistema eléctrico (Fig. 15-4). Si reduce un voltaje, se denomina transformador reductor y si lo incrementa, transformador elevador. Algunos transformadores no cambian el valor del voltaje y en este caso se denominan transformadores de aislamiento. Tales transformadores se emplean cuando el equipo eléctrico no debe conectarse a tierra a través de la línea eléctrica.

Los transformadores se utilizan para cambiar el valor del voltaje en muchos tipos de circuitos; por ejemplo, para cambiar el voltaje de 120 volts de la red de alimentación en un voltaje necesario para operar circuitos rectificadores. Estos

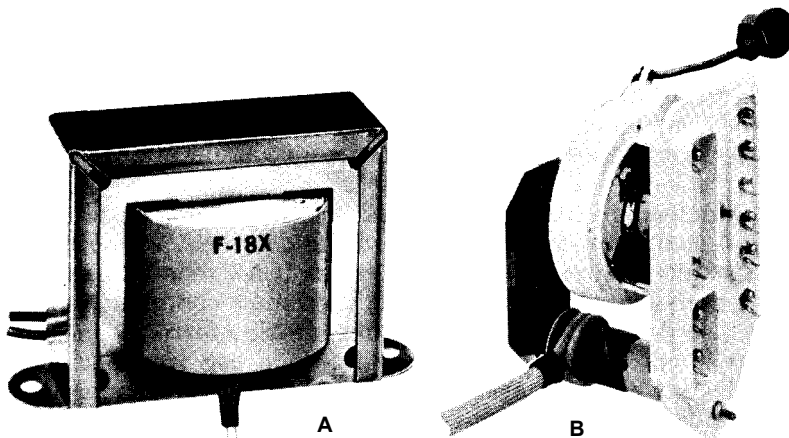


Fig. 15-4. Transformadores pequeños: (A) transformador de audio; (B) transformador de alto voltaje de salida horizontal de televisión (Triad-Utrad Distributor División of Litton Precisión Products Inc.).



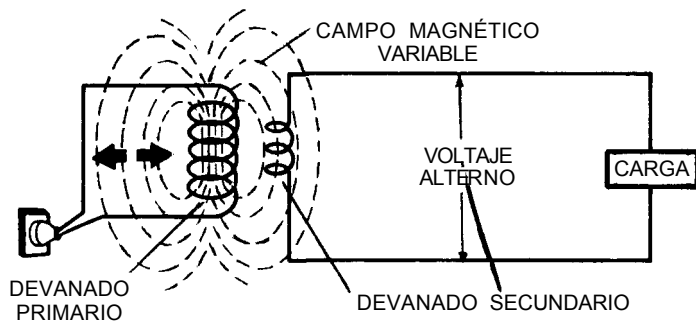


Fig. 15-5. Operación de un transformador sencillo.

circuítos se emplean para cambiar la corriente alterna en corriente continua en aparatos como radios, receptores de televisión y sistemas radiofónicos. La bobina de encendido en el sistema de encendido de un automóvil es un transformador elevador que suministra un alto voltaje a las bujías. Ambos transformadores, el reductor y el elevador, se emplean en sistemas que distribuyen la energía eléctrica de las centrales eléctricas a las casas.

La operación de un transformador sencillo se muestra en la figura 15-5. Aquí un devanado o bobina del transformador, denominado devanado primario, se conecta a la fuente de energía. El otro, el devanado secundario, está aislado eléctricamente del devanado primario y se conecta a la carga.

La corriente alterna en el devanado primario produce un campo magnético variable, que induce un voltaje en el devanado secundario. Como consecuencia, la energía se transfiere del devanado primario al secundario. Éste es un ejemplo de lo que se conoce como inducción mutua.

**Polaridad del voltaje inducido.** La polaridad del voltaje producido por la inducción electromagnética depende de la dirección en la cual las líneas de fuerza magnética atraviesan a un conductor. Puesto que un transformador se opera con corriente alterna o con corriente continua pulsante, el campo magnético en torno al devanado primario se extiende y se contrae conforme atraviesa el devanado secundario. Esto significa que el campo magnético atraviesa el devanado secundario primero en una dirección y posteriormente en la otra. Por tanto, el voltaje inducido a través del devanado secundario de cualquier transformador es un voltaje alterno.

**Núcleos de transformador.** El transformador en la figura 15-5 es un transformador con núcleo de aire. Las bobinas de transformadores que operan, ya sea con corrientes alternas de menos de 20 000 hertz o con corrientes continuas pulsantes, se devanan alrededor de núcleos de hierro. A pesar de sus nombres, estos núcleos se fabrican con frecuencia con delgadas hojas de acero a las cuales se añade una pequeña cantidad de silicio; estas hojas se llaman laminaciones. En la figura 15-6 se muestran dos tipos de núcleos y devanados que

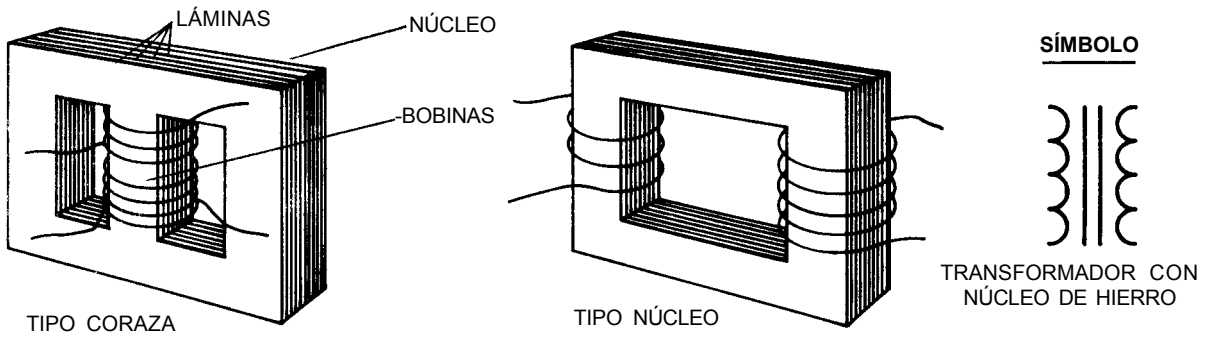


Fig. 15-6. Tipos de núcleos empleados en transformadores con núcleos de hierro.

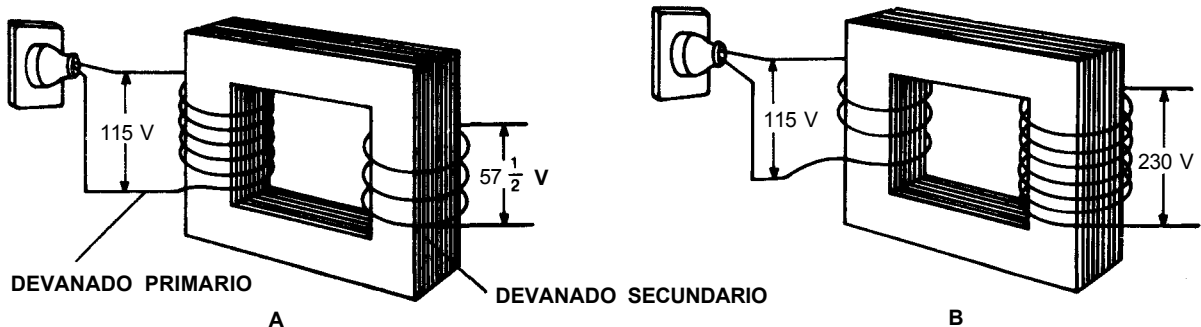
se emplean por lo común en transformadores con núcleo de hierro.

Con núcleos de hierro pueden generarse campos magnéticos intensos en un transformador. Esto, también, permite que se transfiera una gran cantidad de energía del devanado primario al secundario.

Un núcleo laminado, en contraposición con el sólido, se emplea para reducir la cantidad de energía desperdiciada (disipada) en forma de calor. Una parte de ese calor lo producen las corrientes parásitas o de *Foucault*. Dichas corrientes se inducen en el núcleo de un transformador. Otras pérdidas de energía en el núcleo del transformador se conocen como pérdidas por histéresis. Estas son el calor producido dentro de un núcleo cuando sus dominios magnéticos tratan de alinearse por sí mismos con los cambios de polaridad de un campo magnético generado por una corriente alterna.

**Valor del voltaje inducido.** El valor del voltaje inducido a través del devanado secundario depende del número de vueltas de alambre que tiene éste en comparación con el número de vueltas del devanado primario. Lo anterior se denomina razón de vueltas del transformador. Si el devanado secundario tiene la mitad de vueltas que el del primario, el voltaje se reducirá a la mitad del voltaje del devanado primario (Fig. 15-7A). Si el devanado secundario contiene el doble de vueltas que el devanado primario, el voltaje se elevará al doble del voltaje del devanado primario (Fig. 15-7B).

Fig. 15-7. El voltaje que se induce en el devanado secundario de un transformador depende de la razón de vueltas entre los devanados del transformador: (A) transformador reductor; (B) transformador elevador.



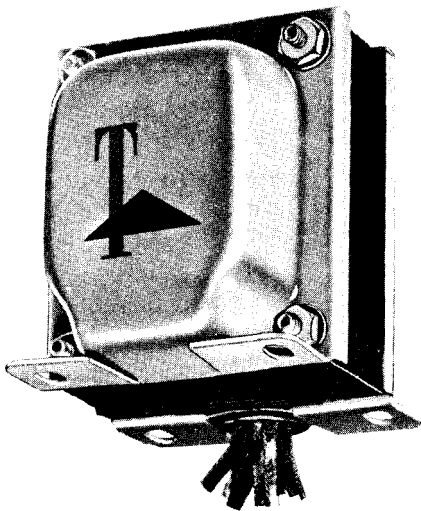


Fig. 15-8. Transformador de potencia (Triad-Utrad Distributor División of Lit-ton Precisión Products Inc.).

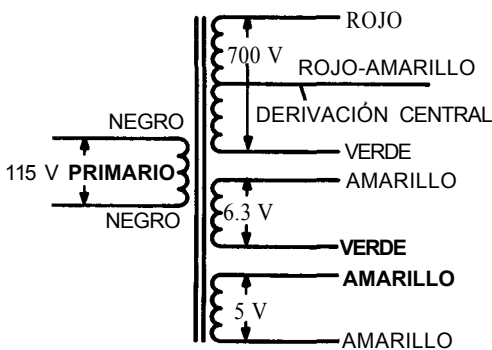


Fig. 15-9. Esquema de un transformador de potencia que muestra el código de colores para identificar los diferentes devanados.

## TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Un transformador que suministra el voltaje necesario en un equipo electrónico se llama a menudo transformador de potencia (Fig. 15-8). Un transformador que se emplea en un circuito rectificador con frecuencia se denomina transformador para rectificador.

Algunos transformadores de potencia tienen más de un devanado secundario. Cada uno de estos devanados está eléctricamente aislado de los demás. Esto permite obtener diferentes valores de voltajes de salida (Fig. 15-9). Un código de colores se utiliza por lo general para identificar los diferentes devanados. Los transformadores de este tipo se encuentran comúnmente en radorreceptores antiguos, amplificadores y aparatos de televisión que tienen tubos electrónicos en vez de transistores.

## RELACIONES ENTRE VOLTAJE Y CORRIENTE

Aunque un transformador de potencia puede elevar o reducir el voltaje, su devanado secundario no puede entregar una cantidad de energía a la carga, mayor que la que le suministra el devanado primario. En efecto, la energía que puede demandarse del devanado secundario siempre es menor que la suministrada por el devanado primario. Esto se debe a las pérdidas de energía dentro del núcleo y los devanados.

Como ejemplo, suponga que a través del devanado primario de un transformador que opera a 115 volts fluye una corriente de 2 amperes. Si el devanado secundario tiene 10 veces más vueltas de alambre que el primario, el voltaje a través del primero se elevará a  $115 \times 10$  o 1150 volts (Fig. 15-10).

Puesto que  $P = EI$ , la potencia del devanado primario es igual a  $115 \times 2$  o 230 watts. Si se considera que las pérdidas de energía dentro del transformador son insignificantes, el wattaje en el devanado del secundario también será de 230 watts. La máxima corriente que el devanado secundario puede entregar a la carga es, entonces igual a

$$I = \frac{P}{E}$$

$$\frac{230}{1150} = 0.2 \text{ ampere}$$

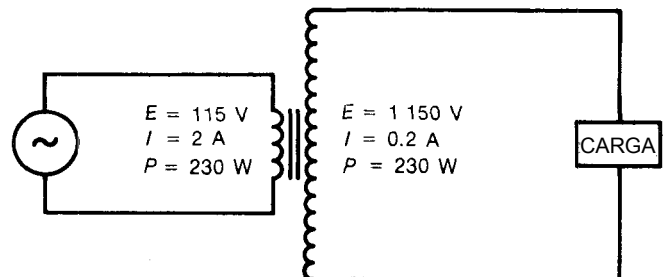


Fig. 15-10. Relación entre el voltaje y la corriente en un transformador.

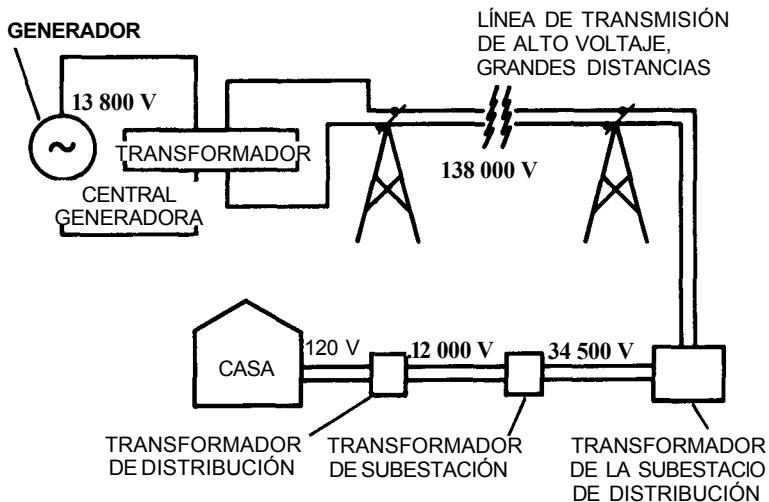


Fig. 15-11. Representación simplificada de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Por tanto, cuando el voltaje aumenta 10 veces, la corriente en el devanado secundario disminuye en la misma proporción, es decir, de 2 amperes a 0.2 amperes.

Asimismo, en un transformador reductor de voltaje la corriente máxima que puede entregar el devanado secundario a la carga será mayor que la corriente en el devanado primario. Esta condición debe existir si la potencia ( $P = Eij$  del devanado secundario es igual que la potencia del devanado primario.

## LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las relaciones entre los voltajes de entrada y salida y las corrientes en un transformador se ejemplifican por medio de una línea de transmisión. Tal línea se emplea para entregar la energía eléctrica de una central generadora a las casas y edificios (Fig. 15-11). En esta caso, un transformador en la central eleva el voltaje producido por el generador. Gracias a este muy alto voltaje, es posible entregar la cantidad de energía requerida de la planta a los usuarios por medio de una línea de transmisión de gran distancia con baja corriente. A su vez, esta baja corriente reduce las pérdidas de potencia en la línea de transmisión y además permite utilizar conductores más pequeños.

Los transformadores de la subestación, que se emplean con este sistema de transmisión de energía, reducen el alto voltaje de la línea de transmisión a voltajes mucho menores. Posteriormente los transformadores de distribución reducen aún más estos voltajes. Como consecuencia de estas reducciones de voltaje, la corriente total disponible para los usuarios es muchas veces más grande que la corriente presente en la línea de transmisión. Sin embargo, la energía total nunca es más grande que la producida originalmente por el generador.

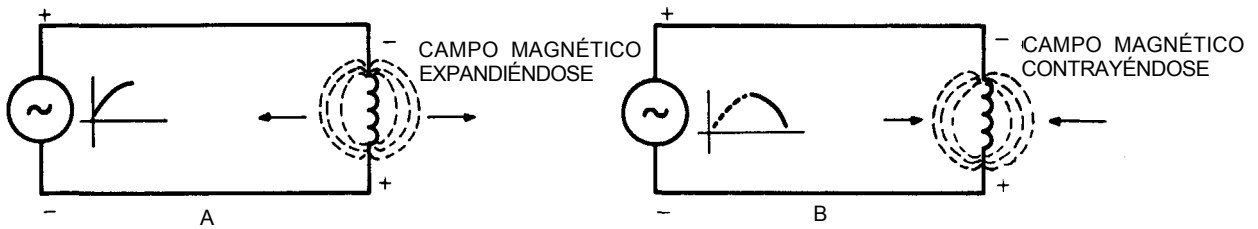


Fig. 15-12. Autoinductancia.

En realidad, por causa de las pérdidas en la línea, la energía disponible es mucho menor que la generada.

## AUTOINDUCTANCIA

Cuando una corriente que está cambiando de valor circula por una sola bobina, se produce un campo magnético variable en torno a ella. Este efecto induce un voltaje por medio de la inducción electromagnética a través de la misma bobina. Lo anterior se denomina autoinductancia o simplemente *inductancia*. El voltaje generado por autoinductancia siempre es de una polaridad que se opone a cualquier cambio en la intensidad de la corriente que circula por la bobina.

Considere los circuitos que se muestran en la figura 15-12. Cuando el voltaje alterno aplicado a estos circuitos aumenta de valor durante el primer cuarto de su ciclo, aumenta también la corriente a lo largo de la bobina. Esto produce un campo magnético que se extiende en torno a ella (Fig. 15-12A). En ese momento se induce un voltaje a través de la bobina de una polaridad que tiende a oponerse al cambio (aumento) de la corriente en la misma.

Cuando el voltaje aplicado comienza a disminuir durante el segundo cuarto de su ciclo, empieza a contraerse el campo magnético alrededor de la bobina (Fig. 15-12B). Como consecuencia, se invierte la polaridad del voltaje inducido a través de ella. Este voltaje es ahora de una polaridad que una vez más tiende a oponerse al cambio (disminución) de la corriente en la bobina.

Cuando la corriente está en la segunda mitad de su ciclo, se invierten las polaridades del voltaje aplicado y de los voltajes inducidos. Sin embargo, el voltaje inducido continúa con una polaridad que tiende a oponerse a cualquier cambio en el valor de la corriente. Por esta razón, el voltaje inducido se opone también al voltaje aplicado que origina el cambio en la corriente. Éste es el motivo por el cual el voltaje inducido por la autoinductancia se llama *contra voltaje* o *fuerza contraelectromotriz* ( $f_{cem}$ ).

La unidad de inductancia es el henry, nombre dado en honor a Joseph Henry, maestro y físico estadounidense que vivió de 1797 a 1878. Una bobina tiene una inductancia de un henry cuando una corriente que cambia a razón de un amperere por segundo origina un voltaje inducido de un volt a través de la misma.  $L$  es el símbolo literal para la inductancia.

## REACTANCIA INDUCTIVA

La reactancia inductiva es la oposición al cambio de la corriente en una bobina, originado por la inductancia de ésta. El ohm es la unidad de la reactancia inductiva y  $X_L$  su símbolo literal. El valor de la reactancia inductiva depende de la inductancia de la bobina y de la frecuencia de la corriente que circula por ella. La fórmula para la reactancia inductiva es

$$X_L \text{ (en ohms)} = 2 \pi fL$$

donde  $f$  = la frecuencia de la corriente en hertz

$L$  = la inductancia de la bobina en henrys

Esta fórmula muestra que la reactancia inductiva es directamente proporcional tanto a la frecuencia como a la inductancia. Según aumente la frecuencia aumentará la reactancia inductiva. Esta última aumenta también si aumenta la inductancia de un circuito.

Cuando se presentan en un circuito reactancia inductiva y resistencia, la oposición total a la corriente se denomina impedancia. El ohm es la unidad de impedancia y  $Z$  su símbolo literal.

## INDUCTORES

Los inductores son bobinas que se devanan de manera que tengan cierto valor de inductancia. La inductancia de un inductor depende fundamentalmente de cuatro factores: 1) el número de vueltas de alambre devanado, 2) el área de la sección transversal de la bobina, 3) la permeabilidad de los materiales de su núcleo y 4) la longitud de la bobina.

Los inductores con núcleo de hierro algunas veces se llaman bobinas reductoras o reactores. A menudo se utilizan para filtrar o allanar la corriente de salida de un circuito rectificador (Fig. 15-13). Los inductores se emplean también con capacitores en circuitos de sintonía de radio y televisión y en circuitos osciladores.

## PRUEBA DE TRANSFORMADORES E INDUCTORES

Las siguientes son las fallas más comunes en los transformadores: 1) quemado de los devanados por efecto de una corriente excesiva, 2) devanados a tierra o en corto con el núcleo, 3] cortos entre vueltas adyacentes de alambre y 4) cortos entre los devanados primarios y secundarios. Las primeras tres de estas fallas también se presentan en los inductores.

**Pruebas de continuidad.** Los diferentes devanados de un transformador pueden identificarse en forma sencilla mediante pruebas de continuidad. Una prueba de continuidad

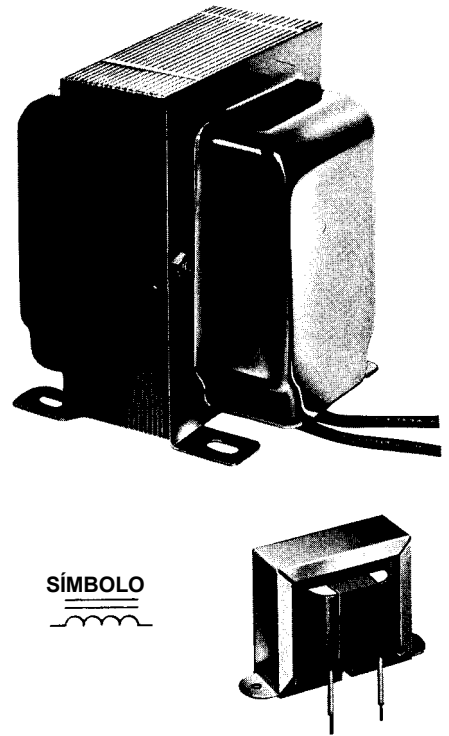


Fig. 15-13. Bobinas reductoras (Essex International, Inc.)

puede efectuarse también para determinar si algunos de los devanados están abiertos o existen cortos entre los devanados o entre uno de ellos y el núcleo.

Un corto entre las vueltas del devanado de un transformador o de un inductor no puede por lo general decidirse mediante pruebas de continuidad. Con mucha frecuencia el corto provocará que el devanado se sobrecaliente, aun cuando opere con una intensidad de corriente normal.

Las pruebas de continuidad de un transformador o un inductor deben realizarse únicamente después que el dispositivo se ha desconectado de su circuito. En caso contrario, otros componentes en el circuito pueden interferir con las pruebas.

**Pruebas de voltaje.** Después de la prueba de continuidad, debe realizarse una prueba de voltaje en el devanado secundario. Para ello, se requiere aplicar un voltaje al devanado primario. Esto debe efectuarse únicamente después de inspeccionar que los extremos desnudos de las terminales del devanado secundario no están en contacto entre sí. Donde se esperan muy altos voltajes del secundario, puede emplearse un voltaje primario reducido y determinarse la relación entre voltajes. Por ejemplo, un transformador que opera con 120 volts en el devanado primario y 600 volts en el secundario, su relación entre voltajes es de 120:600 o 1:5. Si se aplican 10 volts al primario, deben medirse cerca de 50 volts en el secundario.



**PRECAUCIÓN:** Los transformadores de potencia a menudo tienen un devanado de muy alto voltaje, el cual presenta un serio peligro de choque eléctrico. Debe tener extremo cuidado cuando aplique el voltaje al primario. Al realizar las pruebas nunca debe tocar al mismo tiempo ambas terminales del devanado.

Después que se haya encontrado el voltaje de cada devanado secundario, márchense las terminales como una referencia futura.

---

## APRENDIZAJE PRACTICO

**14. Inducción electromagnética.** Mediante el siguiente procedimiento puede apreciar, de una manera muy interesante, la generación de voltaje por inducción electromagnética. Esto le ayudará a entender mejor el significado del fenómeno de inducción electromagnética y cómo se emplea en la operación de transformadores y generadores.

## MATERIALES NECESARIOS

1 pieza de madera, 3/4 x 4 x 6 pulg (19 x 102 x 152 mm)  
1 varilla para montaje de madera, 1/2 x 1 1/4 pulg (12.7 x 32 mm)  
disco de plástico, 3 pulg (76 mm) de diámetro y al menos 1/16 pulg (1.6 mm) de espesor  
300 pies (91.4 m) de alambre para electroimanes EO no. 25 (0.45 mm)  
2 broches o presillas tipo Fahnestock, 1 pulg (25 mm)  
2 tornillos de cabeza redonda para madera, 5 x 1/2 pulg  
2 terminales para conexión soldada, no. 8  
1 clavo de cabeza común, 1 o 3/4 pulg (25 o 19 mm)  
imán permanente en forma de barra o varilla galvanómetro de carátula con cero al centro

## Procedimiento

1. Monte los materiales como se muestra en la figura 15-14. Es conveniente que se devane la bobina antes que monte los broches o presillas en la base.
2. Conecte el galvanómetro en los broches.
3. Sostenga un polo del imán sobre el centro de la bobina. No mueva el imán ni la bobina. ¿Se está induciendo ahora un voltaje a través de la bobina? ¿Por qué?
4. Mueva el polo norte del imán sobre el disco desde el centro hacia afuera y observe el sentido en el que gira la aguja indicadora. En seguida invierta la orientación de los polos del imán y mueva su polo sur desde el centro hacia afuera. La polaridad del voltaje inducido a través de la bobina, ¿se invirtió? ¿Por qué?
5. Mueva lentamente un polo del imán sobre el disco desde el centro de la bobina hacia afuera y regréselo al centro. Al hacer esto observará que la aguja indicadora gira desde cero hacia un extremo de la escala, después regresa a cero y se va hacia el otro extremo de la escala y, por último, otra vez a cero. Como resultado de esta acción, ¿qué tipo de voltaje se ha generado a través de la bobina?
6. Mueva lentamente uno de los polos del imán desde el centro de la bobina hacia afuera; regréselo y repita lo



Fig. 15-14. Montaje utilizado en el ejercicio de aprendizaje práctico no. 14, "Inducción electromagnética".



- mismo varias veces. Observe la lectura más alta de la aguja indicadora. A continuación mueva el imán más rápido sobre la bobina. ¿Qué efecto tiene el movimiento más rápido en el voltaje inducido a través de la bobina?
- Mantenga un polo del imán ligeramente encima del centro de la bobina. Mueva ésta hacia un lado y regréselo a su posición inicial. ¿Lo anterior produce que se induzca un voltaje a través de la bobina? Con esto se prueba que la inducción electromagnética ocurre cuando un campo magnético se mueve más allá de una bobina o cuando una bobina se mueve dentro de un campo magnético estacionario.

### **15. Construcción de un experimentador electromagnético.**

Este arreglo puede emplearse como un electroimán, un magnetizador, un desmagnetizador y para realizar varios experimentos muy interesantes del electromagnetismo. Dicho arreglo puede operarse a 115 volts de ca o con voltaje de cc de hasta 6 volts.

#### MATERIALES NECESARIOS

- 1 pieza de madera, 3/4 x 7 1/2 x 10 1/2 pulg (19 x 191 x 267 mm)*
- 2 discos de plástico o Masonita, 1/8 x 4 pulg (3.18 x 102 mm) de diámetro*
- suficiente lámina metálica (hierro para transformador) para formar un núcleo de lámina de 11/2 x 11/2 x 4 pulg (38 x 38 x 102 mm). Las láminas de un transformador grande de desecho son excelentes para este propósito*
- 1 tira de hierro, 1/8 x 1 1/2 x 7 pulg (3.18 x 38 x 178 mm)*
- 1 barra redonda de hierro dulce, 1 x 4 pulg (25.4 x 102 mm)*
- 1 barra redonda de hierro dulce, 1 x 10 pulg (25.4 x 254 mm)*
- 1 anillo o arandela de aluminio, 1 1/2 o 2 pulg (38 o 50 mm) de diámetro*
- 1 disco de hoja de cobre o aluminio, 2 1/2 pulg (63.5 mm) de diámetro*
- 350 pies (107 m) de alambre para electroimanes EO, no. 14 (1.60 mm)*
- 18 pies (5.5 m) de alambre para electroimán EO no. 18 (1.00 mm)*
- 10 pulg (254 mm) de alambre desnudo o alambre para electroimán EO, no. 14 (1.60 mm)*
- 5 pies (1.5 m) de cordón para alimentación de dos conductores dúplex, no. 16 (1.25 mm)*
- 2 pies (0.6 m) de cordón eléctrico de hilos paralelos, no. 18 (1.00 mm)*
- 1 lámpara piloto, no. 40 o no. 46*
- 1 portalámpara miniatura, cosquillo de rosca*
- 1 clavija para uso rudo*
- 1 interruptor de palanca externo de 15 amperes, mtud, con tornillos de montaje*

2 conectares de empalme o tuercas para alambre, tamaño estándar

5 grapas aisladas

3 tornillos para metal de cabeza plana, no. 1/4 - 20 x 1 pulg (M6 x 1)

3 tornillos para madera de cabeza redonda, no. 8 x 3/4 pulg puño de algodón, espesor medio

barniz aislante o esmalte

cinta aislante plástica

fuelle de alimentación de cc de bajo voltaje, eliminador de baterías

### Procedimiento A (estructura básica)

1. Arme el núcleo de la bobina del electroimán y la configuración de la misma como se muestra en la figura 15-15A.
2. Con el alambre para electroimán EO del no. 4 (1.6 mm) devane densamente la bobina en capas (Fig. 15-15B). Aisle cada tercera capa del alambre con una sola capa de paño de algodón. Después de devanar la bobina, aplique en sus superficies exteriores un revestimiento grueso de barniz aislante; deje que seque completamente.
3. Ensamble los materiales y conecte el circuito mostrado en la figura 15-15C.

### Procedimiento B (el electroimán)

1. Conecte el experimentador en el tomacorriente de 115 volts y accione el interruptor. Al sostener un objeto compuesto de un material magnético cerca de la pieza polar del núcleo de la bobina, comprobará la existencia de un intenso campo electromagnético en el área cercana a esta pieza polar.

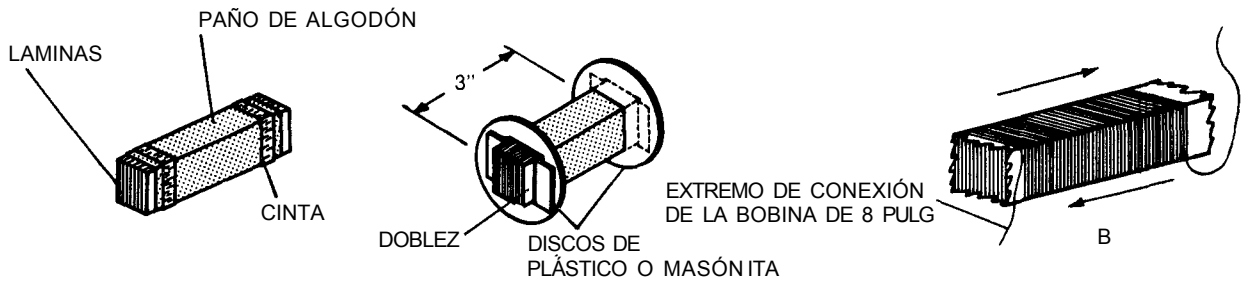


#### SEGURIDAD

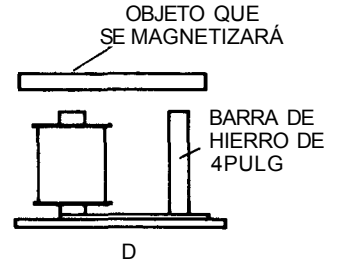
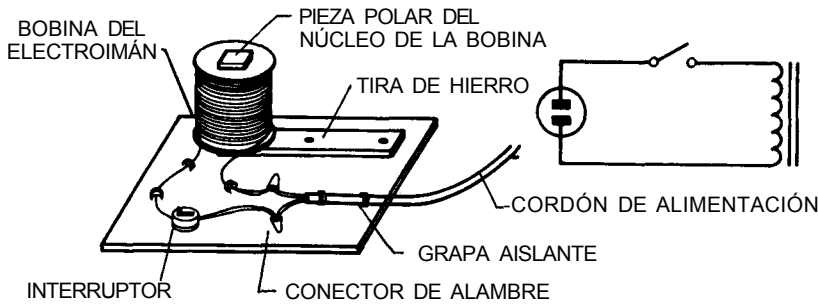
La bobina se sobrecalentará si opera continuamente durante mucho tiempo. Cuando esto ocurra, debe desconectar el circuito y dejar que la bobina se enfríe.

### Procedimiento C (magnetización y desmagnetización)

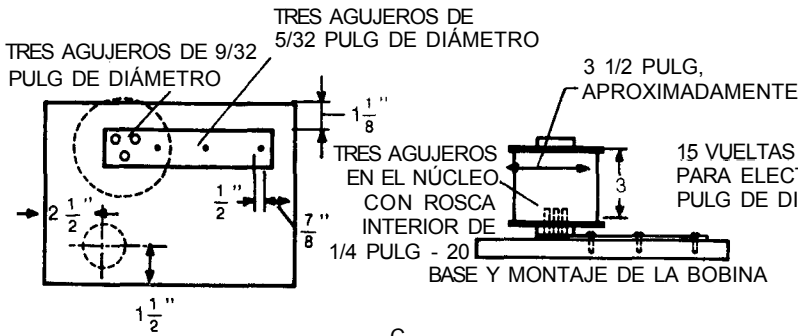
1. Para usar el experimentador como un magnetizador, conéctelo a la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de cc a 6 volts. Coloque el objeto que se magnetizará entre las piezas polares. Una de éstas se forma colocando la varilla de hierro de 4 pulg (102 mm) en posición vertical sobre la tira de hierro (Fig. 15-15D). La barra puede moverse como sea necesario para fijar la distancia adecuada. Encienda el interruptor y después de unos cuantos



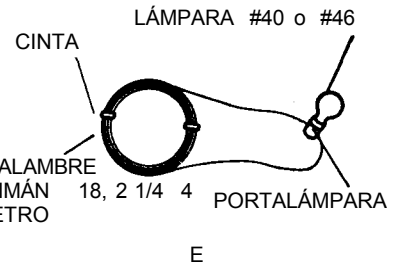
A



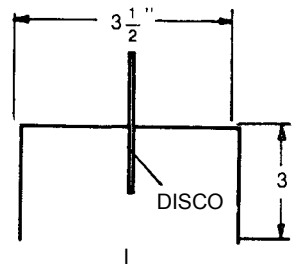
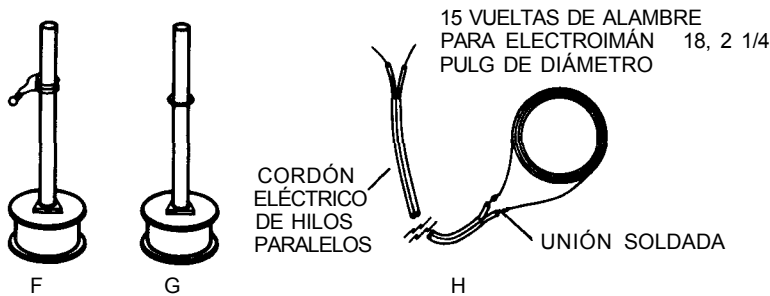
D



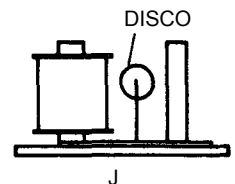
C



E



I



J

Fig. 15-15. Montajes utilizados en el ejercicio de aprendizaje práctico no. 15, "Construcción de un experimentador electromagnético".

- segundos apáguelo; en este momento el objeto debe estar magnetizado. Explique este proceso de magnetización.
2. Para emplear el experimentador como un desmagnetizador, conéctelo en una toma de corriente de 115 volts de ca y encienda el interruptor. Sostenga el objeto que se desmagnetizará un poco arriba de la pieza polar del núcleo de la bobina. A continuación aléjelo lentamente de la pieza polar a una distancia aproximada de 18 pulg (457 mm). Repita esta operación si es necesario. Explique este proceso de desmagnetización.

#### **Procedimiento D (funcionamiento como transformador)**

1. Ensamble la bobina y la lámpara como se muestra en la figura 15-15E.
2. Coloque la varilla de hierro de 10 pulg (254 mm) en posición vertical en la pieza polar del núcleo de la bobina. Conecte el experimentador en un tomacorriente de 115 volts de ca y accione el interruptor.
3. Estando la varilla entre la bobina, mueva esta última lentamente hacia abajo. Evite que ambas entren en contacto (Fig. 15-15F). Cuando haya realizado esto, la lámpara empezará a brillar cada vez más intensamente. Explique cómo se transfiere la energía de la bobina del electroimán al circuito de la lámpara.
4. Notará que la varilla de hierro queda muy caliente después que el experimentador se operó en esta forma durante un corto tiempo. Éste es un ejemplo de calentamiento por inducción, el cual se describe en la Unidad 33, "Generador de calor".

#### **Procedimiento E (Anillo y bobina saltadores)**

1. Coloque verticalmente la barra de hierro de 10 pulg (254 mm) en la pieza polar del núcleo de la bobina. Conecte el experimentador en un tomacorriente de 115 volts de ca y encienda el interruptor.
2. Ponga el anillo de aluminio en la barra como se muestra en la figura 15-15G. Explique por qué el anillo permanece suspendido sobre la pieza polar del núcleo de la bobina. Apague el interruptor.
3. Deje caer el anillo para que quede rodeando la barra sobre la pieza polar del núcleo de la bobina. Coloque una mano sobre el extremo de la barra y encienda el interruptor. ¿Qué sucede? ¿Cuál es la causa?
4. Forme la bobina que se muestra en la figura 15-15H.
5. Coloque la bobina sobre la barra de hierro. Con el interruptor encendido, lentamente cierre y abra el contacto entre los extremos del cordón eléctrico conectado a ella. ¿Por qué la bobina salta hacia arriba cuando entran en contacto los extremos del cordón eléctrico? ¿Por qué permanece estacionaria cuando los extremos no se tocan?

## Procedimiento F (acción de motor)

1. Perfore un agujero de 1/16 de pulg (1.6 mm) a través del centro del disco de cobre o de aluminio. Pase a través del agujero el pedazo de alambre del no. 14 (1.6 mm) y dóblelo como se muestra en la figura 15-151.
2. Inserte las puntas del alambre de soporte del disco en pequeños agujeros perforados en la base de madera del experimentador. El disco debe estar exactamente en medio de la barra de hierro de 4 pulg (102 mm) y de la bobina (Fig. 15-15J).
3. Conecte el experimentador en un tomacorriente de 115 volts y encienda el interruptor.
4. Gire el disco con sus dedos. El disco continuará en rotación. Éste es un motor de inducción sencillo; los motores de esta clase se describen en la Unidad 32, "Motores eléctricos".

16. Efectos de la autoinductancia. El siguiente procedimiento le permitirá comprobar los efectos de la autoinductancia en circuitos de cc y ca. Ello le ayudará a entender una importante propiedad del electromagnetismo que se usa en muchos tipos de circuitos.

### MATERIALES NECESARIOS

1 pieza de madera, 3/4x4x6 pulg (19 x 102 x 152 mm)  
2 pedazos de plástico o Masonita, 1/8 x 1 3/4 x 2 pulg (3.18 x 44 x 50 mm)

1 tubo de plástico, papel resistente, cobre o aluminio, 1 3/4 pulg (44.5 mm) de largo, 9/16 pulg (14.3mm) de diámetro interior

1 barra redonda de hierro dulce, 1/2 x 4 pulg (12.7 x 102 mm)

100 pies (30.5 m) de alambre para electroimán EO, no. 21 (0.71 mm)

1 lámpara piloto, no. 1493

1 portalámpara de bayoneta de doble contacto y con pieza de montaje o fijación

2 broches Fahnestock, 1 pulg (25.4 mm)

3 tornillos de cabeza redonda para madera, no. 5 x 1/2 pulg  
fuente de alimentación de cc de bajo voltaje o eliminador de baterías

Fuente de alimentación de ca o transformador con un voltaje de salida de 6.3 volts y una corriente nominal de al menos 2.5 amperes

EXTREMO DEL TUBO PEGADO  
CON CEMENTO EN LOS  
HOYOS PERFORADOS EN LAS  
PIEZAS DE SOPORTE DE PLÁSTICO O MASONITA

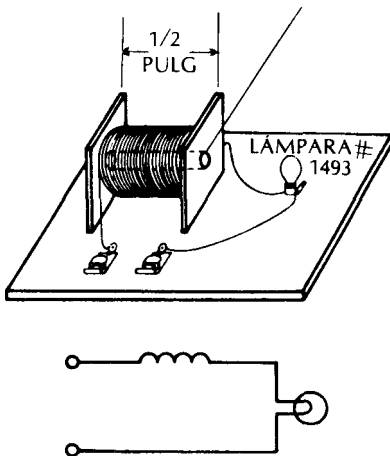


Fig. 15-16. Arreglo empleado en el ejercicio de aprendizaje práctico no. 16, "Efectos de la autoinductancia".

### Procedimiento

1. Ensamble la configuración de la bobina como se muestra en la figura 15-16. Si como núcleo de la bobina emplea un

tubo de cobre o aluminio, debe cubrirlo con una capa de cinta eléctrica plástica antes de devanar la bobina. Un tubo de cobre o aluminio puede hacerse a partir de una hoja metálica cortada para dar la medida adecuada y moldeada alrededor de una barra de madera de 1/2 pulg (12.7 mm) de diámetro.

2. Devane el hilo de la bobina en capas con el alambre para electroimán del no. 21 (0.71 mm)
3. Pegue con cemento el arreglo de la bobina en la base de madera y monte los demás componentes.
4. Alambre el circuito.
5. Conecte el circuito a una fuente de alimentación de ca de 6.3 volts o al devanado secundario del transformador.
6. Coloque lentamente la barra de hierro dentro de la bobina. ¿Qué efecto tiene esto en la cantidad de luz producida por lámpara? Explique la causa de esto.
7. Desconecte del circuito la fuente de alimentación de ca o el transformador. Conecte el circuito a la fuente de alimentación de cc ajustada para proporcionar un voltaje de aproximadamente 6.3 volts.
8. De nuevo, coloque lentamente la barra de hierro dentro de la bobina. Explique por qué ahora la lámpara continúa operando en forma normal.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Si un imán se mueve cerca de un alambre, se produce entre los extremos del alambre un \_\_\_\_\_.
2. Es necesario un \_\_\_\_\_ para producir un voltaje mediante la inducción electromagnética.
3. El campo magnético producido por una corriente alterna puede considerarse como un campo magnético \_\_\_\_\_.
4. Si un transformador se opera con corriente continua, la corriente debe interrumpirse de manera que se formen \_\_\_\_\_.
5. El transformador se emplea para \_\_\_\_\_ los valores de voltaje o corriente.
6. Si un transformador reduce el voltaje, se denomina transformador \_\_\_\_\_. Si lo eleva, es un transformador \_\_\_\_\_.
7. El devanado de un transformador que se conecta a una fuente de alimentación se llama devanado \_\_\_\_\_.
8. Un transformador es un ejemplo de inducción \_\_\_\_\_.
9. El voltaje que se induce en el devanado secundario de cualquier transformador es un voltaje \_\_\_\_\_.
10. Las hojas de acero delgadas con las cuales se construyen los núcleos de los transformadores se llaman \_\_\_\_\_.
11. Un núcleo hecho de láminas de transformador reduce la cantidad de energía que se desperdicia en forma de \_\_\_\_\_.
12. El voltaje que se induce en una bobina debido a su propio campo magnético variable es un ejemplo de \_\_\_\_\_.
13. La oposición total a la corriente que presenta la reactancia inductiva se denomina \_\_\_\_\_.
14. Las bobinas que se devanan de manera que tengan cierta inductancia se llaman \_\_\_\_\_.

15. Los inductores con núcleo de hierro que se emplean para filtrar o allanar la corriente de salida de los circuitos rectificadores se denominan bobinas

#### **PARA REPASO Y ESTUDIO**

1. Defina el voltaje inducido y la inducción electromagnética.
2. ¿Qué condición debe existir entre un conductor y un campo magnético para que se produzca inducción electromagnética?
3. ¿Cómo puede invertirse la polaridad del voltaje generado mediante inducción electromagnética?
4. Describa el campo magnético variable que se genera por una corriente alterna.
5. ¿Cómo puede producirse un campo magnético variable con una corriente continua?
6. Explique cómo puede emplearse el entrehierro magnético para producir un campo magnético variable.
7. Explique la estructura y funcionamiento de un transformador sencillo.
8. ¿Qué es un transformador elevador? ¿Un transformador reductor?
9. Nombre y defina la unidad de inductancia.

10. Defina la reactancia inductiva y escriba su símbolo.
11. ¿Para qué propósito se utilizan las bobinas reductoras o reactores?
12. ¿Cómo se prueban los transformadores?
13. ¿Cuáles son las fallas de un transformador o inductor que no pueden detectarse realizando pruebas de continuidad?

#### **ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO**

1. Dé una demostración acerca de cómo se incrementa la intensidad de un electroimán al incorporar un núcleo de hierro. Explique por qué.
2. Obtenga varios transformadores, explique el funcionamiento de cada uno y diga para qué se emplean.
3. Llame o escriba a un representante de la compañía de suministro de energía eléctrica en su localidad y pregúntele cómo se emplean los transformadores en su sistema de distribución. Informe oralmente o en un escrito lo que haya aprendido.
4. Dé una demostración de una prueba de continuidad para un transformador.
5. Dé una demostración de una prueba de voltaje para un transformador.

# Fuentes de energía

## Unidad 16 Pilas voltaicas y baterías

Una *pila quimicovoltaica* o simplemente pila voltaica es una combinación de materiales que se emplean para transformar energía química en energía eléctrica en forma de voltaje. A las palabras pila y batería\* se les da con frecuencia el mismo significado. Sin embargo, esto no es técnicamente correcto. Una pila es una sola unidad, en tanto que una batería se forma con dos o más pilas que se interconectan en serie o en paralelo (Fig. 16-1).

### PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA PILA

La pila voltaica está constituida de dos electrodos o placas, sumergidos en una sustancia que contiene muchos iones. Como se vio en la Unidad 1, un ion es un átomo cargado. Una sustancia que tiene muchos iones se denomina electrolito. Las soluciones de agua formadas con ácidos, bases o sales son electrolitos. Por ejemplo, el agua salada es un electrolito y, además, un buen conductor de electricidad.

Los efectos químicos que provocan una combinación de sustancias que producen un voltaje son complicados. No obstante, el estudio de cómo funciona una pila muy sencilla le ayudará a entender en general cómo trabajan las pilas voltaicas.

En una pila el electrolito se ioniza para formar iones positivos y negativos [Fig. 16-2A). Al mismo tiempo, la acción química causa también que se ionicen los átomos dentro de uno de los electrodos. Por esta razón, los electrones se depositan en el electrodo. Los iones positivos del electrodo pasan al electrolito y por ello se genera una carga negativa en este electrodo, que abandona o se aleja del área cercana que lo rodea, cargada positivamente (Fig. 16-2B).

\*N del RT Los términos batería y acumulador se emplean como sinónimos.

SÍMBOLO

TERMINAL POSITIVA



Fig. 16-1. Una batería consta de dos o más pilas o elementos interconectados (Union Carbide Corporation).



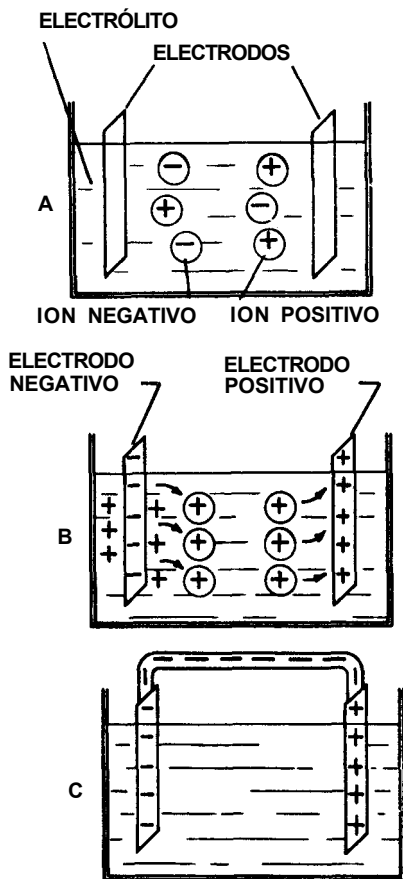
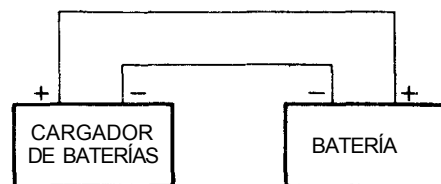


Fig. 16-2. Operación básica de una pila quimicovoltáica.

Fig. 16-3. Cargador de baterías y un circuito que está siendo cargado (Schauer Manufacturing Corporation).



Algunos iones positivos producidos por la ionización del electrolito son repelidos hacia el otro electrodo, en donde se combinan con electrones. Puesto que esto reduce el número de electrones, el electrodo queda cargado positivamente. Como la acción química ocasiona que los electrodos tengan cargas opuestas, se establece entonces un voltaje entre ellos.

Si se conecta un alambre entre los electrodos de la pila, los electrones en exceso del electrodo negativo circulan por el alambre hacia el electrodo positivo (Fig. 16-2C). La corriente continúa hasta que cesa la actividad química en los materiales de la pila.

El electrolito de una pila puede ser un líquido o una pasta. En el primer caso, la celda se llama a menudo pila húmeda. Las pilas en las que el electrolito es una pasta se denominan pilas secas.

### PILAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las pilas primarias son las que no pueden recargarse. Esto significa que no pueden volverse a poner en buenas condiciones después que su voltaje de salida ha bajado demasiado.

Las pilas secundarias pueden recargarse. Durante la recarga, los compuestos químicos que proporcionan la energía eléctrica vuelven a su estado original. Esto se realiza pasando corriente continua a través de una pila en un sentido contrario al de la corriente que la pila entrega al circuito.

Una pila (o batería) se recarga conectándole un cargador de batería con polaridad "igual con igual", como se muestra en la figura 16-3. El cargador es un circuito rectificador que puede producir una salida de voltaje variable. Muchos cargadores de baterías tienen un voltmetro y un ampermetro que muestran el voltaje y la corriente de carga.

### VOLTAJE Y CORRIENTE DE UNA PILA

El *voltaje nominal* de una pila es el que produce ésta cuando no está conectada a un circuito. Éste se denomina *voltaje en*

circuito abierto. El valor del voltaje en circuito abierto depende de los materiales que forman la pila.

La *capacidad* de una pila es su alcance para entregar una cantidad de corriente dada a un circuito. Depende de dos factores: la cantidad y estado del electrólito y el tamaño de los electrodos. Una pila grande puede por lo general satisfacer la demanda de más corriente durante un largo periodo que una pila pequeña con electrodos y electrólito del mismo tipo.

Para obtener un voltaje más alto, las pilas se conectan en serie. Para obtener corrientes más intensas, las pilas se conectan en paralelo. Para reparar estas conexiones, véase la Unidad 10, "Circuitos en serie y en paralelo".

## DURACIÓN EN ALMACENAJE

Todas las pilas secas, aun cuando no estén en uso, pierden parte de su energía. La duración en almacenaje o el tiempo de vida fuera de servicio de una pila es el periodo durante el cual puede almacenarse sin que pierda más de un 10% de su capacidad original. La celda pierde capacidad debido a que su electrólito se seca y los efectos químicos alteran los materiales que la forman. Puesto que ambos procesos se aceleran con la temperatura, la duración de almacenaje de la pila puede alargarse manteniéndola en un lugar frío.

## PILAS Y BATERÍAS DE CARBÓN-ZINC

Las celdas de carbón-zinc son el tipo de celda seca primaria más antigua y más usada. Su electrólito es una pasta de cloruro de amonio y cloruro de zinc disuelta en agua. Éstos y otros compuestos químicos están contenidos en el carrete de la pila (Fig. 16-4). El electrodo negativo es un cilindro de zinc.

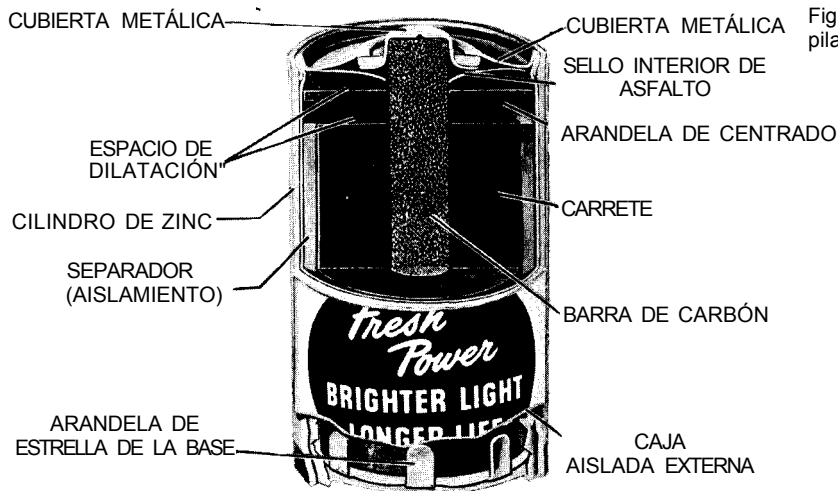


Fig. 16-4. Elementos principales de una pila seca de carbón-zinc típica.

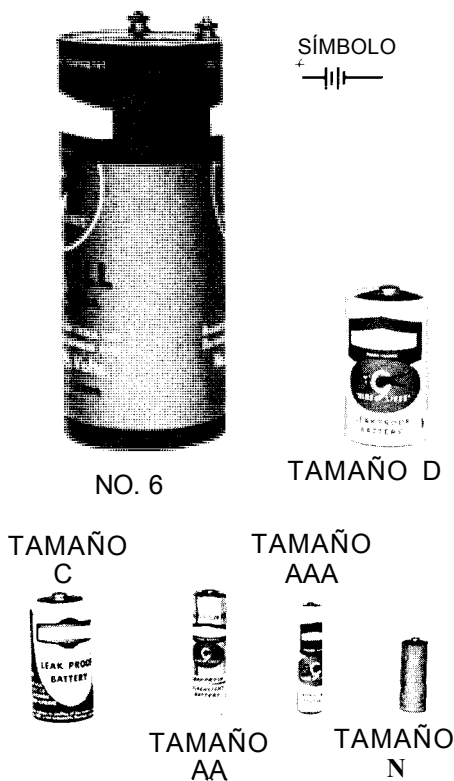


Fig. 16-5. Tamaños comunes de pilas de carbón-zinc.

El electrodo positivo es una mezcla de carbón pulverizado y un mineral negro llamado dióxido de manganeso. El carbón se utiliza para disminuir la resistencia del electrodo. Una barra de carbón sólido atraviesa el centro de la mezcla; la barra proporciona un buen contacto eléctrico entre el electrodo positivo y la terminal positiva de la celda.

**Polarización.** Durante la operación de una pila de carbón-zinc, la barra se cubre con gas hidrógeno mediante un proceso conocido como polarización. Dicho gas se suprime de la pila mediante la acción del dióxido de manganeso, el cual en este caso sirve como un agente despolarizador. Como resultado, la pila es capaz de dar un mejor servicio.

**Tamaño y voltaje.** Las pilas de carbón-zinc, disponibles en varios tamaños, tienen un voltaje en circuito abierto de entre 1.5 y 1.6 volts (Fig. 16-5). Existen varios tipos de baterías de carbón-zinc. El más común tiene voltajes de 3, 4.5, 6, 9, 13.5, 22.5 y 45 volts. En algunas baterías, las pilas o elementos de éstas son cilíndricas (Fig. 16-6A) y en otras, planas (Fig. 16-6B).

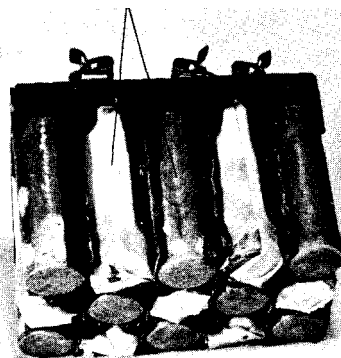
**Rendimiento.** Las pilas y baterías ordinarias de carbón-zinc proporcionan un mejor rendimiento cuando se emplean durante cortos periodos y con corrientes relativamente bajas. Con ello se logra que las pilas y baterías permanezcan polarizadas.

## PILAS ALCALINAS

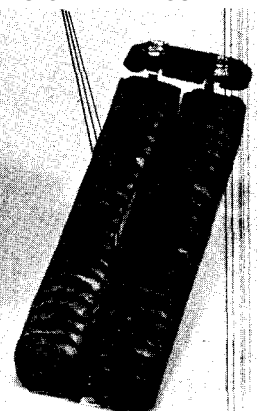
La pila *alcalina secundaria* o recargable fue uno de los más grandes adelantos en las fuentes de energía portátiles. En esta pila seca, el electrólito es hidróxido de potasio, zinc el

Fig. 16-6. Estructura de las baterías de pilas o elementos secos: (A) batería de elementos cilíndricos que consta de 15 elementos o pilas de 1 1/2 volts conectadas en serie para producir un voltaje total de la batería de 22 1/2 volts; (B) batería de elementos o pilas planas que consta de 45 elementos de 1 1/2 volts conectadas en serie para producir un voltaje total de la batería de 67 1/2 volts.

PILAS O ELEMENTOS CILÍNDRICOS



PILAS O ELEMENTOS PLANOS



electrodo negativo y dióxido de manganeso el positivo (Fig. 16-7).

Las pilas alcalinas secundarias tienen un voltaje en circuito abierto de 1.5 volts; se encuentran por lo general en tamaños AA, C y D y pueden usarse para sustituir directamente a las pilas de carbón-zinc del mismo tamaño. Las baterías alcalinas secundarias más comunes tienen voltajes de 4.5, 7.5, 13.5 y 15 volts. Tanto las pilas como las baterías se venden en un estado de máxima carga; así pues, antes que se recarguen deberían dejarse descargar. Para obtener un mejor rendimiento al recargarlas deben seguirse las recomendaciones del fabricante.

Las pilas alcalinas primarias son de estructura semejante a las de tipo recargable y tienen el mismo voltaje en circuito abierto. Estas pilas secas duran más que las de carbón-zinc del mismo tamaño cuando se usan en la misma forma. Tanto las pilas (y baterías) alcalinas primarias como las secundarias proporcionan un buen servicio cuando se utilizan con cargas que demandan altas corrientes. Por tal motivo, se emplean ampliamente como fuentes de energía en radioreceptores, aparatos de televisión, grabadoras, cámaras y en enseres portátiles.

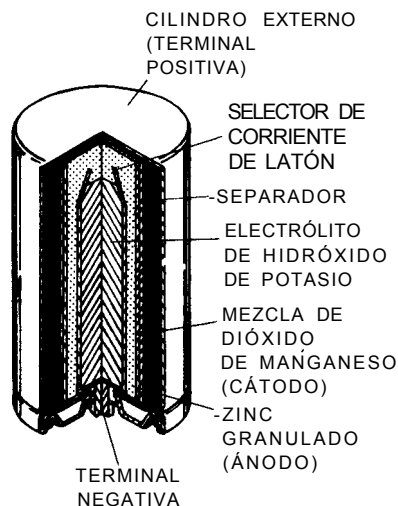


Fig. 16-7. Elementos principales de una pila alcalina recargable (Radio Corporation of America).

## PILAS DE MERCURIO

En una pila de mercurio típica, el electrolito es una pasta de hidróxido de potasio y óxido de zinc; el electrodo negativo es un compuesto de zinc y mercurio, y el electrodo positivo, óxido de mercurio. Las pilas de mercurio son primarias y, según la mezcla del electrolito, tienen un voltaje en circuito abierto de 1.35 o 1.4 volts. Las baterías de mercurio tienen diferentes voltajes nominales.

Las pilas y baterías de mercurio ofrecen una larga duración en almacenaje y son muy robustas. Son capaces de proporcionar una salida de voltaje constante bajo diferentes condiciones de carga. Por consiguiente, se emplean en todo tipo de productos, incluso relojes eléctricos, aparatos para sordos, instrumentos de prueba y sistemas de alarma. Se encuentran en una gran variedad de formas y tamaños (Fig. 16-8).

## PILA DE NÍQUEL-CADMIO

La pila de níquel-cadmio se desarrolló en un principio en Europa como una pila húmeda secundaria que se emplearía en automóviles. En la pila seca secundaria de níquel-cadmio el electrolito es hidróxido de potasio; el electrodo negativo, hidróxido de níquel y el positivo, óxido de cadmio.

Su voltaje en circuito abierto es de 1.25 volts. Estas pilas se presentan en diferentes tamaños, como las pilas comunes AA, C y D, y las de forma de encapsulado plano (Fig. 16-9). Las ba-

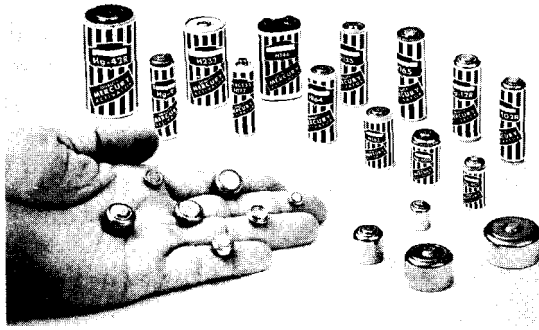


Fig. 16-8. Pilas de mercurio (Gould Inc., Burgess Battery División).

terías más usuales de níquel-cadmio tienen voltajes de 6, 9.6 o 12 volts.

Las pilas de níquel-cadmio son robustas y dan un buen servicio bajo condiciones extremas de temperatura, vibración e impacto. Se usan en muchos tipos de productos.

### PRUEBA DE PILAS SECAS Y BATERÍAS

El estado de una pila seca o batería puede verificarse midiendo su voltaje cuando se conecta a una carga. Si el valor del voltaje es menor al 80% del voltaje en circuito abierto, la pila o batería debe reemplazarse. La prueba de voltaje debe efectuarse con la carga conectada y la corriente circulando. Esto se debe a que la corriente de la carga producirá una caída de voltaje a través de la resistencia interna de la pila o batería. Si una pila seca o batería no está en buenas condiciones, su resistencia interna es alta. Lo anterior se debe a que el electrólito se ha secado. Además, ocurrirá una caída de voltaje interna relativamente grande y por esta razón el voltaje de las terminales se reduce sensiblemente. Si la pila o batería



Fig. 16-9. Pilas de níquel-cadmio (Gould Inc., Burgess Battery División).

se prueba en condiciones de circuito abierto, sólo habrá una caída de voltaje interna muy pequeña. Como resultado, el voltaje entre las terminales de la pila o la batería podrá ser casi igual que el voltaje nominal. Esto es cierto aun cuando la batería no esté en buenas condiciones.

## PILAS Y BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO

La batería recargable de plomo-ácido se usa principalmente en los automóviles. En una pila de plomo-ácido cargada al máximo, el electrolito es una solución de agua y ácido sulfúrico. Alrededor del 27% del volumen total es ácido. El material activo en las placas positivas (de color rojo), es peróxido de plomo y el material activo en las placas negativas (de color gris), plomo puro en forma esponjosa.

La pila de plomo-ácido tiene un voltaje en circuito abierto un poco mayor a dos volts. En la batería de automóvil típica se conectan seis pilas o elementos en serie para producir un voltaje total de 12 volts (Fig. 16-10).

**Acción química.** Cuando se descarga una pila de plomo-ácido, una parte del ácido dentro del electrolito lo abandona. El ácido se combina con el material activo de las placas (Fig. 16-11). Esta acción química transforma los materiales de ambas placas en sulfato de plomo. Cuando la pila se está cargando, ocurre el proceso inverso. En este caso el ácido que fue absorbido por las placas regresa al electrolito. Como consecuencia, los materiales activos de las placas se transforman en el peróxido de plomo y plomo originales.

**El hidrómetro.** El hidrómetro (Fig. 16-12) es un dispositivo que se emplea para medir la densidad o peso específico relativo del electrolito en una pila de plomo-ácido. La densidad o peso específico relativo de un líquido es su peso espe-

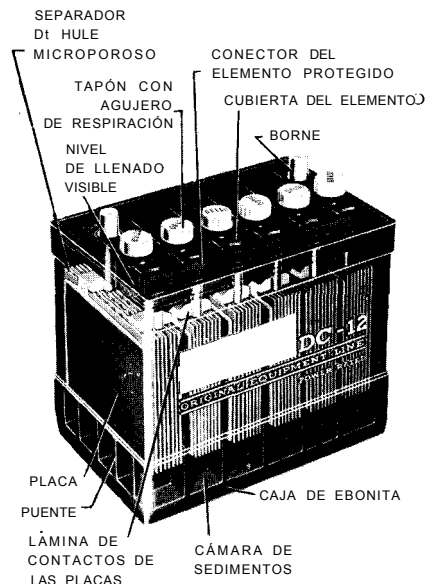


Fig. 16-10. Elementos principales de una batería de plomo-ácido de automóvil (Delco-Remy División of General Motors Corporation).

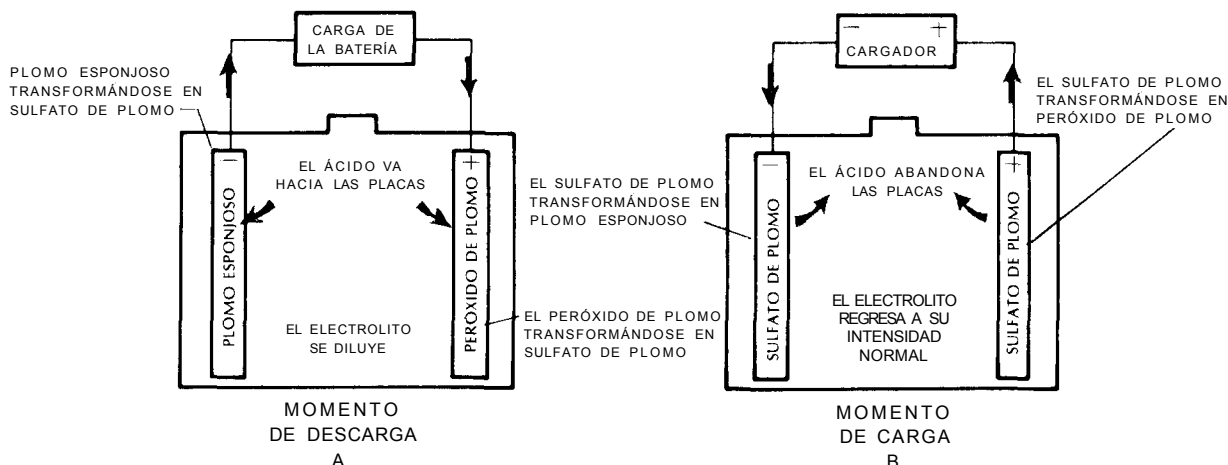
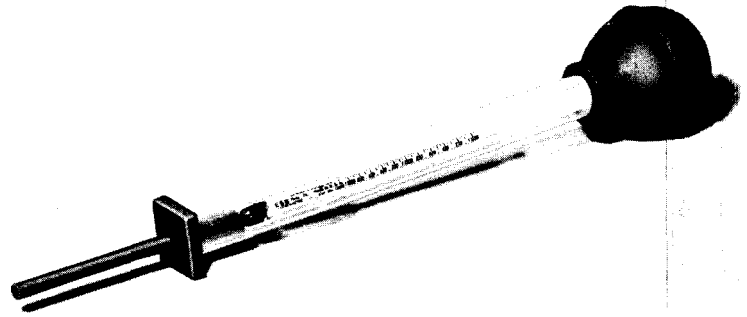


FIG. 16-12. Hidrómetro que se emplea para probar el ácido de batería (ESB Brands, Inc.).



cífico o densidad comparado con el respectivo de un volumen igual de agua pura. Puesto que el ácido sulfúrico es más pesado que el agua, la densidad relativa del electrolito en una pila de plomo-ácido disminuye cuando se descarga. Por tanto, midiendo la densidad relativa del electrolito, puede determinarse el estado de carga de una pila de plomo-ácido.

Una muestra del electrolito se obtiene oprimiendo la perilla de hule del hidrómetro mientras el extremo del mismo está en el electrolito. Al dejar de oprimir en forma lenta la perilla, el electrolito subirá por el tubo de vidrio. El flotador en el hidrómetro ascenderá entonces dentro del electrolito a un nivel que depende de la densidad relativa de este último. Una vez estabilizado el flotador, la densidad relativa se lee en la marca del flotador que está al nivel del electrolito (Fig. 16-13). Cada uno de los elementos de la batería debe probarse. Puesto que los elementos están conectados en serie, cualquier elemento que esté defectuoso provocará que también lo esté toda la batería.

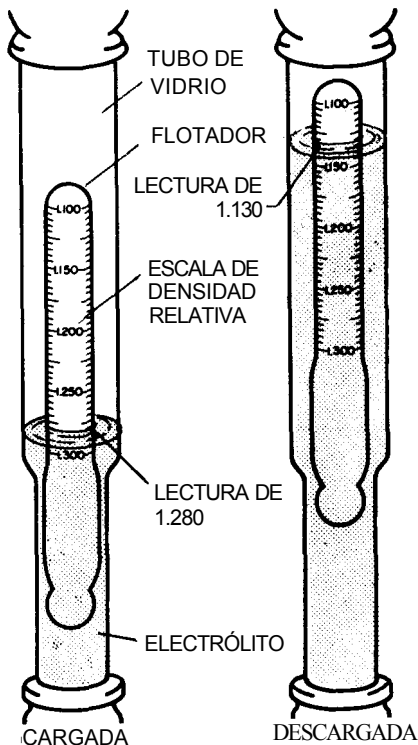



Fig. 16-13. Lectura de la escala de un hidrómetro cuando una batería está cargada completamente y cuando está descargada.

 **PRECAUCIÓN:** El ácido sulfúrico que se utiliza en una batería es un compuesto químico altamente corrosivo y puede producir serias quemaduras. Cuando emplee un hidrómetro, evite que el electrolito caiga sobre su piel o ropa. En caso de contacto, lave inmediatamente el área afectada con abundante agua y jabón.

La densidad relativa del electrolito dentro de una batería de automóvil cargada al máximo es alrededor de 1.280. Según se va descargando la pila o elemento, su densidad relativa disminuye en forma gradual hasta aproximadamente 1.130. En este punto, se considera que el elemento está totalmente descargado.

Especificación. La capacidad nominal de una batería de plomo-ácido casi siempre se da en amperes-horas (Ah) para un periodo de descarga específico. El sistema de especificaciones más empleado se basa en la tasa de 20 horas de la Society of Automotive Engineers (SAE). Esto significa que una

batería nueva especificada en 100 ampere-horas debe entregar en forma continua 5 amperes de corriente durante 20 horas y mantener al menos 1.75 volts en cada elemento de la batería.

Batería cargada seca. La mayor parte de las baterías de plomo-ácido las proporciona el fabricante como baterías cargadas secas. Las placas de una batería de este tipo se parecen a las de una batería cargada al máximo. Es decir, una de las placas es de plomo y la otra de peróxido de plomo. Para utilizar la batería, se añade a cada elemento ácido sulfúrico con una densidad relativa apropiada. De esta manera, la batería queda lista para usarse.

## MANTENIMIENTO DE BATERÍAS

Aunque las baterías de los automóviles actuales son robustas, éstas deben usarse y mantenerse en forma adecuada. Las siguientes sugerencias serán útiles.

Los elementos de las baterías siempre deben conservarse adecuadamente llenas (Fig. 16-14). Las terminales deben limpiarse para evitar la corrosión. Las pinzas de los cables que van a la batería deben estar muy bien conectadas. La densidad relativa del electrolito debe verificarse con frecuencia.

Una batería puede presentar una carga baja a causa de 1) alambrado defectuoso en el sistema eléctrico del automóvil, el cual acarrea que la batería se descargue; 2) una falla en el generador o regulador, o 3) la banda floja o grasosa del alternador (ventilador). No sobrecargue una batería de plomo-ácido. Esto disolvería el electrolito y podría provocar daños serios a las placas de los elementos de la batería durante el sobrecalentamiento.



Fig. 16-14. Se agrega agua a una batería de plomo-ácido (Ford Motor Company).



### SEGURIDAD

El hidrógeno, gas explosivo, se libera de una batería mientras ésta se carga. Por esta razón, la carga debe realizarse en una área bien ventilada, lejos de flamas al descubierto o chispas.

Si una batería se almacena, debe estar cargada al máximo. Las placas de una batería almacenada que está descargada parcial o totalmente se cubren muy rápido con un compuesto de sulfato. Dicho compuesto se endurece y ocasiona que el material de las placas se vuelva químicamente inactivo. Además, una batería descargada parcial o totalmente se congelará a una temperatura alrededor de 20° F (6.7 °C).



## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo en hoja aparte la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Una pila que transforma la energía química en energía eléctrica se denomina pila\_\_\_\_\_.
2. Una\_\_\_\_\_se forma cuando dos o más pilas o elementos se conectan.
3. Una pila química está constituida de dos \_\_\_\_\_en contacto con un\_\_\_\_\_.
4. Una pila en la cual el electrolito es un líquido se llama a menudo pila\_\_\_\_\_. Una pila en la cual el electrolito es una pasta se llama pila\_\_\_\_\_.
5. Las pilas que no pueden recargarse se denominan pilas\_\_\_\_\_. Las pilas que pueden cargarse se llaman pilas\_\_\_\_\_.
6. Una pila o batería se recarga pasando corriente a través de ella en sentido\_\_\_\_\_al de la corriente de descarga.
7. Al cargar una pila o una batería, su terminal positiva se conecta a la terminal \_\_\_\_\_del cargador de batería. Su terminal negativa se conecta a la terminal \_\_\_\_\_del cargador.
8. El voltaje en circuito abierto de una pila depende de los \_\_\_\_\_que la constituyen.
9. La cantidad de corriente que una pila puede entregar a una carga depende de la cantidad y estado de su \_\_\_\_\_y del tamaño de sus\_\_\_\_\_.
10. La \_\_\_\_\_de una pila es el periodo durante el cual puede almacenarse sin una pérdida apreciable de capacidad.
11. El voltaje en circuito abierto de las pilas de carbón-zinc varía de \_\_\_\_\_a \_\_\_\_\_volts.
12. El voltaje en circuito abierto de las pilas alcalinas es de \_\_\_\_\_volts.
13. Las pilas alcalinas son tanto \_\_\_\_\_como \_\_\_\_\_.
14. Las pilas de mercurio tienen un voltaje en circuito abierto de \_\_\_\_\_o \_\_\_\_\_volts.
15. Las pilas de níquel-cadmio tienen un voltaje en circuito abierto de \_\_\_\_\_volts.
2. Describa la estructura de una pila voltaica sencilla.
3. Explique los principios de operación de una pila voltaica para generar un voltaje.
4. Defina las pilas primaria y secundaria.
5. Expresé la forma correcta de conectar un cargador de baterías a una batería.
6. ¿De qué depende el voltaje en circuito abierto de una pila?
7. ¿Cuáles son los dos factores que determinan la capacidad para entregar corriente de una pila?
8. Defina la duración en almacenaje de una pila o una batería.
9. Mencione varios tamaños comunes de pilas de carbón-zinc e identifique sus voltajes.
10. ¿En qué condiciones de operación será mejor el rendimiento de las pilas y baterías de carbón?
11. Nombre dos tipos de pilas alcalinas. ¿Qué ventajas proporcionan estas pilas en comparación con las de carbón-zinc?
12. Enuncie dos características deseables de las pilas de mercurio.
13. ¿Cuál es la característica destacada de las pilas secas de níquel-cadmio?
14. ¿Cómo se prueban las pilas y baterías con un voltmetro?
15. Describa la estructura básica de una batería o acumulador de automóvil de elementos de plomo-ácido. ¿Cuál es el voltaje en circuito abierto de tales elementos?
16. ¿Cómo se emplea un hidrómetro en la prueba de una batería?
17. ¿Qué se entiende por una batería de automóvil cargada seca?

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuál es la diferencia entre pila y batería?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Muestre en clase varios tipos y tamaños de pilas secas. Describalas y mencione las características de cada una.
2. Muestre cómo se prueba una pila o batería con un voltmetro.
3. Prepare un escrito o un informe oral relacionado con el cuidado y uso apropiado de una batería de automóvil de plomo-ácido común.

# Unidad 17 Generadores

La palabra generar significa "producir". Un generador eléctrico es una máquina que produce un voltaje por medio de inducción electromagnética. Esto se efectúa por la rotación de bobinas de alambre a través de un campo magnético o por la rotación de un campo magnético más allá de las bobinas de alambre. El generador moderno es el resultado del trabajo de Michael Faraday y Joseph Henry con la inducción electromagnética a principios del siglo XIX. En la actualidad más del 95% de la energía eléctrica mundial se suministra mediante generadores.

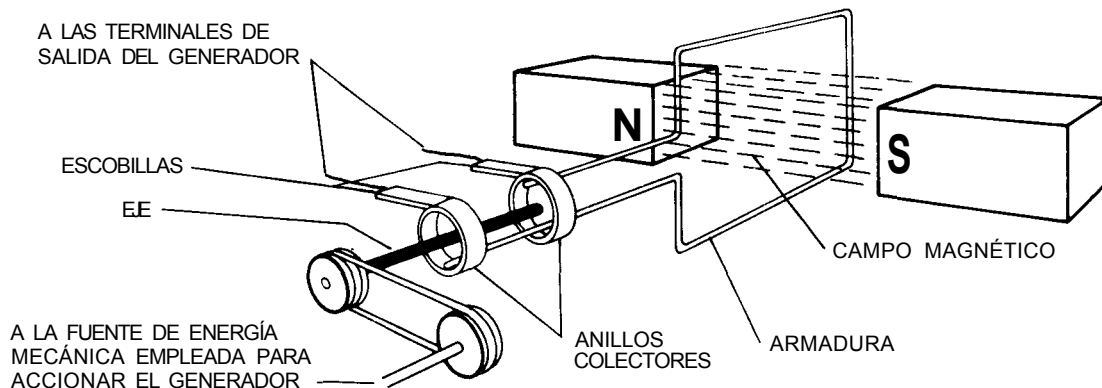
## GENERADOR BÁSICO

Un voltaje alterno estacionario puede producirse girando una bobina de alambre entre los polos de un imán permanente (Fig. 17-1). Este es un generador sencillo; la bobina se denomina armadura y sus extremos se conectan en anillos colectores. Éstos están aislados uno del otro y del eje de la armadura en el cual se montan. Las escobillas estacionarias presionan contra los anillos colectores y con ello es posible conectar la armadura rotatoria a un circuito externo. Una fuerza mecánica debe accionar la armadura. Por consiguiente, un generador puede definirse como una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

## FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR

El valor del voltaje inducido por la acción del generador en cualquier instante de tiempo, depende de tres factores: 1) la densidad de flujo del campo magnético a través del cual se mueve un conductor (cuanto más grande sea la densidad del flujo, mayor será el voltaje inducido); 2) la velocidad del con-

Fig. 17-1. Generador de ca de una bobina sencilla.



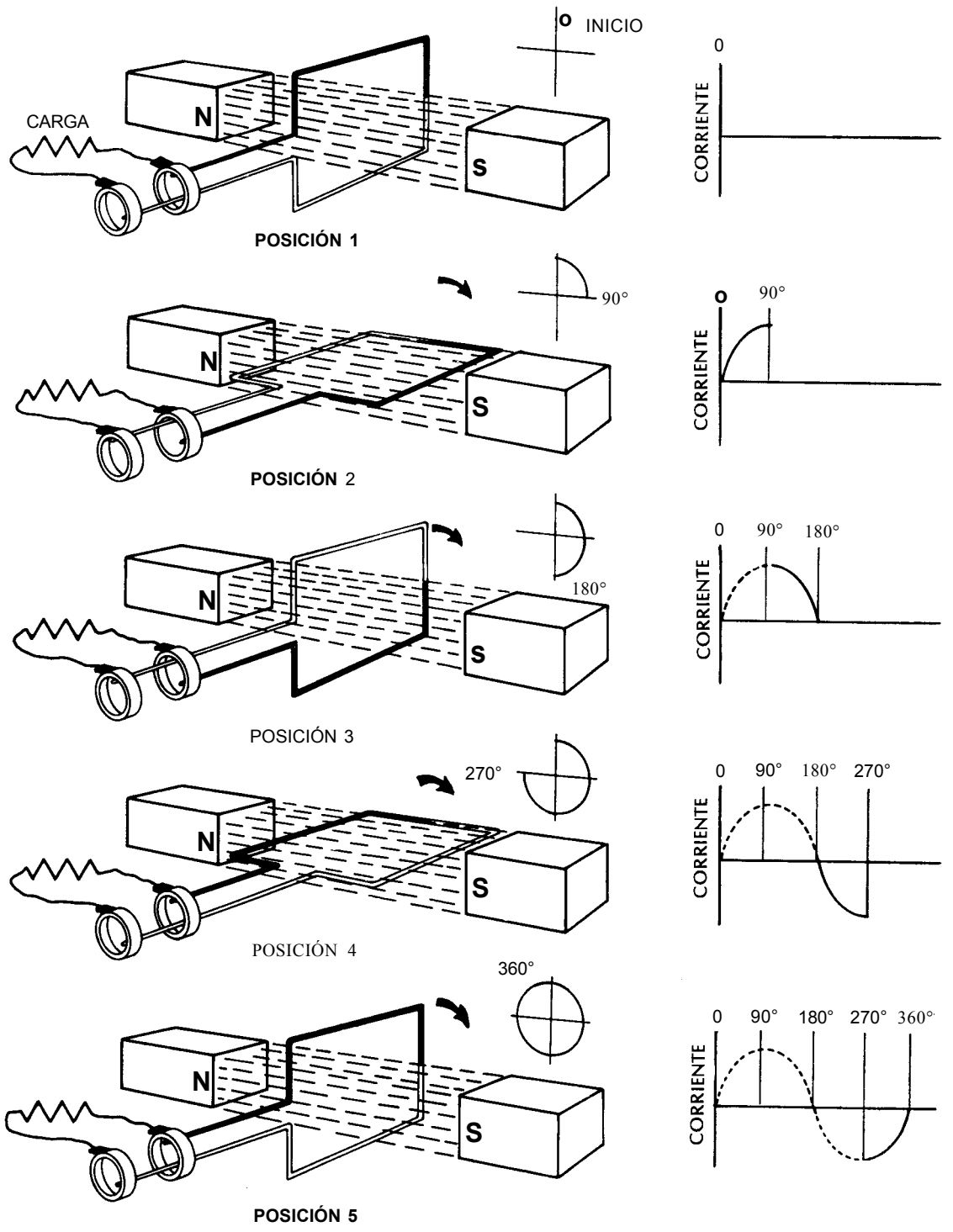


Fig. 17-2 Generación de un ciclo de voltaje con un generador de ca de una sola espira.

ductor en movimiento (el voltaje inducido aumenta cuando aumenta la velocidad del conductor); y 3) el ángulo con el cual un conductor corta las líneas de flujo (el mayor voltaje se induce cuando el conductor corta las líneas de flujo a un ángulo de  $90^\circ$ ).

El funcionamiento de una sola vuelta o espira cuando produce un ciclo completo de voltaje alterno se muestra en la figura 17-2. Si se conecta una carga entre las terminales, circulará una corriente alterna a lo largo del circuito.

En la figura 17-2, cuando la bobina está en la posición 1, no se induce ningún voltaje debido a que la armadura no corta ninguna de las líneas de flujo. Ninguna corriente fluye a través de la carga del circuito.

Cuando la armadura se mueve de la posición 1 a la posición 2, corta más y más líneas de flujo. Por tanto, el voltaje aumenta en una sola dirección desde cero hasta el valor máximo. Este aumento en el voltaje causa un aumento análogo en la corriente, el cual se muestra con el primer cuarto de la onda senoidal. En la posición 2 la bobina corta a la línea de flujo a un ángulo de  $90^\circ$ . En esta forma se produce el voltaje máximo.

Al moverse de la posición 2 a la posición 3, la armadura corta menos líneas de flujo en ángulos más agudos, pero en la misma dirección. Por esta razón, el voltaje disminuye desde su máximo valor hasta cero. Durante este tiempo, la corriente decrece también a cero. Esto se muestra con el segundo cuarto de la onda senoidal.

Como la armadura continúa rotando hacia la posición 4, cada uno de sus lados corta el campo magnético en la dirección opuesta. Esto cambia la polaridad del voltaje y el sentido de la corriente. Una vez más, el voltaje y la corriente aumentan desde cero hasta sus valores máximos durante el tercer cuarto de la onda senoidal.

De la posición 4 a la posición 5 la armadura regresa al punto inicial. En este lapso, el voltaje y la corriente disminuyen desde sus valores más altos hasta cero y así se completa el ciclo.

## **GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA**

En un generador de corriente continua los extremos de la bobina de la armadura o bobinas se conectan a un conmutador. Este dispositivo es necesario para producir una corriente continua y básicamente es un dispositivo semejante a un anillo formado de piezas metálicas llamadas segmentos. Los segmentos están aislados uno de otro y del eje sobre el cual se montan.

La operación de un generador de cc sencillo se muestra en la figura 17-3. En la figura 17-3A, la bobina de la armadura está cortando el campo magnético. Tal movimiento produce un voltaje que obliga a una corriente a moverse a través del

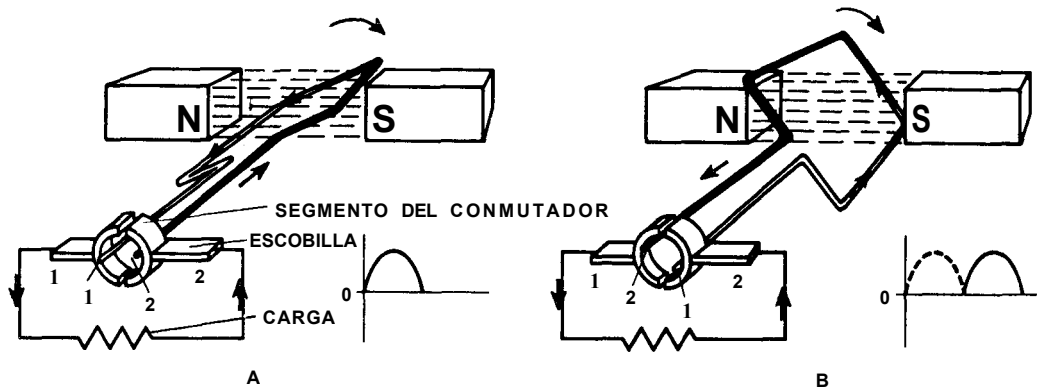
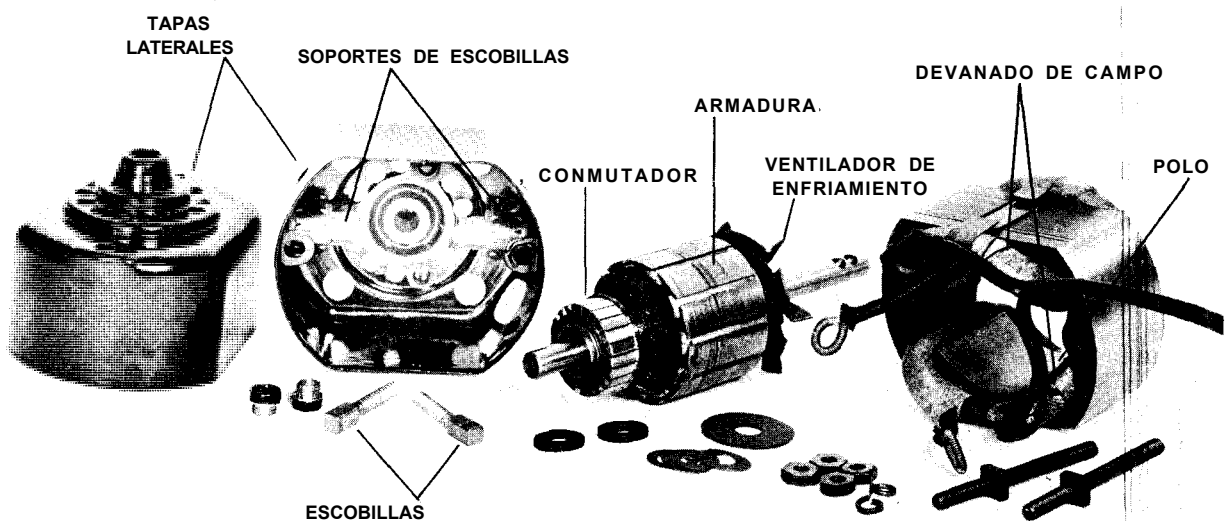


Fig. 17-3. Operación básica de un generador de cc.

circuito de carga en la dirección mostrada por las flechas. En esta posición de la bobina, el segmento 1 del conmutador está en contacto con la escobilla 1 y el segmento 2 del conmutador, con la escobilla 2.

Mecanismo de conmutación. Conforme la armadura gira media vuelta en el sentido que se mueven las agujas del reloj, se invierten los contactos entre los segmentos del conmutador y las escobillas (Fig. 17-3B). Ahora el segmento 1 está en contacto con la escobilla 2 y el segmento 2 con la escobilla 1. Debido a este mecanismo de conmutación, el lado de la bobina en contacto con cualquiera de las escobillas atraviesa el campo magnético siempre en la misma dirección. Por tanto, las escobillas 1 y 2 tienen una polaridad constante. Un voltaje continuo se aplica al circuito de carga externo.

Fig. 17-4 Elementos principales de un generador de cc comercial (Westinghouse Electric Corporation).



**El generador práctico.** Los elementos principales de un generador comercial de cc se muestran en la figura 17-4. La armadura está formada de bobinas de alambre para electroimán, las cuales se colocan en las ranuras de las láminas que constituyen el núcleo de la armadura. Los extremos de las bobinas se conectan en los segmentos del conmutador. Los devanados de campo son electroimanes. Producen el campo magnético necesario para la operación del generador.

La corriente continua que se emplea para activar los devanados de campo de un generador se denomina corriente de *excitación*. En un generador de cc, dicha corriente se obtiene de la salida del mismo generador (Fig. 17-5).

Muchos generadores de cc pequeños son accionados por motores de corriente alterna o de gasolina. Tales generadores se emplean en trenes, en máquinas para soldar, en la carga de baterías y en la operación de equipo telefónico portátil.

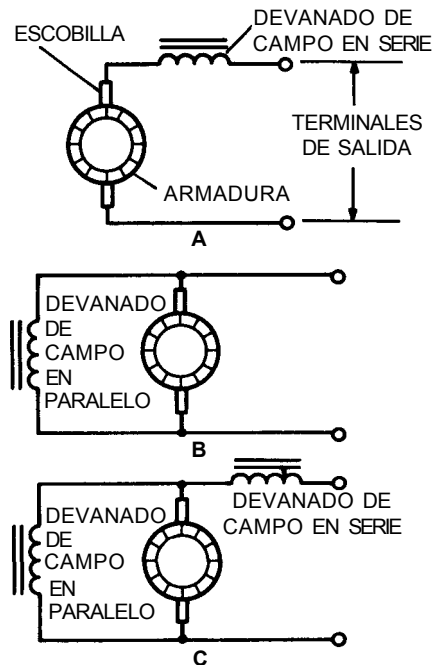
## GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

El elemento rotatorio de grandes generadores de ca se denomina rotor. Lo hacen girar turbinas de vapor, hidroturbinas (accionadas con agua) o motores Diesel. Estos generadores producen la energía eléctrica que se emplea en las casas y en la industria. Los generadores pequeños de ca casi siempre son accionados por motores de gasolina (Fig. 17-6) y se emplean comúnmente para proporcionar energía eléctrica de urgencia. Los generadores de corriente alterna también se denominan alternadores.

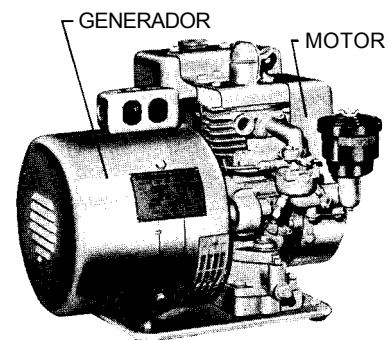
**Excitación.** En los generadores pequeños de ca, la corriente de excitación necesaria para activar los devanados de campo se obtiene a menudo de una batería o de la salida del mismo generador. La corriente de excitación debe ser continua, pero la corriente de salida es alterna. Por tal motivo, la corriente de salida debe pasar primero a través de un rectificador y transformarse en corriente continua. En algunos alternadores, el circuito rectificador se encuentra dentro de la caja del mismo generador. En un gran generador de ca, la corriente de excitación se obtiene a partir de un generador excitador de cc. Éste se encuentra montado en el eje del generador principal o se localiza en las proximidades.

**Generador de armadura rotatoria.** En los generadores de ca pequeños, por lo general la armadura es el elemento rotatorio o *rotor*. El rotor gira dentro del campo magnético producido por los devanados de campo estacionarios, denominados estatores. El rotor cuenta con un colector o anillos colectores que están en contacto con escobillas de carbón (Fig. 17-7).

**Generador de campo rotatorio.** En un generador de ca de campo rotatorio, la armadura permanece estacionaria. Está



**Fig. 17-5.** Diagramas esquemáticos de generadores de cc comunes: (A) generador en serie con devanados de campo conectados en serie con la armadura; (B) generador en paralelo con devanados de campo conectados en paralelo con la armadura; (C) generador en combinación que contiene tanto devanados de campo en serie como en paralelo.



**Fig. 17-6.** Un motor de gasolina accionado por un generador de ca (Fairbanks Morse and Company).

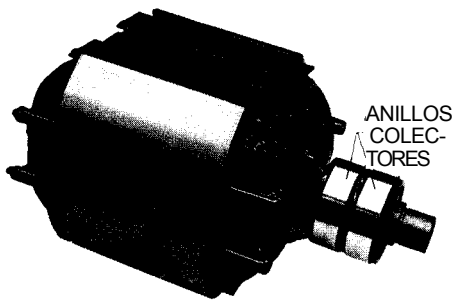


Fig. 17-7. Anillos colectores montados en el conjunto de la armadura de un generador de ca de armadura rotatoria (Generac Corporation).

constituida de devanados colocados en las ranuras del conjunto del armazón (Fig. 17-8A). Los devanados de campo se enrollan alrededor de piezas polares en el conjunto del rotor y se conectan a los anillos colectores (Fig. 17-8B). La corriente de excitación circula hacia los devanados de campo por medio de las escobillas de carbón en contacto con los anillos colectores. Los generadores de este tipo se emplean en las centrales más grandes de generación eléctrica.

**Frecuencia.** La frecuencia de la corriente alterna producida por un generador depende de la velocidad del rotor (ya sea la armadura o los devanados de campo) y del número de polos magnéticos formados por los devanados de campo. Las compañías de generación eléctrica en muchas partes de los Estados Unidos producen una frecuencia de 60 hertz. Los generadores de propósito especial pueden tener una frecuencia mayor o menor.

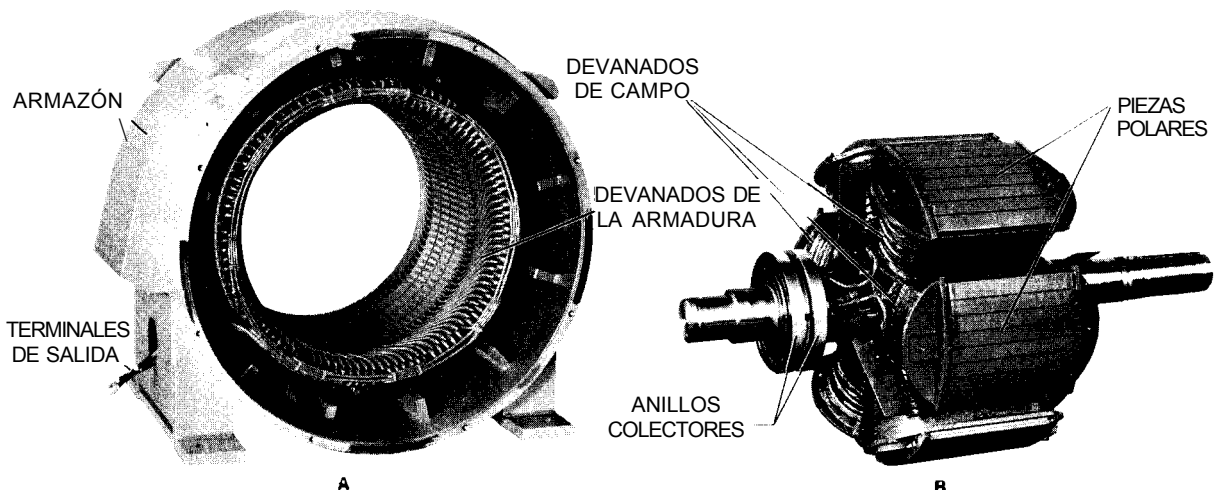
**Voltaje.** El voltaje de salida de un generador depende en mayor parte de la velocidad del rotor, del número de bobinas de armadura y de la intensidad del campo magnético producido por los devanados de campo. Los generadores de las estaciones de energía eléctrica tienen usualmente un voltaje de salida de 10 000 volts o más.

## GENERADOR DE IMÁN PERMANENTE

Un generador de imán permanente o magneto es un generador de ca en el cual el campo magnético lo producen uno o más imanes permanentes y no electroimanes. En algunos generadores de este tipo, los imanes permanentes están en el conjunto del rotor (Fig. 17-9).

Fig. 17-8. Elementos principales de un generador de campo rotatorio: (A) armadura (estator); (B) campo (rotor).

Un imán giratorio o magneto volante se emplea por lo común con pequeños motores de gasolina. Uno o más imanes

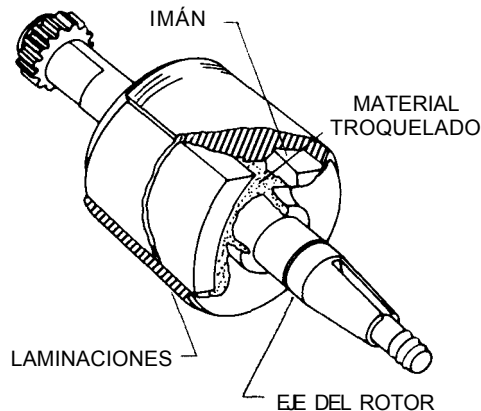


permanentes de este generador se montan en el conjunto del volante. Cuando éste gira, un campo magnético atraviesa una bobina estacionaria, la cual es una bobina de encendido y además un transformador elevador (Fig. 17-10). El voltaje inducido a través del devanado secundario de la bobina de encendido se aplica a la bujía.

## GENERADOR TRIFÁSICO

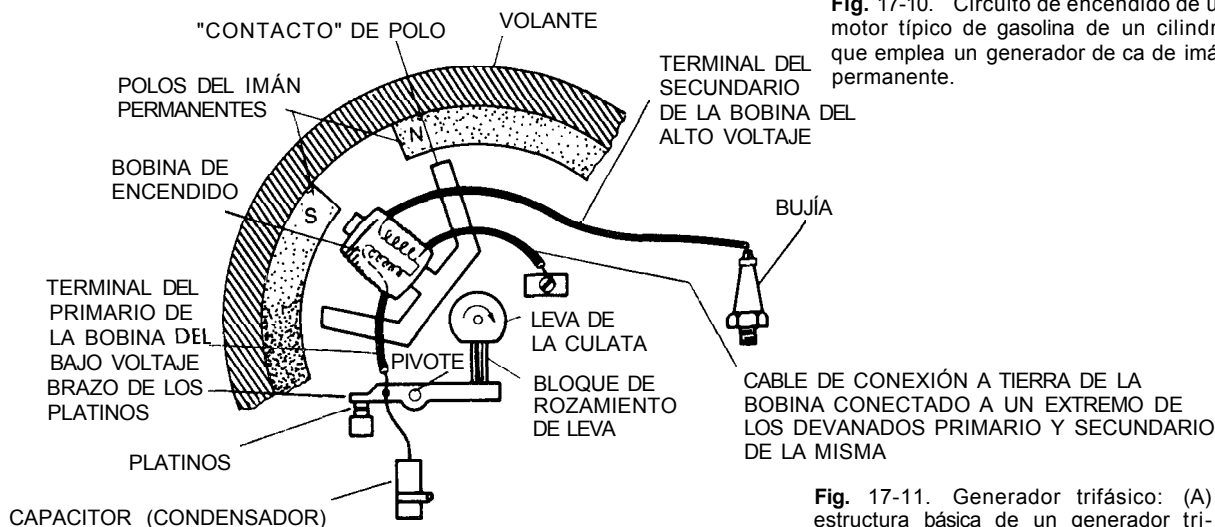
Un generador con un sólo conjunto de devanados y un par de anillos colectores produce sólo una onda de voltaje. Éste se conoce como sistema monofásico.

Un generador trifásico tiene tres conjuntos separados de devanados. Un extremo de cada devanado se conecta a un anillo colector (Fig. 17-11 A). En tal generador, cada vuelta completa del rotor produce tres voltajes diferentes (Fig. 17-11B). Los voltajes se aplican a una carga por medio de una línea de alimentación de tres conductores. Un sistema de energía eléctrica trifásico se protege por lo general con corta-

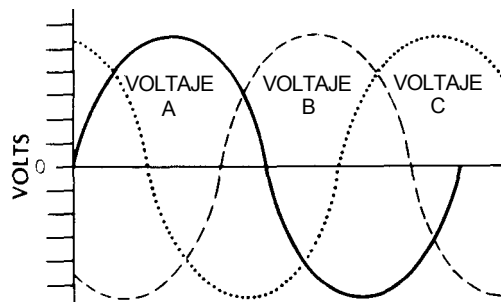
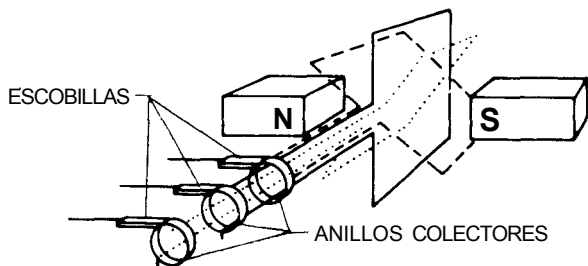


**Fig. 17-9.** Conjunto del rotor de un generador de ca de imán permanente típico que muestra los imanes permanentes rectos incrustados en el rotor (Fairbanks Morse Engine Accessories Operation, Colt Industries).

**Fig. 17-10.** Circuito de encendido de un motor típico de gasolina de un cilindro que emplea un generador de ca de imán permanente.



**Fig. 17-11.** Generador trifásico: (A) estructura básica de un generador trifásico sencillo; (B) formas de onda seno-iales de un voltaje trifásico.



A

B



circuitos automáticos o disyuntores; uno de éstos se conecta en serie con cada uno de los conductores. El alternador típico de automóvil es un ejemplo de un generador trifásico.

Un sistema de energía eléctrica trifásico entrega un suministro de energía eléctrica más estable a una carga. Por esta razón, los sistemas trifásicos se emplean para equipo de gran capacidad que opera a voltajes de 208 volts o más. Entre estos equipos se incluyen grandes motores, máquinas para soldar y unidades calefactoras.

Casi todas las compañías de generación en Estados Unidos utilizan generadores trifásicos y líneas de distribución de potencia trifásica. Las cargas monofásicas que operan a un voltaje aproximadamente de 120 volts se conectan a uno de los tres conductores de la línea eléctrica y a un cuarto conductor, llamado alambre neutro. Las cargas ordinarias en casas y otras instalaciones se conectan de la misma manera.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento, escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un generador eléctrico produce un voltaje por medio de \_\_\_\_\_.
2. Un generador puede operarse girando bobinas de alambre a través de un \_\_\_\_\_ o girando un \_\_\_\_\_ más allá de las bobinas de alambre.
3. Un generador se define como una máquina que convierte energía \_\_\_\_\_ en energía \_\_\_\_\_.
4. En su forma básica, un conmutador es un dispositivo semejante a un anillo formado por piezas metálicas llamadas \_\_\_\_\_.
5. Un conmutador se emplea en un generador \_\_\_\_\_.
6. Los electroimanes que producen el campo magnético necesario para la operación de un generador se denominan \_\_\_\_\_.
7. La corriente continua que se emplea para activar los devanados de campo de un generador se denomina corriente \_\_\_\_\_.
8. Muchos generadores de cc son accionados por \_\_\_\_\_ o por \_\_\_\_\_.
9. Los generadores de ca grandes son accionados por fuentes de energía mecánica, como \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
10. Los generadores de corriente alterna se conocen también con el nombre de \_\_\_\_\_.
11. La armadura rotatoria de un generador de ca cuenta con \_\_\_\_\_ o anillos \_\_\_\_\_ que están en contacto con \_\_\_\_\_.
12. La frecuencia de la corriente alterna producida por un generador depende de la velocidad de \_\_\_\_\_ y del número de \_\_\_\_\_ magnéticos formados por los devanados de campo.
13. Un generador trifásico tiene tres conjuntos separados de \_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina un generador eléctrico.
2. Describa la estructura de un generador de corriente alterna sencillo y explique su operación.
3. ¿Cuáles son los tres factores que determinan el voltaje inducido por la acción del generador?
4. ¿Cuál es el propósito de un conmutador en un generador de cc?
5. Explique el mecanismo de conmutación.
6. Mencione los elementos principales de un generador de cc práctico.
7. ¿Qué se entiende por corriente de excitación de un generador?
8. ¿Cómo se obtiene la corriente de excitación en un generador de cc?
9. Mencione tres medios que hagan girar los rotores de grandes generadores de ca.

10. ¿Los grandes generadores de ca son por lo general del tipo de campo rotatorio?
11. ¿Cuáles son los dos factores que determinan la frecuencia de un generador de ca?
12. ¿Qué es un magneto?
13. Explique la operación del magneto volante que se emplea comúnmente en pequeños motores de gasolina.
14. Describa el voltaje trifásico.
15. ¿Cuál es la ventaja de la potencia trifásica en comparación con la potencia monofásica?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral relacionado con el desarrollo de grandes generadores comerciales.
2. Demuestre la operación de un magneto. Describa su estructura y explique cómo es capaz de producir voltaje.
3. Prepare un escrito o un informe oral que mencione los sistemas de energía eléctrica trifásicos y los propósitos por los que se emplean.

## Unidad 18 Otras fuentes de energía eléctrica

---

Las fuentes de energía son una parte importante de la tecnología. Ésta implica la aplicación de ideas científicas para fabricar máquinas que puedan trabajar. Los países como Estados Unidos sólo podrán mantener su nivel social y técnico empleando grandes cantidades de energía. Sin embargo, el consumo de energía origina varios problemas, entre ellos: 1) la disminución (agotamiento) de suministros de combustible; 2) la contaminación del ambiente; 3) una dependencia de países extranjeros respecto de suministros de combustible, y 4) dificultades económicas causadas por la necesidad de gastar grandes cantidades de dinero en combustibles importados de otros países.

La energía eléctrica es una de las formas de energía más limpias y fáciles de transportar. Si pueden encontrarse métodos para producir grandes cantidades de energía eléctrica a un costo razonable, la sociedad será capaz de mantener sus altos niveles de vida. Al mismo tiempo, deben reducirse los daños al ambiente. Considere un automóvil eléctrico alimentado con baterías recargables. Tal vehículo no contaminaría, sería silencioso y probablemente tendría pocos problemas de mantenimiento. Mayor información acerca del automóvil eléctrico se da en la Unidad 35, "Sistema eléctrico del automóvil".

En la actualidad, la producción de la mayor parte de la energía eléctrica se inicia con energía calorífica. Los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural, se queman para producir calor. Este calor se emplea para calentar agua y transformarla en vapor, el cual se utiliza posteriormente para poner en movimiento turbinas que hacen funcionar grandes generadores.

El calor se produce también por fisión atómica en centrales nucleoelectricas. La operación de éstas y otros tipos comunes de centrales de generación eléctrica se estudia en la Unidad 44, "Industria de la energía eléctrica".

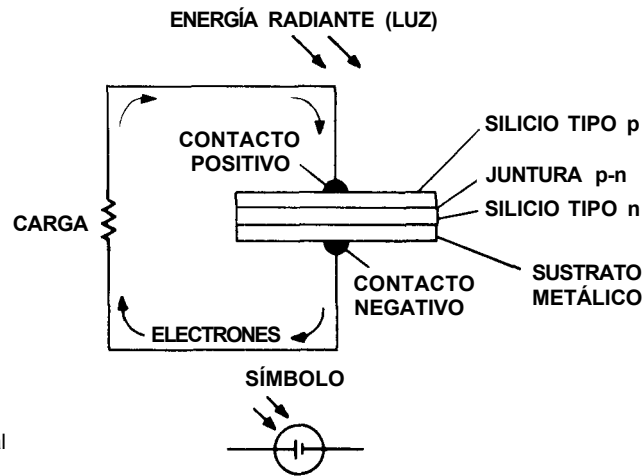


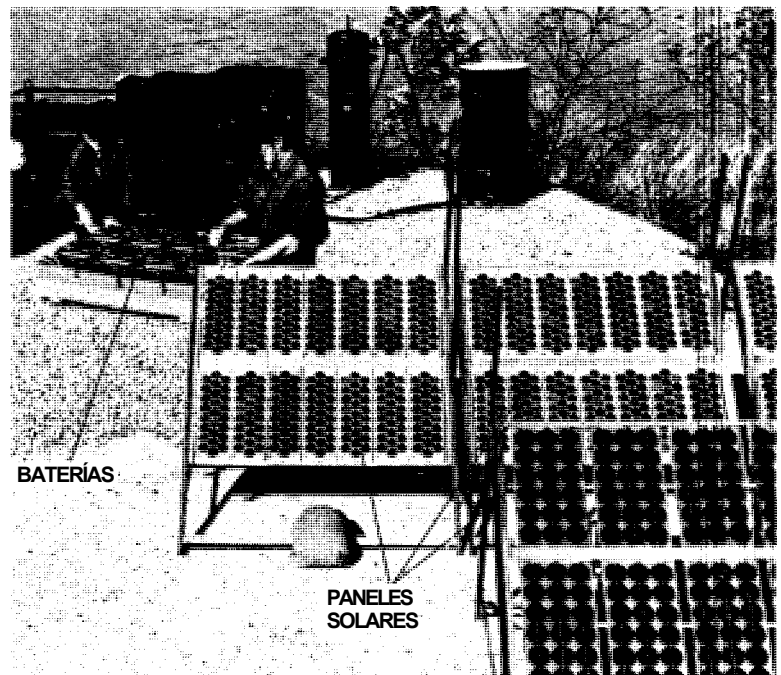
Fig. 18-1. Vista de la sección transversal de una celda de silicio.

Las reservas mundiales de carbón mineral, petróleo, gas natural y materiales fisionables son limitadas. Por esta razón, deben emplearse otras fuentes de energía. Algunas de éstas son la solar, la eólica, el calor del océano, el movimiento de las olas y los materiales orgánicos (animales o plantas). Estas fuentes en particular son útiles para producir electricidad.

## ENERGÍA SOLAR

El empleo de la energía solar como fuente para generar energía eléctrica tiene muchas ventajas. La energía solar es

Fig. 18-2 Purificador experimental de agua accionado con energía solar (U.S. Department of Defense).



inextinguible (no puede agotarse) y está disponible en todas partes. El empleo de la energía solar debe dañar poco al ambiente y producir pocos desperdicios. Las celdas fotovoltaicas o solares generan directamente electricidad a partir de la energía solar sin usar ningún combustible. La transformación de la energía solar en electricidad puede ayudar a resolver los problemas energéticos a largo plazo.

**Celdas solares.** Estas celdas casi siempre se hacen de una capa de silicio, un elemento no metálico muy común, que recubre una base metálica conocida como sustrato. El silicio se trata químicamente para producir las formas llamadas tipo p y tipo n. El área donde estas dos formas se tocan se denomina juntura p-n.

La sección transversal de una celda solar de silicio se muestra en la figura 18-1. La capa superior de silicio tipo p es muy delgada. La energía luminosa pasa a través de ella y alcanza la juntura p-n. La energía luminosa suministra energía a los electrones en la capa tipo p y por tal motivo éstos atraviesan la juntura p-n hasta llegar a la capa tipo n. Por consiguiente, la capa tipo n queda cargada negativamente. Un voltaje se produce entre las capas en cada lado de la juntura p-n.

La cantidad de voltaje producido por una sola celda solar es muy pequeña. Por esta razón, a menudo se conectan muchas celdas para formar un panel solar. Un uso muy importante de los paneles solares es proporcionar energía para cargar baterías y circuitos de trabajo en vehículos espaciales.

La figura 18-12 muestra un purificador de agua accionado con energía solar. Este sistema experimental utiliza varios diseños de celdas solares montadas en paneles. Las celdas solares producen 11 kilowatts cuando el Sol está en el cenit, por lo general alrededor del mediodía. Además, la energía se almacena en 20 baterías de plomo-ácido de automóvil, las cuales se utilizan durante los días nublados y cuando se necesita más energía para arrancar los motores.

## ENERGÍA EÓLICA

La energía del viento se ha usado por muchos años en Estados Unidos. El aeromotor es una máquina que convierte la energía eólica en trabajo útil. En las áreas rurales de Estados Unidos los aeromotores se usaron por lo regular para bombear agua. Hasta hace poco los aeromotores se han considerado de manera formal como otro medio para generar electricidad.

En la figura 18-3 se muestran algunos diseños modernos de aeromotores que producirán electricidad. Las aspas de un aeromotor se modelan algunas veces como hélices de avión. Cuando el viento golpea las aspas, las hace girar. Para producir electricidad se conecta un generador al eje alrededor del cual giran las aspas. Un dispositivo semejante a un timón dirige las aspas en la dirección del viento. En la **figura 18-4** se

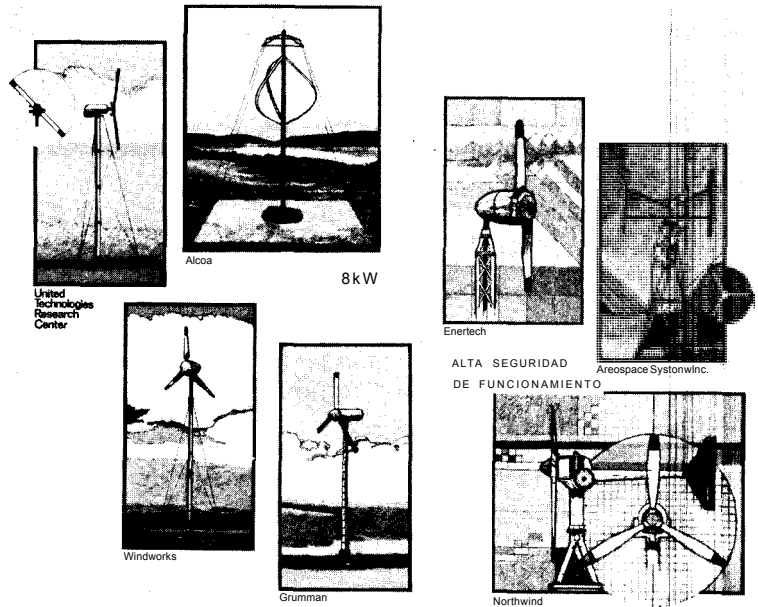


Fig. 18-3. Diseños experimentales de pequeños aeromotores para uso limitado (Rockwell International).

muestra un gran generador eólico moderno que se encuentra en operación en Clayton, Nuevo México. Este generador eólico puede producir 200 kilowatts de electricidad. Alimentado directamente al sistema de la empresa de generación eléctrica local, esto es casi suficiente energía para electrificar 60 casas. Con una velocidad del viento de 8 millas por hora (12.9 km/h) la máquina comenzará a generar energía. A 18 millas por hora (29.0 km/h), producirá su salida máxima de 200 kilowatts. De 18 a 35 millas por hora (29.0 a 56.3 km/h), se ajustará la inclinación de las aspas, lo cual conserva la salida estable a 200 kilowatts. Con vientos mayores a 35 millas por hora (56.3 km/h), la máquina se para por sí misma.



Fig. 18-4. El primer gran generador eólico que se usará en Estados Unidos durante varias décadas (National Aeronautics and Space Administration).

## CALOR DEL OCÉANO

Otra posible manera de generar electricidad es utilizar la energía térmica (calor del océano). Esto implica emplear el agua del océano para coleccionar y almacenar la energía del Sol. Un sistema que efectúe esto puede tener la forma de una gran estructura flotante anclada en el piso oceánico (Fig. 18-5). Este sistema aprovecha la diferencia de temperatura entre las capas superiores calientes de agua y las capas inferiores más frías. El agua más caliente puede transformarse en gas un líquido como el amoníaco. La presión del gas puede utilizarse para impulsar una turbina, a la cual puede conectarse un generador eléctrico. El gas después de pasar a través de la turbina, puede regresar al estado líquido con el agua más fría. El ciclo anterior puede repetirse infinitas veces. Este sistema trabaja en forma similar a las centrales termoeléctricas, las cuales se describen en la Unidad 44. Sin embargo, un

sistema de conversión de la energía térmica oceánica operaría con presiones y temperaturas mucho más bajas y emplearía cantidades muy grandes de agua del océano. La energía se transmitiría a la tierra por medio de cables submarinos y ahí se conectaría con las líneas eléctricas ordinarias. Un gran número de tales sistemas podrían construirse; probablemente se localizaría cerca de los centros de mayor población.

## ENERGÍA GEOTÉRMICA

Los científicos tratan de encontrar otras fuentes naturales de energía calorífica. Una posible fuente, que en la actualidad se utiliza poco, es la energía geotérmica, el calor natural de la Tierra. Esta inmensa fuente podría aprovecharse perforando pozos profundos en la Tierra. Tales pozos entregan vapor, el cual podría canalizarse hacia turbinas que accionan grandes generadores eléctricos.

## MOVIMIENTO DE LAS OLAS

Otra fuente de energía que se está considerando es el empleo del movimiento de las olas. Una manera de hacerlo consiste en utilizar una boya anclada (flotador). Se habrán observado las boyas que señalan las entradas a canales y puertos. Una boya para utilizar el movimiento de las olas en la producción de electricidad tiene dos partes. La sección inferior es la parte que flota. La parte superior se modela como un balón con su parte inferior abierta. Las olas obligan al agua a moverse hacia arriba y hacia abajo en esta parte superior. Esto impulsa aire hacia dentro y hacia fuera de un tubo que contiene un rotor con aspas semejantes a las de un aeromotor. El aire mueve las aspas del rotor, las cuales se diseñan para girar siempre en la misma dirección. Un generador eléctrico está conectado al eje del rotor. Tal sistema podría ser una forma barata de generar electricidad en países con costa marítima.

## MATERIALES ORGÁNICOS

Los materiales orgánicos que pueden transformarse en combustibles útiles son otra fuente de energía posible. Tales materiales abarcan desechos agrícolas tanto de cultivos y animales como de aguas negras, que pueden transformarse en gas metano, alcohol y petróleo. Algunos cultivos pueden desarrollarse específicamente para producir combustibles. Tales combustibles pueden sustituir un poco del petróleo o gasolina que emplean los motores para hacer girar a los generadores eléctricos.

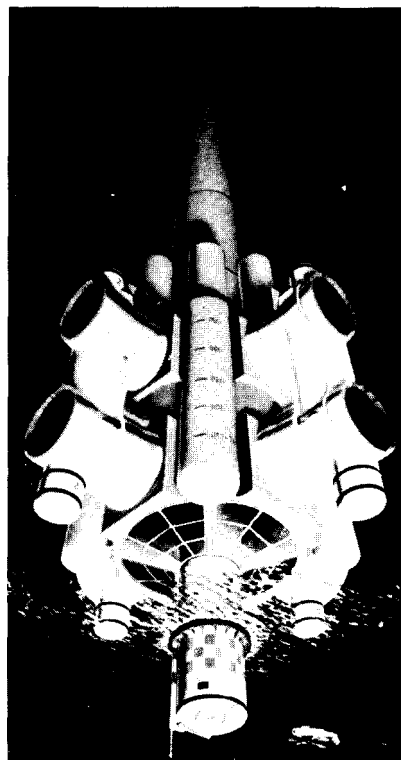
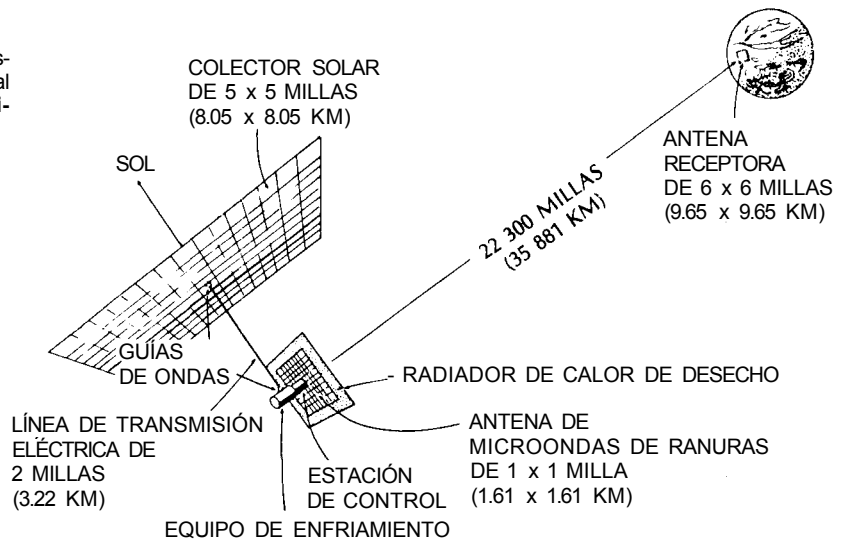


Fig. 18-5. Concepto artístico de una estructura flotante para un sistema de conversión de la energía térmica del océano (Lockheed Missiles and Space Co., Inc.).

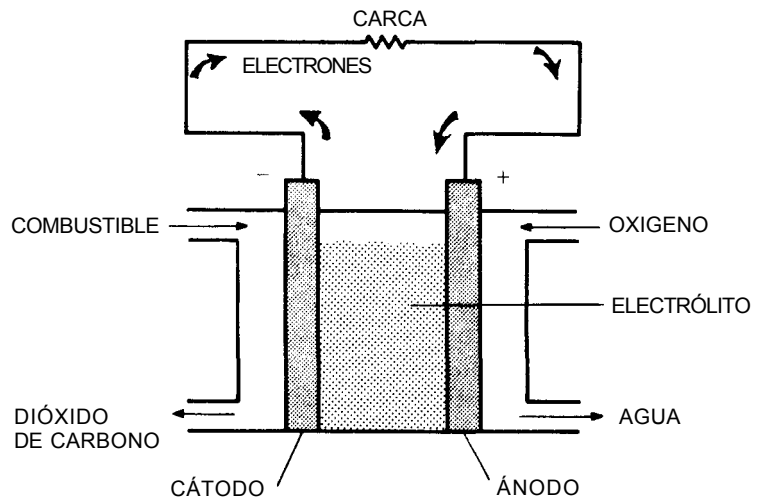
**Fig. 18-6.** Concepto artístico de un sistema de conversión de energía espacial (National Aeronautics and Space Administration).



## TRANSMISIÓN DE ENERGÍA A GRAN ALTURA

En la figura 18-6 se muestra una idea artística de un tipo de central de energía satélite, un sistema espacial de conversión de energía. Este sistema está siendo estudiado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Un sistema de este tipo puede ponerse en una órbita fija (trayectoria) alrededor de la Tierra. Ahí puede coleccionar energía del Sol libre de contaminación. Esta energía puede transmitirse a la Tierra en forma de microondas, ondas de radio de ultraalta frecuencia. La estación receptora en la Tierra puede transformar las microondas en electricidad. Localizado muy arriba de la Tierra, este sistema no sería afectado por las nubes o la noche y, por tanto, podría operar continuamente.

**Fig. 18-7.** Operación básica de una celda de combustible.



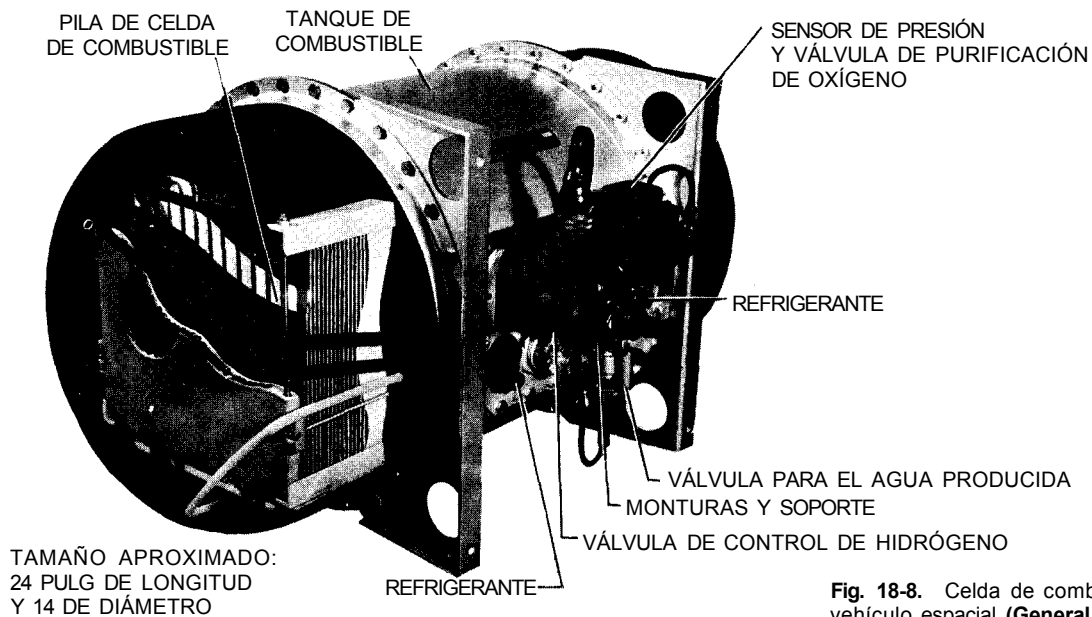


Fig. 18-8. Celda de combustible de un vehículo espacial (General Electric).

## CELDAS DE COMBUSTIBLE

En una *celda de combustible*, las reacciones químicas entre el oxígeno y un combustible ocasionan que la energía química se transforme directamente en energía eléctrica. El hidrógeno y el metano son los combustibles que se usan con mayor frecuencia en tales celdas.

La estructura básica de una celda de combustible de hidrógeno-oxígeno se muestra en la figura 18-7. En esta celda se suministra hidrógeno líquido o gaseoso al cátodo o electrodo negativo. Posteriormente el hidrógeno se distribuye en todo el electrolito y por ello este último libera electrones. Estos electrones se depositan en el cátodo por lo cual queda

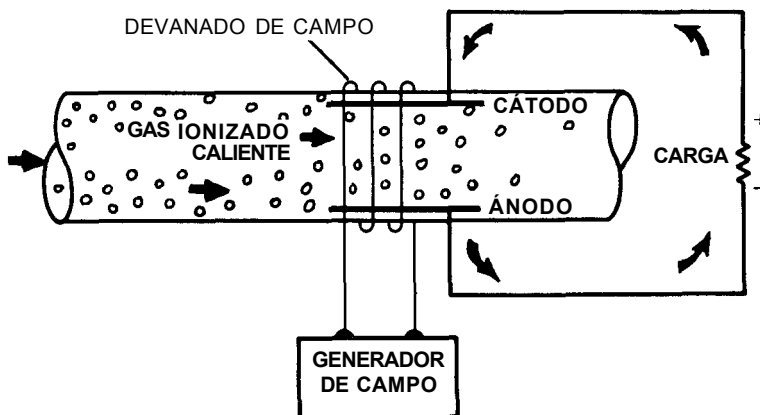


Fig. 18-9. Elementos básicos de un convertidor magnetohidrodinámico (MHD).



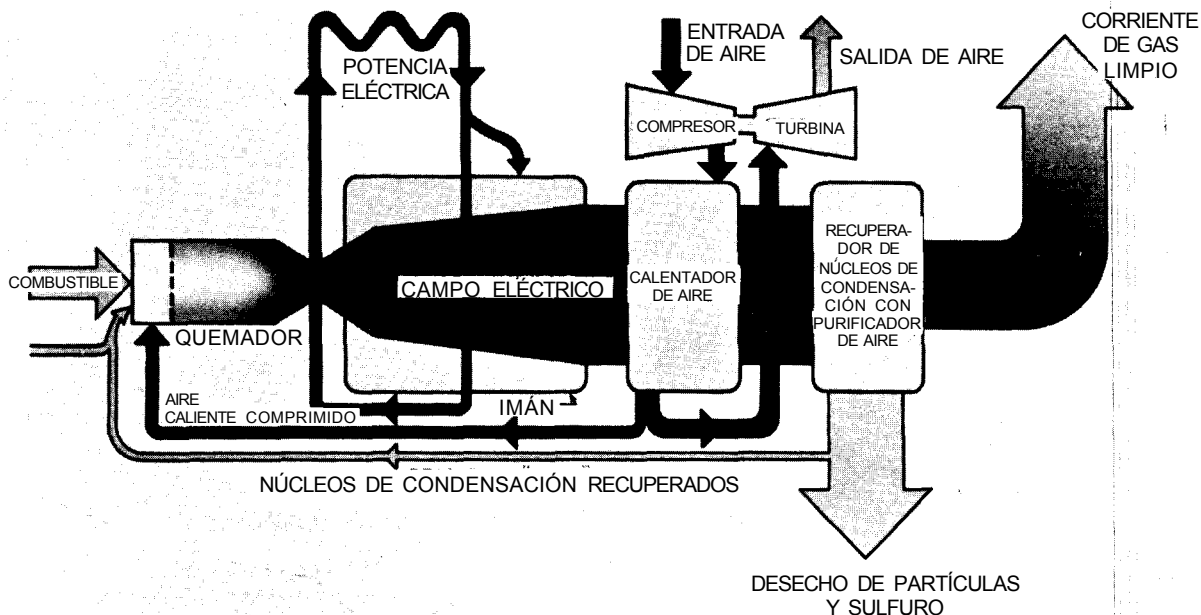


Fig. 18-10. Diagrama de flujo de un convertidor de potencia eléctrica magnetohidrodinámico (MHD) (Avco Everett Research Laboratory).

cargado negativamente. Los electrones se mueven después, a través de la carga, al ánodo o electrodo positivo.

En el presente, las celdas de combustible se usan más a menudo en vehículos espaciales (Fig. 18-8). En el futuro, grandes celdas de combustible podrán usarse para suministrar grandes cantidades de energía eléctrica para usos comunes.

## CONVERSIÓN MAGNETOHIDRODINÁMICA (MHD)

Otro dispositivo que podría generar grandes cantidades de electricidad es el convertidor magnetohidrodinámico (MHD).

Los convertidores MHD se basan en dos principios. El primero establece que los gases pueden ser ionizados por medio de altas temperaturas y de esta manera transformarse en buenos conductores de electricidad. El segundo es el principio de la inducción electromagnética.

En la figura 18-9 se muestran los elementos básicos del convertidor MHD. El gas se calienta a una temperatura aproximada de  $5000^{\circ}\text{F}$  ( $2760^{\circ}\text{C}$ ). Esto ioniza al gas, el cual es impulsado a través de un intenso campo magnético. La fuerza eléctrica que resulta actúa sobre los electrodos en las partes superior e inferior del flujo de gas. La corriente fluye en un circuito externo. El gas pasa a una unidad de condensación y después regresa a la fuente de calor para completar el ciclo. De esta manera el gas ionizado reemplaza a los conductores metálicos.

Los convertidores MHD disponen de pocas partes mecánicas móviles. Los nuevos materiales permitirán que dichos

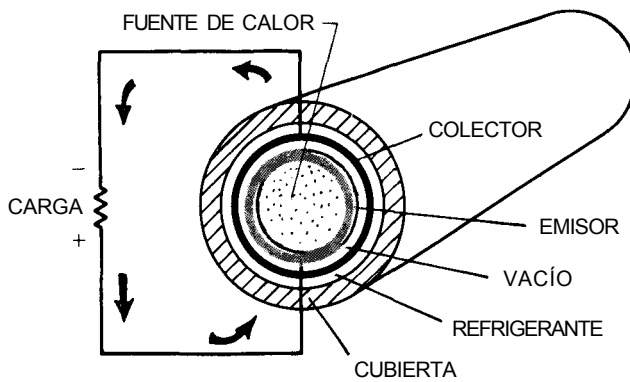


Fig. 18-11. Convertidor termoiónico coaxial.

convertidores soporten las enormes temperaturas y presiones necesarias y será posible algún día diseñarlos y construirlos con salidas mayores a un millón de watts. Éstos serán más pequeños, ligeros, seguros y de mayor rendimiento que la combinación equivalente de turbina y generador. La figura 18-10 es un diagrama de flujo que muestra la operación de un convertidor MHD.

## CONVERSIÓN TERMOIÓNICA

El convertidor termoiónico es otro sistema que transforma el calor directamente en electricidad. Consta de dos electrodos en un vacío. El electrodo emisor se calienta para producir electrones libres. El electrodo *colector* a una temperatura mucho más baja, recibe los electrones liberados por el emisor.

Un diagrama de un convertidor termoiónico *coaxial* se muestra en la figura 18-11. La fuente de calor en el centro del convertidor calienta al emisor. Este emite electrones, los cuales posteriormente se mueven hacia el colector a través de la carga externa.

Una corriente alterna puede producirse en forma directa en el convertidor termoiónico. Lo anterior se efectúa aplicando una señal modulada (variable) pequeña a un electrodo de rejilla localizado entre el emisor y el colector. Grandes convertidores termoiónicos podrían reemplazar algún día a los generadores accionados con turbinas ordinarias (un estudio general de las señales moduladas puede encontrarse en la Unidad 40; el efecto de los electrodos de rejilla se estudia en la Unidad 19).

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La \_\_\_\_\_ es una fuente inagotable de energía.
2. Los dispositivos que transforman directamente la luz solar en electricidad se denominan \_\_\_\_\_.
3. El viento puede convertirse en energía eléctrica mediante un \_\_\_\_\_.
4. El calor natural de la Tierra se denomina energía \_\_\_\_\_.
5. Una central de energía satélite puesta en una órbita fija alrededor de la Tierra, transmitiría energía a la misma en forma de \_\_\_\_\_.
6. Un dispositivo que convierte en forma directa la energía química de un combustible en energía eléctrica es la \_\_\_\_\_.
7. Un dispositivo que transforma la energía térmica en energía eléctrica por medio de un gas ionizado caliente es el convertidor \_\_\_\_\_.
8. Puede producirse \_\_\_\_\_ aplicando una señal modulada a un electrodo de rejilla en un convertidor termoiónico.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Enumere algunos problemas ocasionados por un alto consumo de energía.
2. Enumere algunas ventajas de un automóvil eléctrico.
3. Identifique algunas fuentes de energía que puedan sustituir los combustibles que se utilizan actualmente.
4. Analice las ventajas de la luz solar como una fuente de energía.
5. Explique cómo una central de energía satélite podría transformar la luz solar en energía útil.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Escriba un informe acerca de las reservas mundiales actuales de carbón, petróleo y gas. Analice los problemas inmediatos y a largo plazo relacionados con estos combustibles.
2. Calcule el área del techo de su escuela. Estime cuántas celdas solares de silicio, cada una con un área de  $1 \text{ pulg}^2$  ( $645 \text{ mm}^2$ ), podrían colocarse en el techo. Suponga que en condiciones de insolación máxima, cada celda solar produce 0.2 volts a 10 miliamperes. Calcule la salida de potencia de la batería solar completa.

# Electrónica: teoría y dispositivos

## Unidad 19 Tubos electrónicos

Los tubos o válvulas electrónicas han sido reemplazadas casi en su totalidad por dispositivos de estado sólido. Sin embargo, aún se encuentran en algunos productos electrónicos. Los dispositivos de estado sólido incluyen diodos semiconductores y transistores. Se estudian en la Unidad 20. En esta unidad se trata acerca de la estructura de los tubos electrónicos típicos y de su operación como rectificadores y amplificadores. Los tipos especiales de tubos electrónicos que se emplean en osciloscopios y receptores y cámaras de televisión se estudian en unidades posteriores.

### ESTRUCTURA Y OPERACIÓN BÁSICA

Los tubos electrónicos constan de electrodos encerrados en una envolvente o ampolla de vidrio, a la cual se le ha eliminado la mayor parte del aire. Los primeros tubos tenían un alto vacío. Por esta razón, con frecuencia a los tubos actuales aún se les denomina tubos o válvulas al vacío. Los electrodos de un tubo se conectan internamente a patas o terminales que se extienden de la base (Fig. 19-1).

Un tubo electrónico se integra a un circuito insertándolo en un portatubo. El tubo y el resto del circuito se conectan con alambres que se fijan en las lengüetas de conexión del zócalo (Fig. 19-2). Algunos tubos miniatura especiales tienen hilos de conexión que se sueldan directamente en el circuito.

Uno de los electrodos en un tubo electrónico se llama cátodo. Cuando este electrodo se calienta, emite o libera electrones. El cátodo puede ser calentado directa o indirectamente. El proceso en el que una superficie caliente emite electrones se conoce como emisión termoiónica.

**Cátodos.** Un cátodo calentado directamente se fabrica por lo general con una aleación metálica de níquel; su forma es

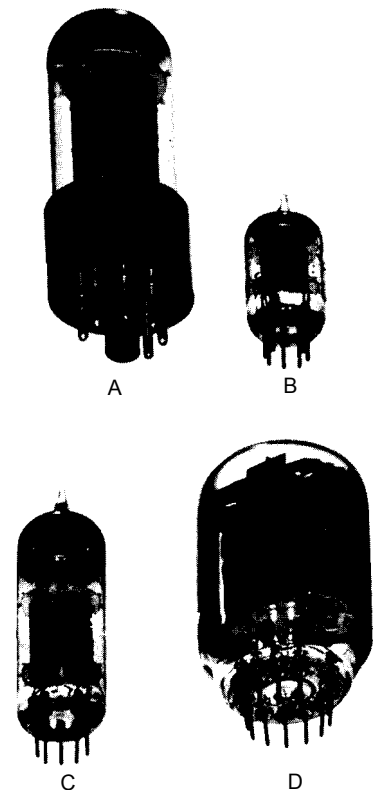


Fig. 19-1. Tipos comunes de tubos electrónicos: (A) base octal; la pata central (aislada) orienta adecuadamente a las patas metálicas en el portatubo; (B) miniatura de siete patas; (C) miniatura de nueve patas; (D) base de 12 patas (duodecal).

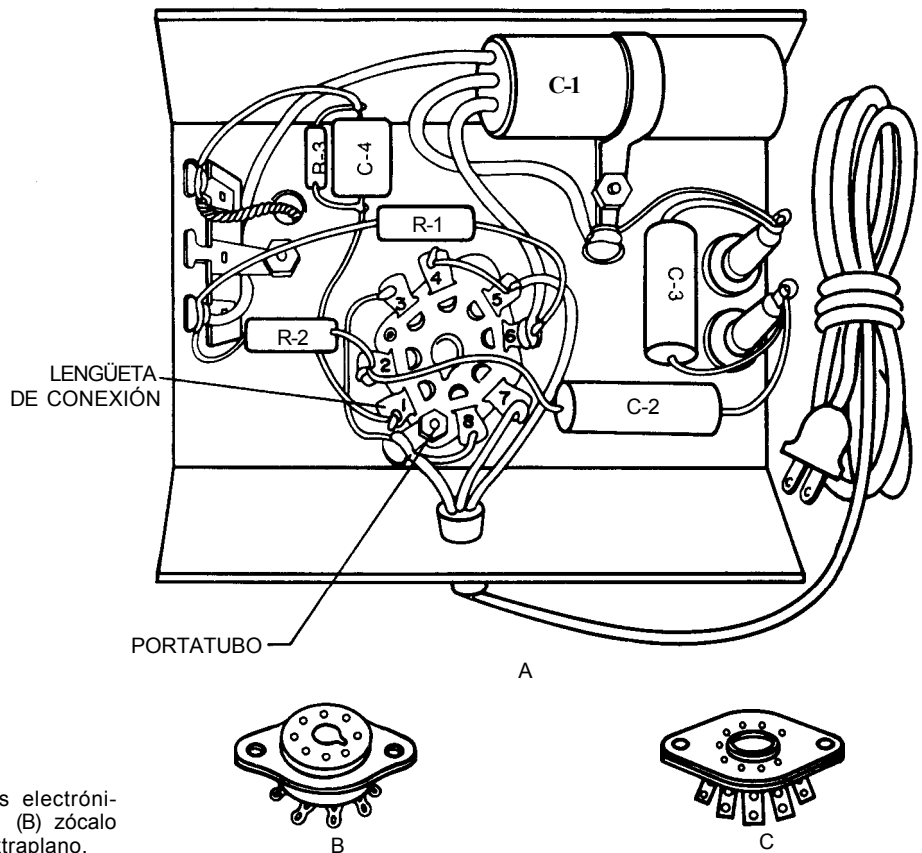


Fig. 19-2 Zócalos de tubos electrónicos: (A) zócalo alambrado; (B) zócalo moldeado; (C) portatubo extraplano.

semejante a la de un filamento recubierto con un material que emite electrones (Fig. 19-3A). El filamento se conecta a una fuente de voltaje y se calienta por el efecto de la corriente que circula por él.

Un cátodo calentado indirectamente presenta la forma de un delgado tubo metálico. Se recubre también con un material que emite electrones cuando se calienta. Este tipo de cátodo se calienta con un alambre calefactor dentro del tubo, pero no en contacto con él (Fig. 19-3B).

**Atracción electrostática.** El cátodo tiene carga negativa y los electrones que emite son atraídos por otro electrodo del tubo cargado positivamente que se denomina placa (Fig. 19-4). Este efecto se conoce como atracción electrostática. Cuando la placa no está cargada positivamente, no fluyen electrones. (En realidad, un pequeño número de electrones alcanzarán la placa aun cuando ésta no esté cargada. Lo anterior se denomina *efecto* Edison, en honor de Thomas Edison, quien lo descubrió.)

**Filamento incandescente.** La luz que aparece cuando un tubo está encendido está causada por la incandescencia del

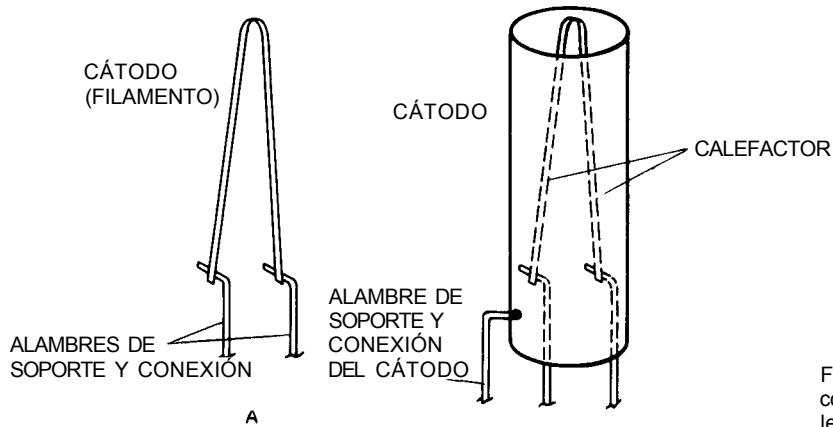


Fig. 19-3. Cátodos de tubos electrónicos: (A) calentado directamente; (B) calentado indirectamente.

filamento calentado. El proceso de calentamiento consume la mayor parte de la energía suministrada a un tubo electrónico.

## TUBO DIODO

Un diodo (di, dos; odo, parte) es el tipo más sencillo de tubo electrónico. Cuenta con dos electrodos: un cátodo y una placa (Fig. 19-5).

Si se aplica un voltaje alterno entre la placa y el cátodo, la placa será positiva respecto del cátodo durante una mitad de cada ciclo de voltaje. Por consiguiente, los electrones fluirán en el tubo desde el cátodo hasta la placa únicamente en este semiciclo [Fig. 19-6]. Como consecuencia, el tubo emitirá una corriente continua pulsante. Por esta razón, un tubo diodo puede actuar como un *rectificador de media onda*. Un

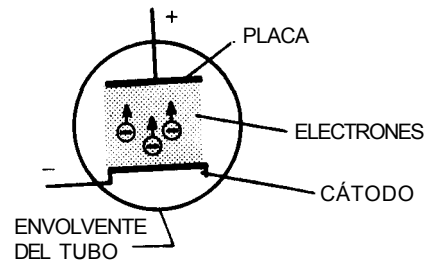


Fig. 19-4. Atracción electrostática de los electrones a la placa o ánodo de un tubo electrónico.

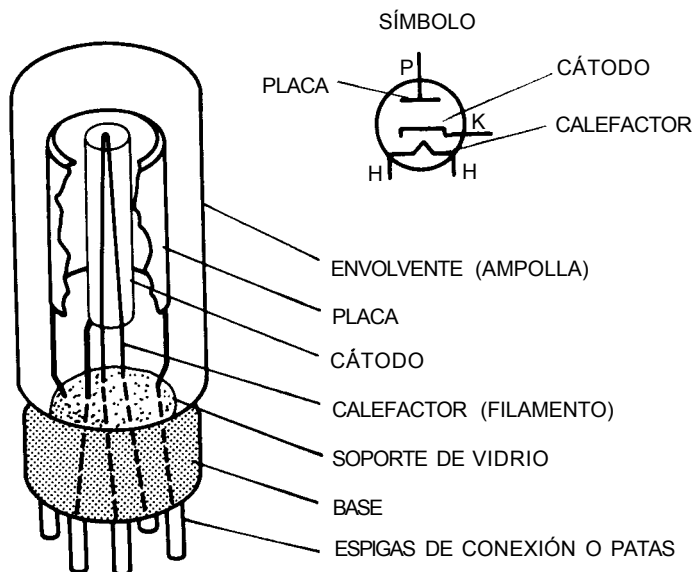


Fig. 19-5. Tubo diodo.

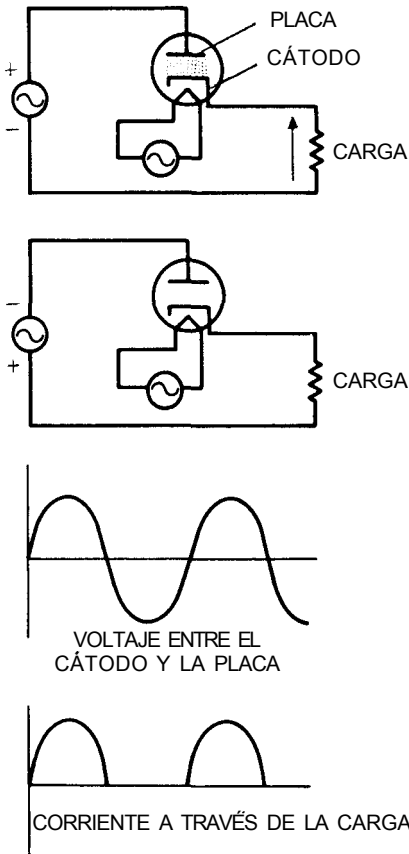


Fig. 19-6. Los electrones fluyen a través del diodo sólo cuando la placa es positiva con respecto al cátodo.

rectificador es un dispositivo o circuito que convierte la corriente alterna en corriente continua.

El tubo electrónico *rectificador* de onda completa tiene un cátodo y dos placas separadas. El tubo se conecta a un voltaje de ca de manera que una de las placas sea siempre positiva respecto al cátodo. Por esta razón, ambos semiciclos producen una corriente, pero siempre en la misma dirección.

## TRIODO

En un tubo electrónico triodo, un tercer electrodo, denominado *rejilla de control*, se coloca entre el cátodo y la placa. La rejilla es por lo regular una espiral de alambre delgado que se pone alrededor del cátodo y se aísla de él (Fig. 19-7). Su función consiste en controlar el número de electrones que pasan respecto al cátodo a la placa. Cuando la rejilla es positiva con respecto al cátodo, deja que los electrones de este último alcancen la placa (Fig. 19-8A). Cuando es negativa con respecto al cátodo, repele los electrones evitando que muchos de ellos lleguen a la placa (Fig. 19-8B).

Un pequeño cambio en el valor del voltaje aplicado entre la rejilla de control y el cátodo de un tubo triodo, puede controlar una gran cantidad de corriente en el circuito de la placa del tubo. Este efecto permite al tubo actuar como un amplificador, dispositivo o circuito que aumenta el valor de un voltaje o una corriente.

## OTROS TUBOS

Los diodos y triodos son sólo dos de los varios tipos de tubos electrónicos. Otros que cuentan con más electrodos se dise-

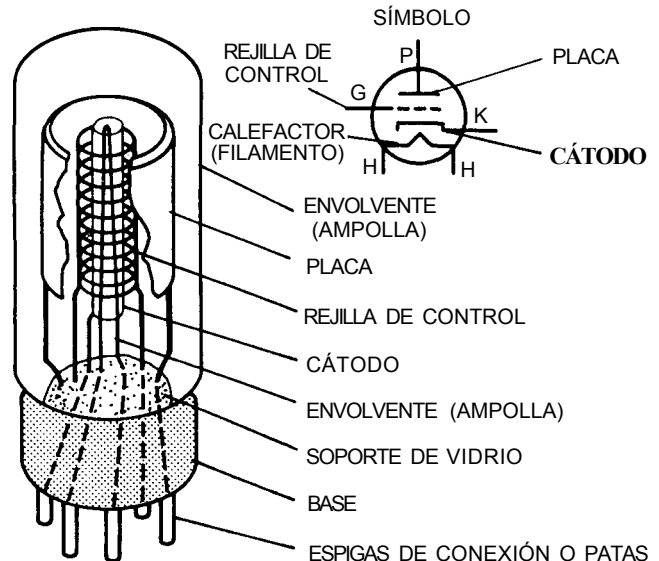


Fig. 19-7. Tubo triodo.

ñan para mejorar el flujo de electrones. Uno de tales tubos es el pentodo, que, además de la rejilla de control, tiene una *rejilla pantalla* y una *rejilla supresora*. Algunos tubos, conocidos comúnmente como tubos multifunción o multisección, constan de dos o tres tubos en una sola envoltente o ampolla. Tales tubos tienen los electrodos de un diodo doble y un triodo, un diodo triple, un triodo doble, o un triodo y pentodo.

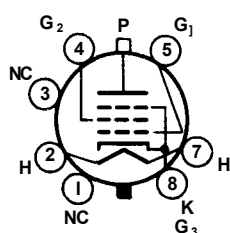
## DIAGRAMAS DE LA BASE

Un diagrama de la base de un tubo electrónico muestra, por medio de símbolos, los tipos de electrodos en el tubo. Muestra también la pata o espiga de conexión particular de la base a la cual se conecta cada electrodo (Fig. 19-9A). Para identificar las patas, mire el tubo por su base y cuente cada pata en la dirección del movimiento de las agujas del reloj, empezando con la ranura de referencia (Fig. 19-9B).

En algunos tubos, un electrodo se conecta a una terminal ubicada en la parte superior de la envoltente. Ésta por lo general es la placa o rejilla de control y se representa en un diagrama de polarización con un cuadrado, como se muestra en la figura 19-9A. Los diagramas de las bases y otra información importante relacionada con muchos tipos de tubos electrónicos, se proporcionan en publicaciones llamadas manuales de tubos.

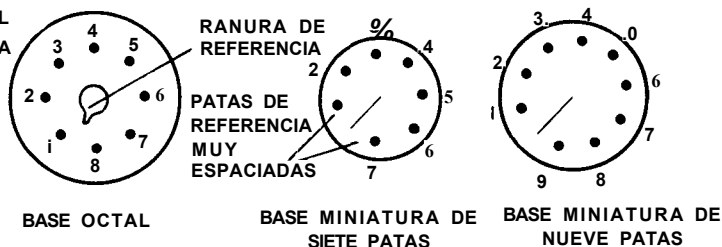
## DENOMINACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE TUBOS

Los tubos electrónicos se identifican con una combinación de números y letras, como 5U4GB, 12BA6 y 50C5, que se llaman designaciones tipo. El primer número, por ejemplo el 12, es el voltaje al cual opera el filamento calefactor. Los tubos con la misma designación tipo tienen las mismas características eléctricas, aunque pueden tener diferentes marcas de fábrica. En algunos circuitos, es posible sustituir un tubo por otro que tenga un número de designación diferente. Los tubos que pueden emplearse como reemplazos de otros tubos se listan en manuales de sustitución de tubos.



G<sub>1</sub> = REJILLA DE CONTROL  
 G<sub>2</sub> = REJILLA DE PANTALLA  
 G<sub>3</sub> = REJILLA SUPRESORA  
 H = CALEFACTOR  
 K = CÁTODO  
 P = PLACA  
 NC = NO CONECTADO

A



B

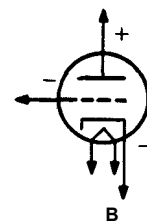
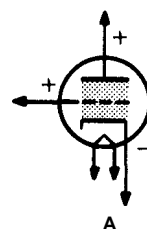


Fig. 19-8. Operación de la rejilla de control en un triodo.

Fig. 19-9. Identificación de las patas de la base de un tubo electrónico.



## **ENNEGRECIMIENTO DURANTE LA REMOCIÓN DE OXÍGENO**

El ennegrecimiento durante la remoción de oxígeno se forma en la parte interior de la envolvente de un tubo electrónico. Se produce al quemar una sustancia que se encuentra dentro del tubo después que éste se ha sellado durante su fabricación. El tubo, una vez sellado, se calienta en un horno; a cierta temperatura se quema la sustancia dentro del tubo y con ello se reduce aún más la presión del oxígeno remanente en el tubo después de haber extraído el aire de su interior. Es necesario suprimir el oxígeno, puesto que su presencia aceleraría la evaporación de los electrodos del tubo. El ennegrecimiento no significa que el tubo esté defectuoso.

## **FALLAS DE LOS TUBOS ELECTRÓNICOS**

Un filamento quemado es la falla más común de los tubos electrónicos; ésta lo deja fuera de servicio. A continuación se analizan otras fallas comunes de los tubos electrónicos.

**Fugas.** Una fuga en un tubo se produce con mayor frecuencia por una fisura en su envolvente o ampolla. Puede deberse también a un sellamiento irregular entre la ampolla y las patas. Cuando ocurre una fuga, entra aire a la válvula; una mancha blanca en la superficie interior de la ampolla indica que esto ha sucedido. Un tubo con fugas debe cambiarse.

**Gas.** Los cátodos de los tubos electrónicos operan a muy altas temperaturas. Esto algunas veces provoca que se vaporicen en forma parcial o gasifiquen. Este gas interrumpe el flujo de electrones y afecta el funcionamiento del tubo. Demasiado gas en un tubo al vacío produce a menudo un tinte azul visible. Cuando esto suceda, debe cambiar el tubo.

**Cortos.** Un tubo se pone en corto circuito cuando hay contacto entre dos o más electrodos que deben estar separados. Esta condición ocasiona con frecuencia que se sobrecalienten los electrodos o elementos del circuito. Un tubo en corto debe reemplazarse.

## **PRUEBA DE TUBOS ELECTRÓNICOS**

El funcionamiento de los tubos o válvulas electrónicas puede verificarse con un probador de tubos electrónicos (Fig. 19-10). Puede probarse un tipo particular de tubo electrónico con este instrumento, ajustando sus controles según los ajustes de control que se indiquen en la tabla de operación para ese tubo electrónico. Cuando se emplee un probador de tubos

INSTRUMENTO INDICADOR DEL ESTADO DEL TUBO

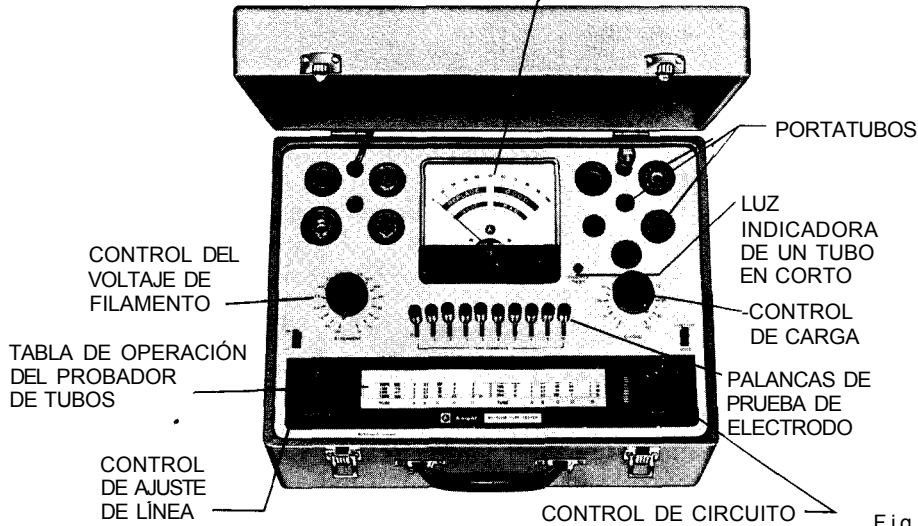


Fig. 19-10. Probador de tubos.

electrónicos, asegúrese siempre de que el control de voltaje del filamento sea el correcto para el tubo que se esté probando. Un voltaje demasiado grande aplicado a un filamento o alambre calefactor lo quemaría.

Una prueba de continuidad con un óhmetro puede emplearse para probar filamentos abiertos. Ajústese el óhmetro en una escala de resistencia baja o media y después conéctese a las patas del calefactor. En un manual de válvulas electrónicas se encuentran los números de patas o espigas de conexión correctas.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Los electrones se mueven del cátodo a la placa en un tubo cuando la placa está cargada \_\_\_\_\_ con respecto al cátodo.
2. El tubo rectificador de onda completa incluye un cátodo y dos \_\_\_\_\_ separadas.
3. Los tres electrodos de un tubo triodo son el \_\_\_\_\_, la \_\_\_\_\_ y la \_\_\_\_\_.
4. El efecto de control de corriente de un tubo triodo le permite actuar como un \_\_\_\_\_.
5. Un diagrama de \_\_\_\_\_ de un tubo muestra los tipos de electrodos en el tubo y las \_\_\_\_\_ de la base a las cuales se conecta.
6. La mancha oscura en el interior de la envoltente de un tubo electrónico se debe a \_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Describa la estructura básica de un tubo electrónico típico.
2. ¿Cuál es la función del cátodo?

3. ¿Qué se entiende por emisión termoiónica?
4. ¿Qué es la atracción electrostática en una válvula electrónica?
5. Describa la estructura de un tubo diodo. Explique su funcionamiento como rectificador.
6. Explique la función de la rejilla de control en un tubo triodo.
7. Mencione y describa cuatro fallas comunes de los tubos electrónicos.

8. ¿Cómo se prueban los tubos electrónicos?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Dé una demostración en clase acerca de tipos diferentes de tubos electrónicos. Mencione los nombres de cada uno de los tubos y explique qué indica su designación tipo.

## Unidad 20 Semiconductores y diodos

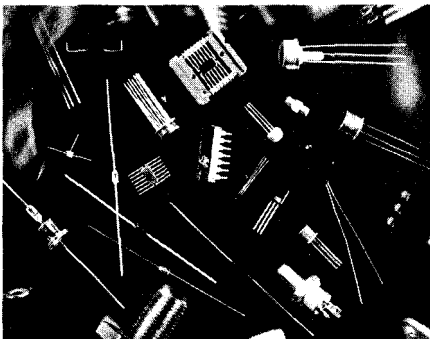


Fig. 20-1. Dispositivos de estado sólido semiconductores (Texas Instruments Incorporated).

Un material semiconductor es aquel que en su estado puro y a temperatura ambiente normal, no es ni buen conductor ni buen aislador. Sin embargo, los materiales semiconductores puros rara vez se emplean en electrónica. Más bien, se añaden pequeñas cantidades de otras sustancias por medio de un proceso denominado *impurificación*. De tal modo la resistencia eléctrica de los materiales semiconductores puede hacerse mucho menor que la de los materiales puros.

Los elementos germanio y silicio son los materiales semiconductores más empleados; se utilizan en diodos y transistores de estado sólido. Un *diodo de estado sólido* es aquél que, a diferencia de un tubo electrónico, se forma como una unidad sólida; no tiene una envoltura o ampolla de vidrio o un filamento (Fig. 20-1).

### ESTRUCTURA DE UN SEMICONDUCTOR

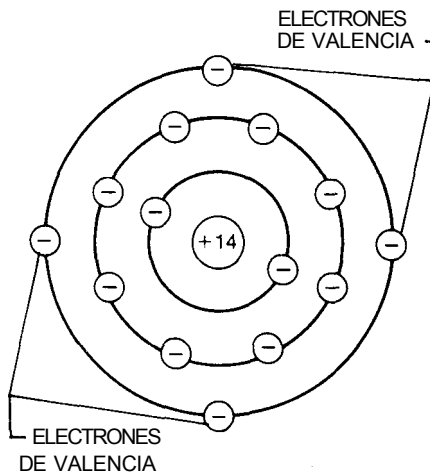


Fig. 20-2 Representación de un átomo de silicio.

Los átomos de germanio y silicio tienen cuatro electrones de valencia, los del nivel superior (Fig. 20-2). En dichos materiales, los átomos están ordenados en lo que se denomina estructura de red cristalina. Cada átomo comparte cada uno de sus electrones de valencia con los átomos vecinos. De esta manera se forman los llamados enlaces de par electrónico o covalentes entre los átomos (Fig. 20-3).

Materiales semiconductores: tipo n. El arsénico es una impureza con la cual un material semiconductor puro, como el silicio, se impurifica o contamina a menudo. El arsénico tiene cinco electrones de valencia. Cuatro de los cinco electrones de valencia de cada átomo de arsénico intervienen en los enlaces de par electrónico con los electrones de valencia de cuatro átomos de silicio. Por consiguiente, un electrón de valencia de cada átomo de arsénico queda sin pareja y se convierte en un electrón libre (Fig. 20-4). Puesto que el silicio contiene electrones libres o partículas cargadas negativa-

mente, se le llama *material* semiconductor tipo n. El arsénico dona electrones libres al silicio, y por este motivo, se le llama donador de impurezas.

**Materiales semiconductores: tipo p.** El silicio puro con frecuencia se impurifica o contamina con una impureza, como el elemento indio, que tiene tres electrones de valencia. En este caso, los electrones de valencia de cada átomo de indio forman enlaces de par electrónico con los electrones de valencia de los tres átomos de silicio. Esto deja a un electrón de valencia de un átomo de silicio cercano sin enlace de par electrónico. Como resultado, falta un electrón en la red cristalina del silicio. Dicha falta se denomina hueco (Fig. 20-5A).

Si se aplica un voltaje al silicio, un electrón de un enlace de par electrónico puede ganar suficiente energía para romper el enlace y moverse al hueco. Esto crea un nuevo hueco, el cual en seguida está listo para aceptar otro electrón que haya roto su enlace de par electrónico. Como este proceso continúa, se dice que el hueco se mueve a través del silicio, como se muestra en la figura 20-5B.

Puesto que un hueco representa la falta de un electrón, puede considerarse como un portador de corriente de carga positiva. Así pues, un material semiconductor que contiene muchos huecos se denomina materia] tipo p. El indio se llama aceptador de impurezas, lo cual se debe a que cada átomo de indio que se añade al silicio o germanio puede aceptar un electrón de un enlace de par electrónico.

## DIODO DE JUNTURA P-N

El diodo de estado sólido básico es una combinación de materiales semiconductores tipo p y tipo n. Se fabrica como una sola unidad a partir de procesos químicos. La sección donde los dos tipos de materiales se unen se conoce como juntura p-n (Fig. 20-6). Los diodos se encapsulan o encierran en cajas de protección de varias formas con lengüetas o terminales para

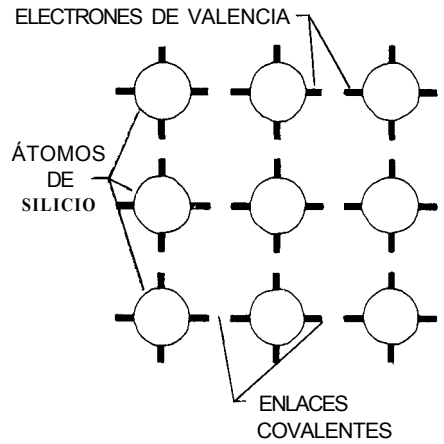


Fig. 20-3. Enlaces de par electrónico o covalente en la estructura cristalina del silicio puro.

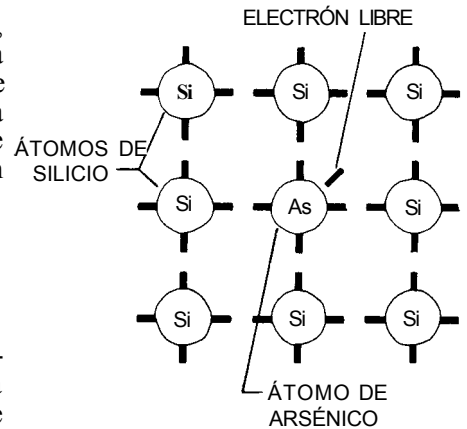
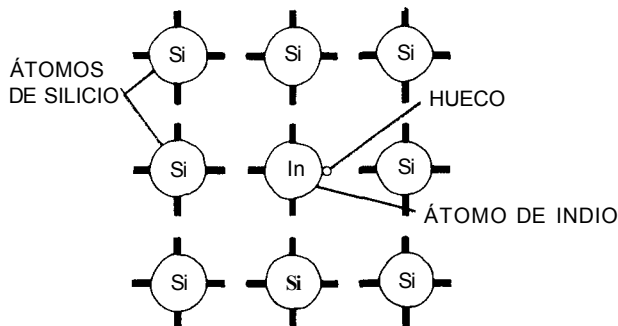
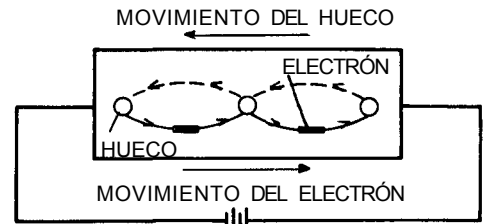


Fig. 20-4. Electrones libres o en exceso, resultantes de la adición de arsénico al silicio.



A



B

Fig. 20-5. El hueco en un semiconductor: (A) hueco que se genera cuando se añade indio al silicio; (B) movimiento o arrastre de huecos y electrones en un material tipo p.

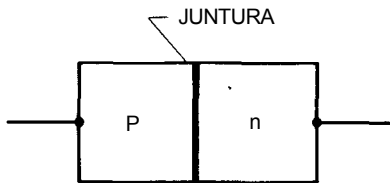


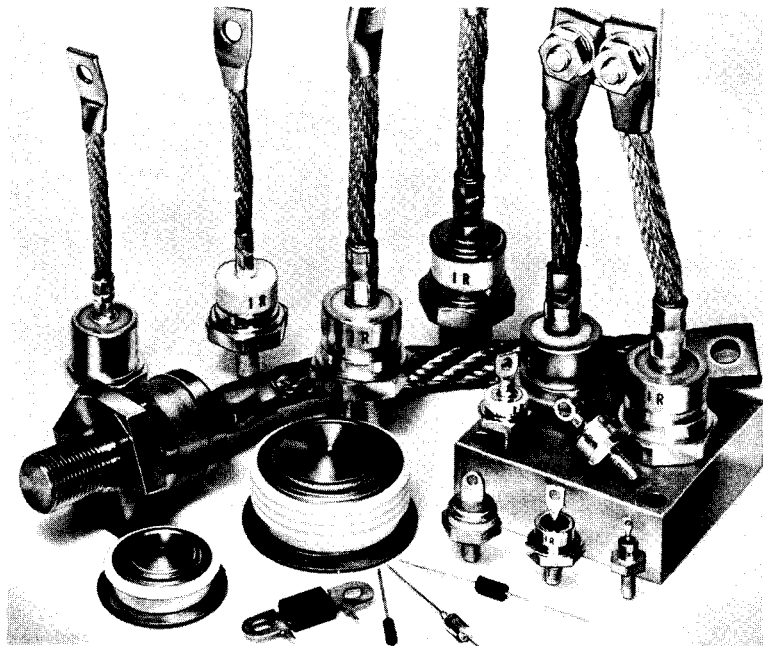
Fig. 20-6. Junta semiconductora p-n básica.

efectuar las conexiones al circuito externo necesarias (Fig. 20-7A). En un diodo el material tipo p se llama ánodo, y el material tipo n, cátodo. Las terminales de ánodo y cátodo de un diodo se identifican de diversas maneras, como se muestra en la figura 20-7B.

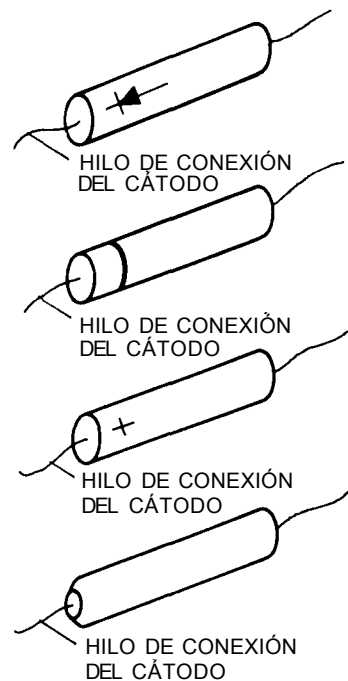
## RECTIFICACIÓN

La mayor parte de las centrales generadoras que suministran energía eléctrica a las casas, comercios y fábricas, producen corriente alterna. Una de las principales razones de esto es que de esta manera la energía puede enviarse a grandes distancias con una buena eficiencia. Sin embargo, muchos procesos y dispositivos pueden operar sólo con corriente continua. Por ejemplo, los transistores, tubos electrónicos y ciertos dispositivos de control requieren para su operación corriente continua. Si los circuitos que contienen estos dispositivos se operan a partir de tomacorrientes ordinarias, deben usarse circuitos rectificadores, cuya función consiste en transformar la corriente alterna en corriente continua. Los diodos se utilizan como rectificadores en cargadores de baterías y otras unidades de alimentación que proporcionan corriente continua. También se emplean en circuitos rectificadores de radios, receptores de televisión y otros productos eléctricos y electrónicos.

Fig. 20-7. Diodos rectificadores de silicio: (A) diodos típicos; (B) métodos para identificar el hilo de conexión o terminal del cátodo de diodos de tamaño pequeño (Cortesía de International Rectifier).



A



B

## CÓMO FUNCIONA UN DIODO

El diodo rectificador común de estado sólido se hace de silicio y opera actuando como una compuerta, la cual permite que la corriente fluya en un solo sentido pero no en el otro. La polarización del voltaje aplicado en un diodo determina en todo caso si a través del diodo fluiría o no corriente. Las dos polaridades de un voltaje aplicado se conocen como polarización directa o de avance y polarización inversa.

**Polarización directa o de avance.** Un diodo está en polarización directa o de avance cuando la terminal positiva de una fuente de voltaje, como una batería, se conecta a su ánodo y la terminal negativa a su cátodo [Fig. 20-8A]. En esta situación, la terminal positiva de la batería repele a los huecos dentro del material tipo p hacia la juntura p-n. Al mismo tiempo, la terminal negativa de la batería repele a los electrones dentro del material tipo n hacia la juntura. Cuando los huecos y electrones llegan a la juntura, algunos la atraviesan (Fig. 20-8B). Después los huecos se recombinan con los electrones dentro del material tipo n; los electrones se recombinan con los huecos dentro del material tipo p.

Cada vez que un hueco se recombina con un electrón o un electrón con un hueco próximo a la juntura, un electrón de un enlace doble dentro del material tipo p (ánodo) rompe su enlace. Después este electrón llega a la terminal positiva de la batería. Al mismo tiempo, un electrón de la terminal negativa de la batería se mueve hacia el material tipo n (cátodo) del diodo (Fig. 20-8C). De esta manera se produce un flujo de electrones de negativo a positivo en el circuito externo al cual está conectado el diodo.

**Polarización inversa.** Un diodo se polariza inversamente cuando su ánodo se conecta a la terminal negativa de la batería y su cátodo a la terminal positiva (Fig. 20-9A). En este caso la terminal negativa de la batería atrae a los huecos dentro del material tipo p alejándolos de la juntura p-n. Al mismo tiempo, los electrones libres dentro del material tipo n son atraídos hacia la terminal positiva de la batería alejándose de

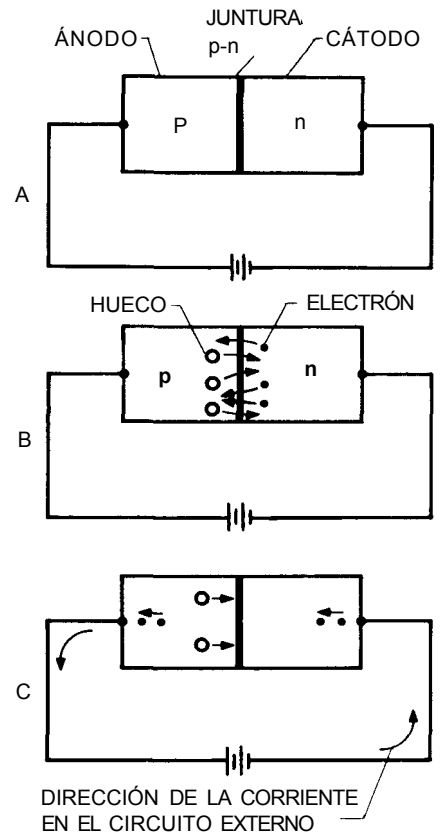


Fig. 20-8. Circuito de un diodo con polarización directa o de avance.

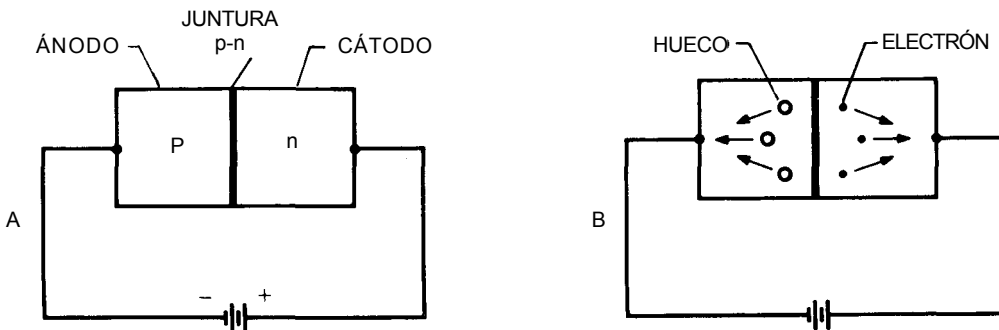
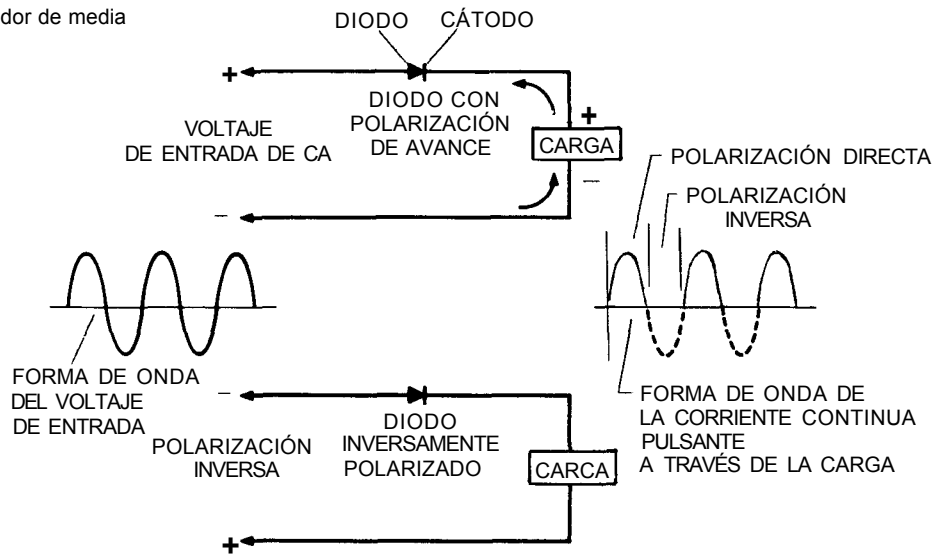


Fig. 20-9. Circuito de un diodo con polarización inversa.

Fig. 20-10. Circuito rectificador de media onda.



la juntura (Fig. 20-9B). Este efecto determina que el diodo presente una alta resistencia al flujo de la corriente. Esta condición implica que no fluirá corriente en el circuito externo.

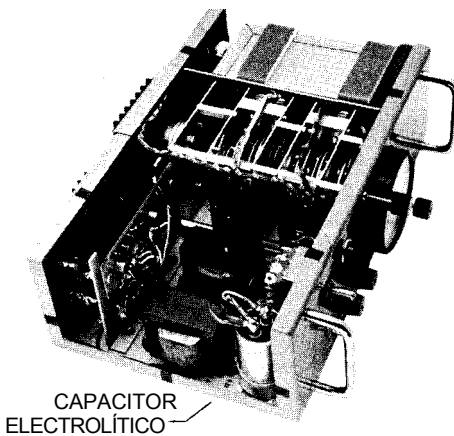
### CIRCUITO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

Cuando un diodo se conecta a una fuente de voltaje alterno, alternativamente se polariza directa e inversamente durante cada ciclo. Por tanto, cuando se usa sólo un diodo en un circuito rectificador, la corriente circula a través de la carga del circuito únicamente durante cada semiciclo del voltaje de entrada (Fig. 20-10). Por esta razón, el circuito se denomina *rectificador de media onda*.

**Salida.** La salida de un circuito rectificador de media onda es una corriente continua pulsante. Dicha corriente puede emplearse así en algunos circuitos. Sin embargo, produce zumbidos intensos en radios, aparatos de televisión y amplificadores; para eliminarlo o reducirlo, se filtra o aplana las fluctuaciones de la corriente continua pulsante.

**Filtrado.** El componente básico de filtrado de un circuito rectificador es un capacitor electrolítico (Fig. 20-11), La operación de este tipo de capacitor, cuando se emplea en un circuito rectificador de media onda, se muestra en la figura 20-12.

Mientras el diodo está polarizado directamente, aumenta el voltaje en el circuito de salida y el capacitor se carga. Conforme disminuye el voltaje, el capacitor empieza a descargarse a través del resistor  $R_1$ . El diodo deja de conducir en el momento en que se polariza inversamente. Entre tanto, el ca-



CAPACITOR ELECTROLÍTICO

Fig. 20-11. Capacitor electrolítico empleado en el circuito rectificador de un equipo de cronización (Gibbs Manufacturing and Research Corporation).

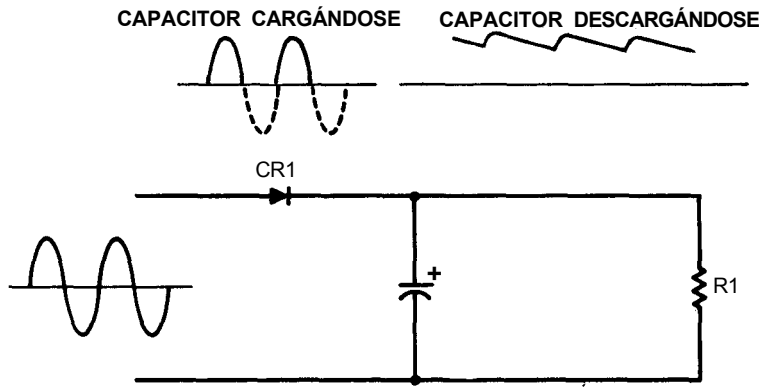


Fig. 20-12. Efecto del filtrado de un capacitor electrolítico en un circuito rectificador de onda media.

pacitor continúa descargándose a través de R1. Cuando el diodo se polariza otra vez en dirección de avance, el capacitor, el cual todavía no se ha descargado completamente, vuelve a cargarse. Después se inicia de nuevo el ciclo de descarga. De esta manera se alisan o allanan el voltaje y la corriente de salida.

### CIRCUITO RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

Un circuito rectificador de onda completa rectifica el ciclo completo de un voltaje aplicado. El circuito rectificador de onda completa básico utiliza dos diodos. La acción de éstos durante cada medio ciclo de voltaje aplicado se muestra en la figura 20-13. Los diodos pueden ser unidades individuales o estar ambos en un solo paquete (Fig. 20-14).

El transformador rectificador que se emplea en este circuito debe tener un devanado secundario con derivación central. El voltaje de salida de cc del circuito rectificador depende en mayor parte del voltaje a través del devanado secundario del transformador.

Los rectificadores de onda completa presentan un voltaje de salida más alisado que los rectificadores de onda media. Ello se debe a que el primero produce un pulso de voltaje en la salida del circuito durante cada semiciclo del voltaje aplicado. Después del filtrado la corriente de carga puede ser totalmente lisa.

Otro tipo de circuito rectificador de onda completa se denomina circuito puente. En este circuito, se utilizan cuatro diodos, cuya operación durante cada semiciclo del voltaje alterno de entrada aplicado se muestra en la figura 20-15. Observe que el transformador utilizado en un circuito rectificador puente no tiene un devanado secundario con derivación central. Los diodos pueden ser unidades individuales o estar encapsulados en una sola unidad (Fig. 20-16).

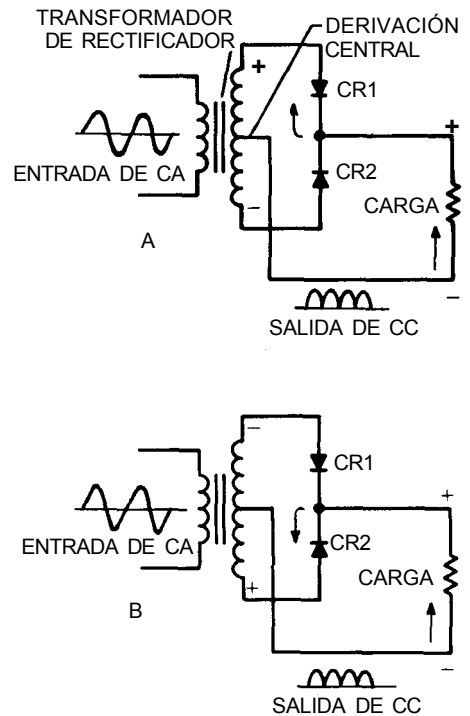


Fig. 20-13. Circuito rectificador de onda completa de dos diodos básicos: (A) el diodo CR1 conduce y el diodo CR2 no conduce; (B) el diodo CR2 conduce y el CR1 no conduce.



## ESPECIFICACIÓN DE DIODOS

Los diodos rectificadores se especifican por lo general en términos de la corriente máxima que pueden conducir en forma segura y de su *voltaje* de pico inverso (VPI). El VPI nominal de un diodo es el voltaje de polarización inverso más alto que puede aplicarse al diodo. Si se aplica un voltaje mayor que éste, el diodo puede dañarse o arruinarse completamente.

## PRUEBA DE DIODOS

Cuando falla un diodo semiconductor, casi siempre está abierto o en corto. Cada una de estas condiciones ocurre por

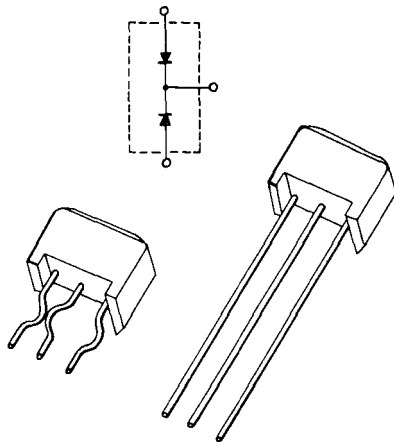
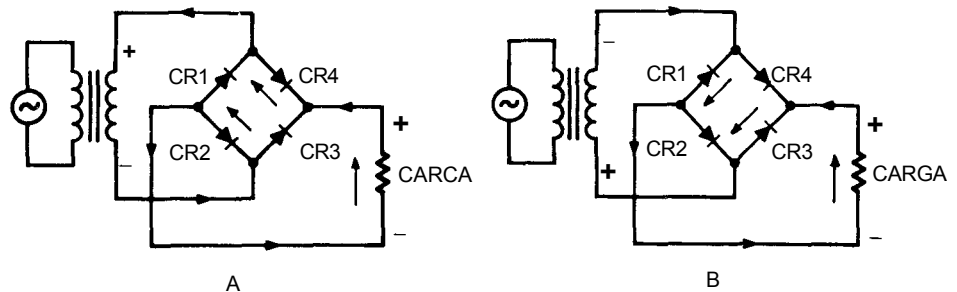


Fig. 20-14. Unidades de rectificadores de dos diodos.

Fig. 20-15. Circuito rectificador puente: (A) los diodos CR2 y CR4 conducen y los diodos CR1 y CR3 no conducen; (B) los diodos CR1 y CR3 conducen y los diodos CR2 y CR4 no conducen.



lo general a causa de un sobrecalentamiento producido al pasar a través del diodo demasiada corriente. Esto ocasiona que las estructuras atómicas y moleculares en el material semiconductor se desordenen seriamente.

Los diodos se prueban mejor con un probador de diodos; aunque también los diodos rectificadores pueden verificarse con un óhmetro.

La prueba de un diodo con un óhmetro se basa en los voltajes de polarización directo e inverso. Cuando la terminal negativa de la fuente de alimentación de un óhmetro se conecta al cátodo del diodo, este último se polariza directamente. Su resistencia será relativamente baja (Fig. 20-17A). Si la terminal positiva del óhmetro se conecta al cátodo del diodo, la polarización será inversa y la resistencia del diodo será relativamente alta (Fig. 20-17B).

Para probar un diodo con un óhmetro, se conecta el medidor al diodo y se anota su resistencia. A continuación se invierten las conexiones del óhmetro en el diodo. Si la resistencia del diodo es mucho mayor en una dirección que en la otra, puede estarse seguro de que el diodo está en buen estado. Si la prueba muestra continuidad directa o la misma resistencia para ambas polarizaciones, el diodo está defectuoso y debe cambiarse.

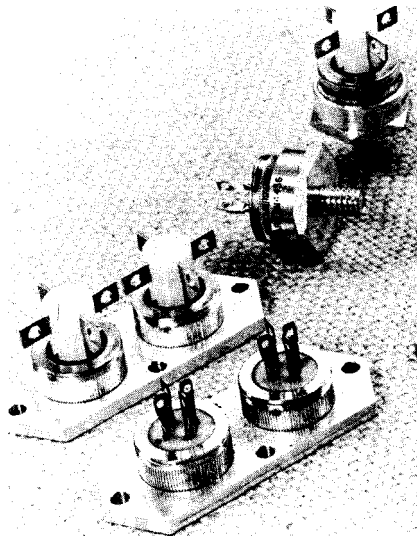


Fig. 20-16. Unidades de rectificadores puente de cuatro diodos (Varo Semiconductor, Inc.).

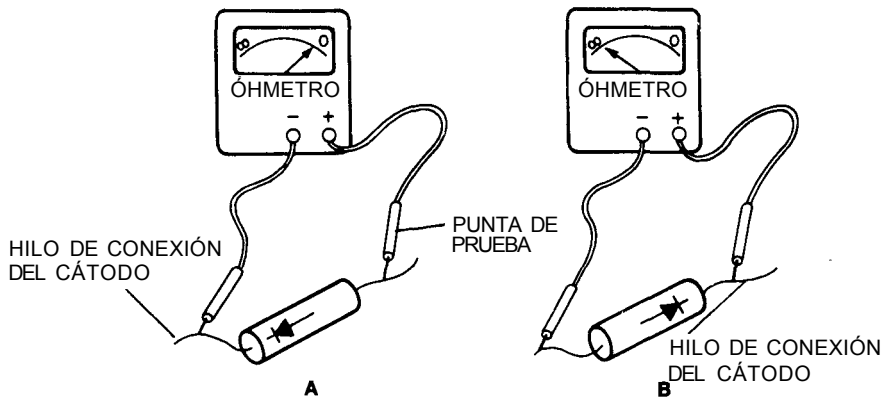


Fig. 20-17. Prueba de un diodo con un óhmetro.

## APRENDIZAJE PRACTICO

**17. El diodo como una "compuerta".** Siguiendo el procedimiento que se indica en la página siguiente, puede comprobar como funciona un diodo como una compuerta de corriente unidireccional. Los diodos se usan ampliamente en circuitos de conmutación y computadoras debido a que conducen corriente únicamente en un solo sentido.

### MATERIALES NECESARIOS

- tablero de circuitos, preperforado, 6 x 8 pulg (152 x 203 mm)
- 2 diodos de silicio, 1 ampere, 200 VPI
- 2 lámparas miniatura no. 40
- 2 portalámparas de material fenólico miniatura de rosca
- 1 interruptor de botón de bajo voltaje, mpud
- 1 batería de 6 volts o fuente de alimentación de cc con una corriente nominal por lo menos de 1/2 ampere

### Procedimiento

1. Conecte el circuito que se muestra en la figura 20-18A. ¿Brilla la lámpara? Explique por qué.
2. Intercambie las conexiones en la batería o en la fuente de alimentación (Fig. 20-18B). ¿Brilla la lámpara? ¿Por qué?
3. Conecte el circuito como se muestra en la figura 20-18C. ¿Brillan ambas lámparas? Invierta la batería. ¿Cómo podría emplearse este circuito para determinar la polaridad?

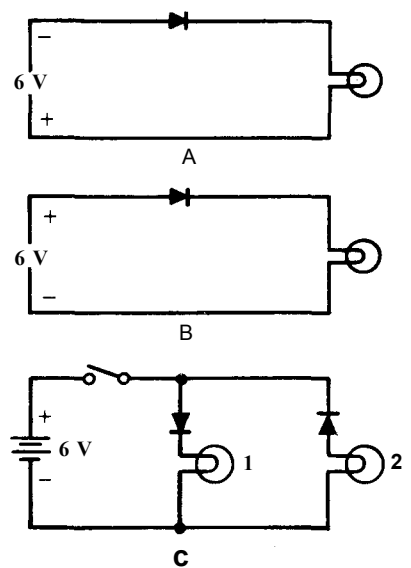


FIG. 20-18. Circuitos para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 17, "El diodo como una compuerta".

**18. El diodo como un rectificador.** Alambrando los siguientes circuitos, entenderá mejor cómo funciona un diodo como

rectificador. También podrá comprender la diferencia entre los circuitos rectificadores de media onda y de onda completa. Puesto que debe usar un osciloscopio, su maestro tiene que ayudarlo a conectar y ajustar este instrumento en el circuito. También puede necesitar consultar la Unidad 47, "Instrumentos electrónicos de prueba", para un estudio del osciloscopio.

*tablero de circuitos, preperforado, 6x8 pulg (152 x 203 mm)*

*transformador de rectificador, 115 volts en el primario, 12.6 volts en el secundario con derivación central; corriente en el secundario a plena carga de 1 ampere.*

*4 diodos de silicio, 1 ampere, 200 VPI*

*capacitor electrolítico, 100  $\mu$ F, 50 VTCC*

*2 resistores de carbón o peliculares, 560 ohms, 2 watts*

*1 interruptor, mpud*

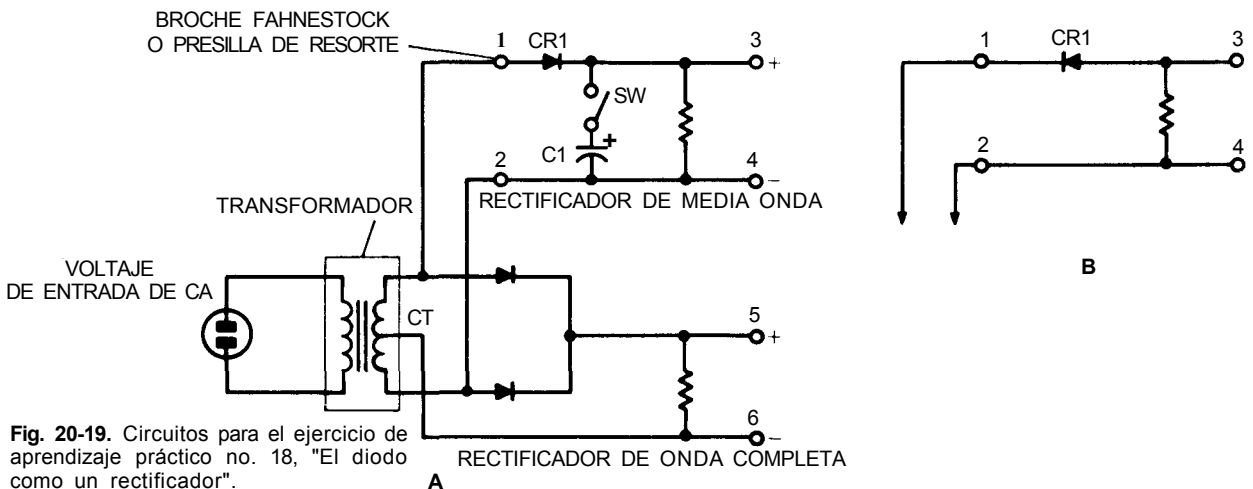
*6 broches Fahnestock, 1 pulg (25.4 mm) o presillas de resorte sin soldadura*

*multímetro*

*osciloscopio*

### Procedimiento

1. Alambre los circuitos rectificadores que se muestran en la figura 20-19A. Mantenga abierto el interruptor del capacitor.
2. Con la ayuda de su maestro, conecte el osciloscopio en la entrada de ca del circuito rectificador de onda completa (puntos 1 y 2). Observe la forma de onda.
3. Conecte el osciloscopio en la salida del circuito rectificador de media onda (puntos 3 y 4). Observe esta forma de



- onda. Describa las diferencias entre las formas de onda de entrada y salida.
4. Cierre el interruptor del capacitor. De nuevo observe la forma de onda de salida. Describa el efecto que produce la acción de filtrado del capacitor en la forma de onda del voltaje de salida.
  5. Mida el voltaje entre los puntos 3 y 4. Abra el interruptor del capacitor. Vuelva a medir el voltaje entre los puntos 3 y 4. Además de la operación de filtrado, ¿cómo afecta el capacitor al valor del voltaje de salida?
  6. Observe la forma de onda en la salida del circuito rectificador media onda (puntos 3 y 4). Advierta la forma de onda en la salida del circuito rectificador de onda completa de 2 diodos (puntos 5 y 6). Describa las diferencias entre estas formas de onda. ¿Cuál de las salidas de voltaje cree usted que podrá filtrarse más fácilmente para producir un voltaje de salida más liso? ¿Por qué?

NOTA: Antes de proceder al paso 7, quite C1 del circuito. De otra manera, C1 puede dañarse si se cierra accidentalmente el interruptor.

7. Invierta las conexiones del diodo CR1 en el circuito rectificador de media onda (Fig. 20-19B). ¿Qué efecto produce lo anterior en la polaridad del voltaje de salida entre los puntos 3 y 4? ¿Por qué?

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_ son los materiales semiconductores más usados.
2. Por medio de un proceso denominado \_\_\_\_\_ se añaden impurezas a un material semiconductor puro.
3. Los átomos de los semiconductores tienen \_\_\_\_\_ electrones de valencia.
4. Los enlaces entre los átomos de una estructura cristalina se llaman enlaces \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
5. Un semiconductor tipo n contiene muchos electrones \_\_\_\_\_.
6. La falta de un electrón en una red cristalina se llama \_\_\_\_\_.
7. Un material semiconductor tipo p contiene muchos \_\_\_\_\_.
8. Un hueco puede considerarse como un portador de una corriente de cargas \_\_\_\_\_.
9. Los dos electrodos de un diodo semiconductor típico se denominan \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
10. Cuando un diodo está polarizado \_\_\_\_\_, habrá flujo de corriente.
11. El \_\_\_\_\_ nominal de un diodo es el voltaje máximo de polarización inversa que puede aplicársele.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina qué es un semiconductor. Mencione dos materiales semiconductores.
2. ¿Qué se entiende por dispositivo de estado sólido?
3. Describa una red cristalina.

4. Defina los materiales semiconductores tipo n y tipo p.
5. Explique cómo se forman los materiales semiconductores tipo n y tipo p mediante el proceso de impurificación o contaminación.
6. ¿Qué es una juntura p-n?
7. Explique las condiciones de polarización directa o de avance e inversa en un diodo semiconductor.
8. Describa un circuito rectificador de media onda.
9. Describa un circuito rectificador de onda completa.
10. ¿Cuál es la función de un filtro capacitor en un circuito rectificador?
11. ¿Qué se entiende por el voltaje de pico inverso de un diodo?
12. ¿Cómo se prueban los diodos?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Muestre la operación de rectificación básica de un diodo.
2. Muestre la diferencia entre los circuitos rectificadores de media onda y de onda completa.
3. Muestre cómo pueden probarse los diodos con un óhmetro y con un probador de diodos.

## Unidad 21 Transistores

---

Los transistores son dispositivos semiconductores que pueden emplearse para controlar corriente o amplificar un voltaje o corriente de entrada. En un radioreceptor de transistores, por ejemplo, los transistores se utilizan para amplificar la señal muy pequeña existente en la bobina de la antena. De esta manera se genera una señal mucho más grande, suficientemente intensa para hacer funcionar los altavoces de la radio.

### TRANSISTORES Y TUBOS ELECTRÓNICOS

En la mayor parte de los dispositivos eléctricos y electrónicos, los transistores han reemplazado casi en su totalidad a los tubos electrónicos. Los transistores realizan las mismas funciones que los tubos electrónicos, pero brindan además varias ventajas importantes: son más pequeños, y por ello posibilitan contar con productos más compactos (Fig. 21-1); el transistor es más resistente que el tubo electrónico; proporciona por lo general una operación mejor durante largos periodos. Y lo más importante, el transistor necesita mucho menos corriente y voltaje para trabajar, lo cual representa un ahorro de energía. Por ejemplo, la radio de 12 volts de automóvil que emplea tubos demanda una corriente de alrededor de 2.5 amperes. Un radioreceptor de transistores de automóvil similar toma sólo una fracción de un ampere. Los bajos requerimientos de potencia de los circuitos transistorizados han hecho posible productos portátiles pequeños y ligeros que trabajan durante largos periodos con pequeñas baterías de bajo voltaje.

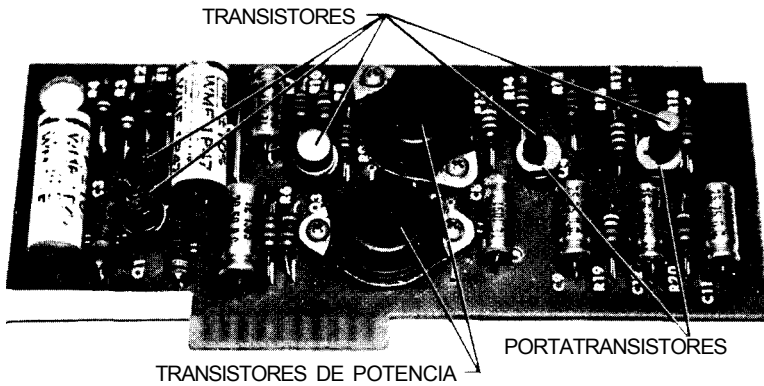


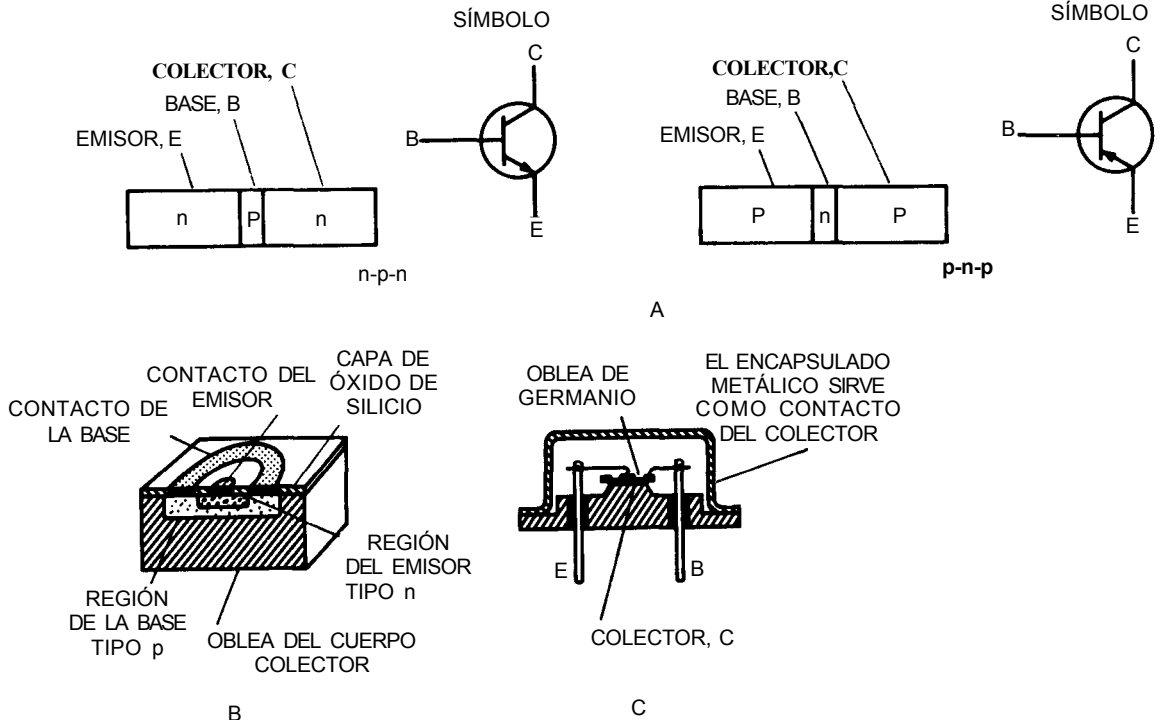
Fig. 21-1. Transistores empleados en un circuito amplificador (Fotografía de David C. Richards).

## TIPOS DE TRANSISTORES

Los dos tipos más comunes de transistores son el n-p-n y el p-n-p, con frecuencia llamados bipolares. Estos transistores se fabrican combinando materiales tipo n y tipo p. Los materiales se disponen como dos diodos conectados en oposición. Este arreglo forma tres regiones llamadas emisor, base y colector; dichas regiones se identifican con los símbolos E, B y C (Fig. 21-2). Las regiones de un transistor se unen a hilos de conexión o terminales, que lo conectan al circuito (Fig. 21-3).

Los transistores con encapsulados metálicos cuentan a menudo con un cuarto hilo de conexión o terminal conocido

Fig. 21-2. Estructura del transistor: (A) disposición básica de los materiales; (B) estructura típica de un transistor planar n-p-n de silicio difundido y baja potencia; (C) estructura básica de un transistor de potencia p-n-p de una aleación de germanio.



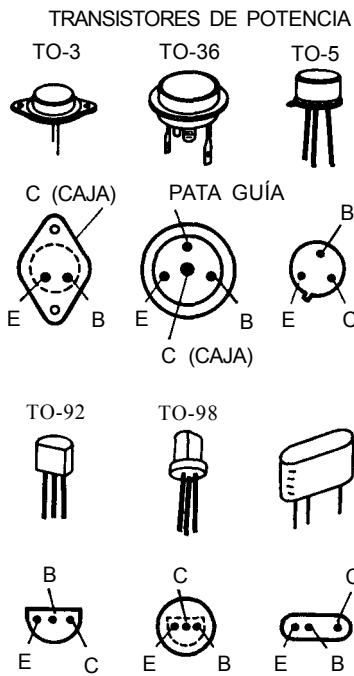


Fig. 21-3. Encapsulados comunes de transistores n-p-n y p-n-p y vistas de inferiores para identificación de patas.

como *hilo* o termina] de *blindaje*. Ésta se une internamente al encapsulado y se conecta a un punto común en un circuito. La caja metálica sirve como blindaje al transistor de campos magnéticos y eléctricos próximos.

**Interpretación de símbolos.** Existe un recurso nemotécnico para comprobar si el símbolo para un transistor de junctura representa el tipo n-p-n o el p-n-p. Observe en qué dirección apunta la flecha que representa al emisor. Si la flecha no apunta hacia la base, puede considerarse que "no señala la n". De esta manera, el símbolo representa a un transistor n-p-n. Si la flecha apunta hacia la base, puede considerarse que "señala la n", y en este caso el símbolo representa al transistor p-n-p (véase la Fig. 21-2A).

**Identificación.** Muchos transistores se identifican por medio de un código de números y letras, como 2N, al que siguen una serie de números, por ejemplo, 2N104, 2N337 y 2N2556. Otros transistores se identifican con una serie de números o con una combinación de números y letras, como 40050, 40404 y 4D20.

**Manuales de transistores.** Los códigos de identificación de transistores no indican si el dispositivo es del tipo n-p-n o del p-n-p. Tales datos técnicos se encuentran en los manuales de transistores, en los cuales se proporciona también información acerca del uso de transistores en diferentes tipos de circuitos.

**Sustitución.** Nunca puede sustituirse directamente un transistor n-p-n por uno p-n-p. Sin embargo, con frecuencia los transistores pueden reemplazarse por otros transistores que tienen identificaciones diferentes, pero que se diseñan para realizar la misma función. Una lista de transistores que pueden sustituirse por otros se da en las guías de sustitución o manuales de transistores.

## OPERACIÓN DEL TRANSISTOR

El *amplificador* es un dispositivo o circuito que puede incrementar el valor de un voltaje o corriente. Un transistor puede actuar como un dispositivo amplificador. Esto se debe a que una señal pequeña en su circuito de entrada puede controlar una señal mucho más grande en su circuito de salida. Lo anterior se denomina *ganancia de potencia*. Los voltajes, denominados de *polarización*, se aplican en los elementos del transistor que forman los circuitos de entrada y salida. Cuando se cambia el voltaje de polarización del circuito de entrada, el transistor se comporta como un resistor variable, cuya resistencia aumenta o disminuye.

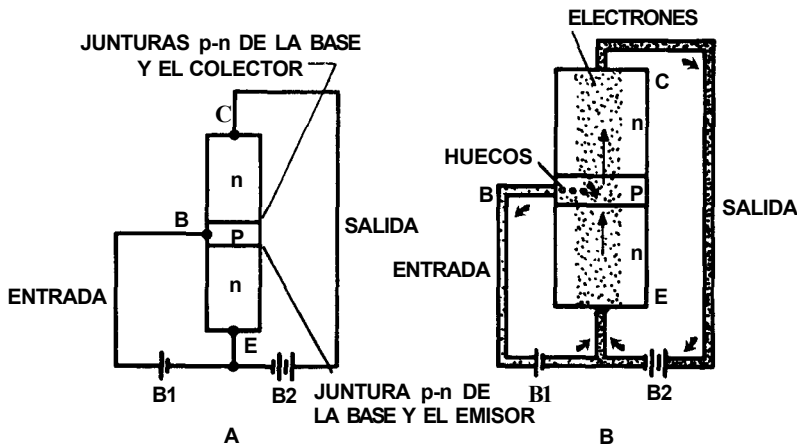


Fig. 21-4. Circuito amplificador transistorizado n-p-n de emisor común: (A) diagrama de circuito; (B) flujo de los electrones.

El transistor n-p-n. El circuito amplificador transistorizado más común se denomina circuito de emisor común (Fig. 21-4A). Se llama así porque el emisor es un elemento común tanto del circuito de entrada como del circuito de salida.

En este circuito, la batería B1 polariza directamente la juntura p-n de la base y el emisor del circuito de entrada. La batería B2, la cual tiene un voltaje más alto que la batería B1, se conecta en el circuito de salida desde el colector hasta el emisor. Debido a esto el colector es más positivo con respecto al emisor que la base lo es con respecto al mismo. Por tanto, la base es negativa con respecto al colector. La juntura p-n de la base y el colector está polarizada inversamente.

Con la juntura p-n de la base y el emisor polarizado directamente, los electrones libres en el emisor se mueven hacia la juntura. Al mismo tiempo, los huecos dentro de la base se mueven hacia la juntura (Fig. 21-4B). En el área cercana de esta última se recombinan algunos huecos y electrones. Por tal motivo se produce una corriente en el circuito externo de la base y el emisor. La región de la base es muy estrecha. Por consiguiente, la mayor parte de los electrones que se mueve hacia la juntura de la base y el emisor la atraviesan hasta llegar al colector. Ahí estos electrones son atraídos por la terminal positiva de la batería B2.

Al mismo tiempo se mueven electrones desde la terminal negativa de la batería B2 hasta el emisor. La corriente en el circuito de salida externo del colector y el emisor es mucho mayor que la corriente en el circuito de entrada. El circuito actúa, por tanto, como un amplificador.

Control de la corriente de salida. El circuito amplificador transistorizado tiene otra característica muy importante. La corriente de salida puede controlarse variando la corriente en el circuito de entrada. En la figura 21-5 se muestra cómo puede efectuarse esto. Aquí se conecta el potenciómetro R1 a la pila B1 en el circuito de entrada. Conforme el brazo móvil

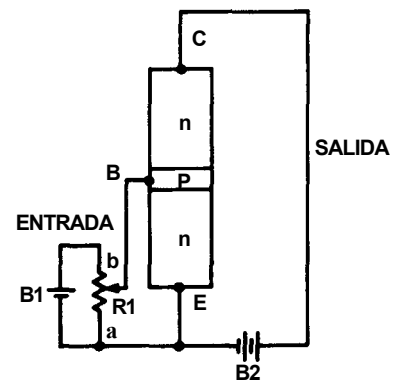
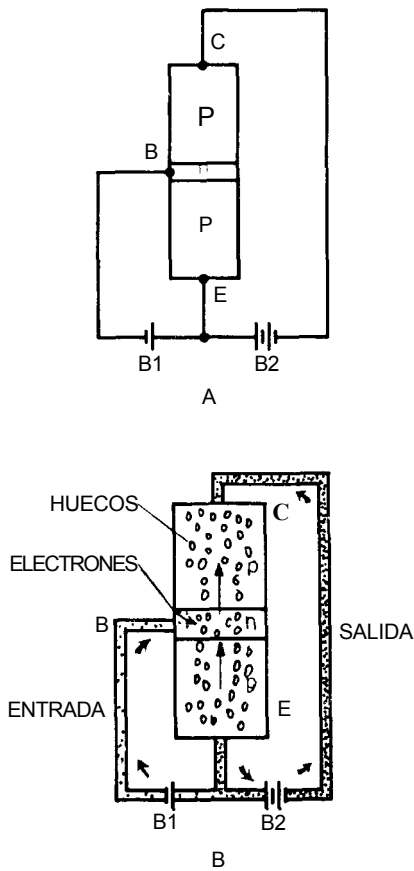


Fig. 21-5. Método básico para controlar la corriente de salida en un circuito transistorizado.





**Fig. 21-6.** Circuito amplificador transistorizado p-n-p de emisor común: (A) diagrama de circuito; (B) flujo de los electrones.

se mueve hacia el punto a, disminuye la polarización directa en la juntura p-n de la base y el emisor. Por ello, disminuye la corriente en el circuito de entrada, que ocasiona una disminución más grande de la corriente en el circuito de salida.

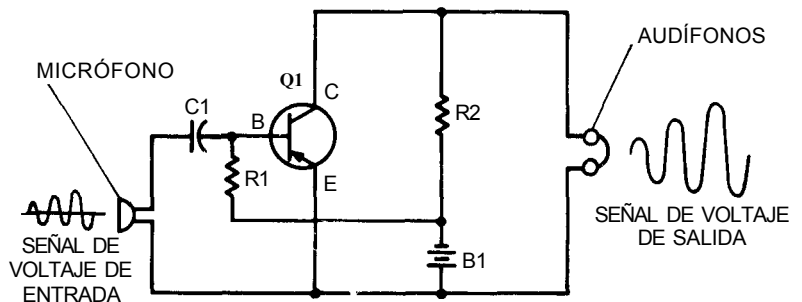
El transistor p-n-p. Cuando se utiliza un transistor p-n-p en un circuito amplificador, las polaridades de los voltajes de polarización aplicados a las junturas de la base y el emisor y de la base y el colector son opuestas a las del circuito del transistor n-p-n (Fig. 21-6A). Esto causa, como en el caso del circuito del transistor n-p-n, que la juntura de la base y el emisor se polarice directamente, y la juntura de la base y el colector, inversamente.

En este circuito, los huecos dentro del emisor se mueven hacia la juntura p-n de la base y el emisor, y sucede lo mismo con los electrones dentro de la base. Algunos huecos y electrones se recombinan en la región próxima a la juntura. Sin embargo, la mayor parte de los huecos pasan a través de la base hasta el colector (Fig. 21-6B). Aquí los huecos son atraídos al extremo del colector conectado a la terminal negativa de la batería B2. Conforme esto continúa, los electrones de la terminal negativa de la batería entran al colector para combinarse con los huecos. Al mismo tiempo, un igual número de electrones dentro del emisor rompen sus enlaces covalentes y entran a la terminal positiva de la batería. Esto produce también una corriente mucho mayor en el circuito de salida externo que en el circuito de entrada.

## CIRCUITOS AMPLIFICADORES PRÁCTICOS

Un circuito amplificador sencillo, de un transistor, y además práctico se muestra en la figura 21-7. Nótese que, en este circuito, los voltajes de polarización aplicados al transistor p-n-p los suministra una sola fuente de energía, la batería B1. El resistor R1 sirve para proporcionar la adecuada corriente de polarización de la base y actúa como un limitador de corriente. Como en cualquier circuito amplificador transistorizado, la juntura p-n de la base y el colector está polarizada inversamente.

**Fig. 21-7.** Diagrama esquemático de un circuito amplificador de emisor común de un transistor. El transistor se denota con la letra Q.



La señal de entrada de una fuente de audiofrecuencia, como un micrófono, se aplica al circuito de entrada y se conecta en la base del transistor a través del capacitor C1. Como el voltaje de la señal de entrada cambia de valor y polaridad, aumenta o contrarresta la polarización directa aplicada por la batería a la juntura de la base y el emisor del transistor. Esto causa que la corriente en el circuito de entrada varíe en proporción directa con la señal de audio. Ello, a su vez, ocasiona que la corriente de salida, más grande, varíe de la misma manera.

Cuando cambia el valor de la corriente en el circuito de salida, cambia también el valor de la caída del voltaje a través de R2 en el circuito de salida. El transistor, el resistor R2 y la batería forman un circuito en serie. Por tanto, cuando aumenta la corriente de salida, aumenta la caída de voltaje a través del resistor R1 y disminuye el voltaje de salida en el transistor, del colector al emisor. Cuando disminuye la corriente en el circuito de salida, disminuye la caída de voltaje a través de R1 y aumenta el voltaje de salida. Los cambios en el voltaje de la señal de salida son más grandes que los del voltaje de la señal de entrada. De esta manera, se amplifica la señal de entrada. Posteriormente el voltaje de salida amplificado se aplica al audífono, donde se convierte en ondas sonoras. En circuitos amplificadores de mayor potencia, se utilizan dos o más transistores, los cuales se conectan de manera que la señal de salida de cada uno de ellos se aplique al circuito de entrada del siguiente. Cada transistor actúa como un amplificador y en esta forma se produce un voltaje amplificado mucho mayor que el de la señal de entrada original.

## EMPLEO DE TRANSISTORES

A pesar de que los transistores son dispositivos robustos, pueden dañarse; demasiado calor puede alterar permanentemente la estructura cristalina del material.

**Sumidero de calor.** Los transistores que deben conducir grandes intensidades de corriente se montan a menudo sobre sumideros de calor (también se conocen como aletas o disipadores de calor) para evitar que se sobrecalienten (Fig. 21-8). El sumidero absorbe calor de un transistor y lo disipa o desecha más rápidamente que lo que el mismo transistor podría hacerlo. Esto permite al transistor trabajar a temperaturas más bajas.

**Conexiones.** Los transistores se conectan en un circuito de una o dos maneras; sus terminales se sueldan a las terminales del circuito o se insertan en un portatransistores (Fig. 21-9). Con estos últimos es más fácil instalar o quitar los transistores y además así se elimina el peligro de sobrecalentamiento cuando las patas se sueldan en el circuito.



Fig. 21-8. Transistores de potencia montados en un sumidero o disipador de calor (International Electronic Research Corporation).

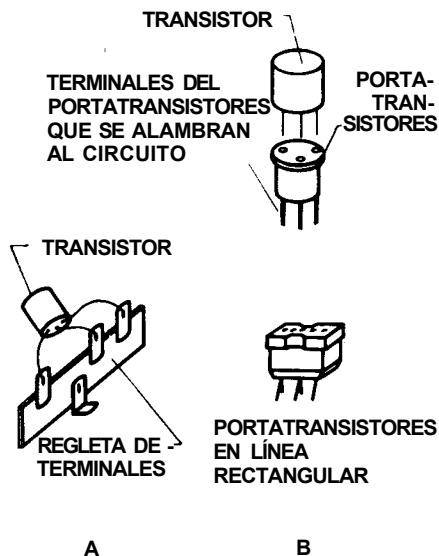


Fig. 21-9. Métodos para conectar transistores: (A) patas soldadas en el circuito; (B) transistor insertado en el portatransistores.



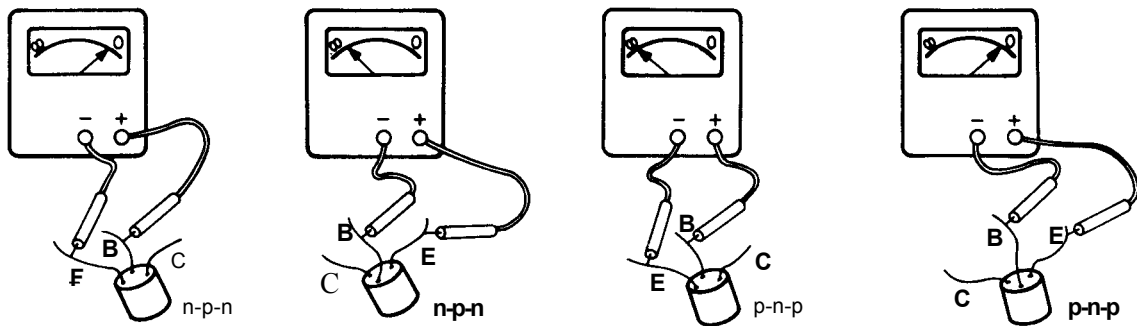



Fig. 21-12. Prueba de transistores n-p-n y p-n-p con un óhmetro.

Prueba con un **óhmetro**. Los transistores pueden probarse con un óhmetro. Si el transistor que se prueba está alambrado en un circuito, debe aislarse de éste desconectando su terminal de la base. El óhmetro, ajustado a una escala de ohms baja o media, se conecta entre la base y el emisor y se anota la lectura de la resistencia. Después se invierten las terminales del óhmetro en la base y en el emisor. Si la resistencia entre la base y el emisor es significativamente mayor en una dirección que en la otra, puede afirmarse que la sección del diodo base-emisor de transistor está en buen estado (Fig. 21-12). Para probar la sección del diodo base-colector, se sigue el mismo procedimiento con el óhmetro conectado a la base y al colector. Como prueba final el óhmetro se conecta entre el emisor y el colector.

Si cualquiera de estas pruebas muestra continuidad directa, probablemente el transistor tiene un corto. Si lo que muestra es una resistencia infinita, el transistor está abierto. En el caso de que exista alguna duda respecto de la confiabilidad de la prueba con el óhmetro, vuelva a inspeccionar el transistor con el probador de transistores.



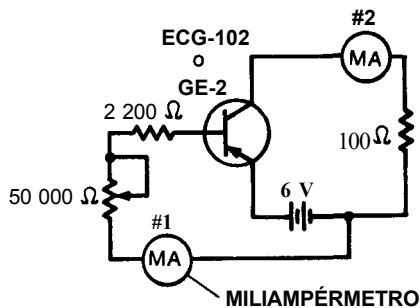
**SEGURIDAD**  
 Algunos óhmetros, en la escala R x 1, pueden proporcionar suficiente voltaje para dañar a ciertos transistores. Además, algunos óhmetros suministran suficiente voltaje en la escala más alta como para romper las junturas de los transistores.

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

**19. El transistor en acción.** El siguiente procedimiento le permitirá comprender el efecto que la corriente de base tiene sobre la corriente de salida o del colector de un transistor. A dicho efecto se debe que el transistor actúe como amplificador.

### MATERIALES NECESARIOS

tablero de circuitos, preperforado, 4 x 5 pulg (102 x 127 mm)



**Fig. 21-13.** Diagrama para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 19, "El transistor en acción".

**Tabla 21-1.** Tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 19, "El transistor en acción".

$I_B$ (mA)	$I_C$ (mA)
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	
0.9	
1.0	

transistor p-n-p tipo ECG-102, GE-2 o equivalente  
 resistor de carbón o pelicular, 100 ohms, 1 watt  
 resistor de carbón o pelicular, 2 200 ohms, 1/2 watt  
 potenciómetro, 50 000 ohms, 1/2 watt  
 10 broches, Fahnestock, 1 pulg (25.4 mm), o presillas de resorte para conexión sin soldadura  
 Una batería o una fuente de alimentación de cc de bajo voltaje de 6 volts con una corriente nominal de al menos 0.05 ampere  
 2 miliamperetros (o multímetros)

### Procedimiento

1. Alambre el circuito que se muestra en la figura 21-13.
2. Dibuje en una hoja de papel aparte la tabla 21-1.
3. Ajuste el potenciómetro para establecer una corriente de base  $I_B$  de 0.2 mA, según el medidor 1. Registre en la tabla el valor de la corriente del colector  $I_C$  resultante indicada por el medidor 2.
4. Repita el paso 3 con el potenciómetro ajustado para producir cada una de las corrientes de base indicadas en la tabla.
5. Explique por qué cada uno de los ajustes del potenciómetro produce un valor de corriente de base diferente.
6. Elabore una gráfica que muestre las relaciones entre las corrientes de base y las corrientes de colector.
7. Describa el efecto que tiene cada uno de los pequeños cambios de la corriente de base sobre el cambio de valor de la corriente de colector correspondiente. Explique la operación del transistor que hace posible esto.

NOTA: La razón entre la corriente de colector y la corriente de base de un transistor se conoce como ganancia de corriente o beta ( $\beta$ ) del mismo.

**20. Circuito amplificador transistorizado.** Esta actividad permitirá entender cómo trabaja un circuito amplificador transistorizado. También se adquirirá experiencia en el empleo de un osciloscopio y de un generador de señales de audio. La información relacionada con el osciloscopio y el generador de señales se da en la Unidad 47.

### MATERIALES NECESARIOS

tablero de circuitos, preperforado, 4x5 pulg (102 x 127 mm)  
 transistor p-n-p, tipo SK 3025 o equivalente  
 capacitor electrolítico, 25  $\mu$ F, 12 VTCC  
 resistor de carbón pelicular, 100 ohms, 1 watt  
 resistor de carbón o pelicular, 22 000 ohms, 1/2 watt

10 broches Fahnestock, 1 pulg (25.4 mm), o presillas de resorte para conexión sin soldadura  
 batería o fuente de alimentación de cc de bajo voltaje de 6 volts con una corriente nominal de al menos 0.05 ampere  
 generador de señales de audio  
 osciloscopio

### Procedimiento

1. Alambre el circuito que se muestra en la figura 21-14.
2. Conecte el generador de señales a las terminales de entrada 1 y 2. Ajústelo para que produzca una señal con una frecuencia de 400 Hz.
3. Conecte el osciloscopio a las terminales 1 y 2. Ajuste el generador de señales y el osciloscopio de manera que se observe una forma de onda senoidal sin distorsión de una altura aproximada de 1/4 pulg (6.4 mm)
4. Desconecte el osciloscopio de las terminales 1 y 2. Conéctelo en las terminales de salida 3 y 4.
5. La ganancia de voltaje o amplificación del circuito amplificador puede estimarse comparando la altura de pico a pico de la forma de onda de entrada con la altura de la forma de onda del voltaje de salida. Mediante este método, ¿cuánto estima usted que será la ganancia del voltaje del circuito amplificador?-

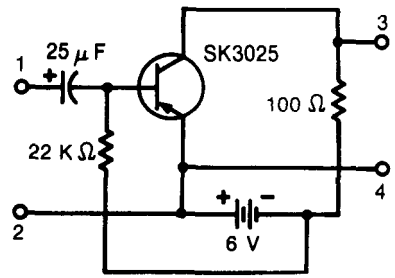


Fig. 21-14. Diagrama para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 20, "Circuito amplificador transistorizado".

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento, escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completan correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Los transistores n-p-n y p-n-p se llaman a menudo transistores\_\_\_\_\_.
2. Los tres electrodos de un transistor n-p-n o p-n-p son la\_\_\_\_\_, el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
3. La flecha en el emisor del símbolo de un transistor p-n-p apunta\_\_\_\_\_la base.
4. Un circuito amplificador transistorizado en el cual el emisor es un elemento tanto del circuito de entrada como del de salida se denomina circuito\_\_\_\_\_.
5. Un transistor n-p-n o p-n-p se opera con la juntura p-n de la base y el colector polarizado\_\_\_\_\_.
6. La señal de entrada en un amplificador transistorizado de una etapa se aplica entre la \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_ del transistor.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué es un transistor?
2. ¿Por qué se blinda un transistor?
3. ¿Qué se entiende por un dispositivo o circuito amplificador?
4. Explique la operación básica de un transistor n-p-n
5. Explique la operación básica de un transistor p-n-p.
6. ¿Para qué se emplea un sumidero o disipador de calor?
7. Describa dos formas de conectar un transistor en circuitos.
8. ¿Qué precauciones deben seguirse cuando se sueldan las patas de los transistores?
9. ¿Qué se entiende por la beta de un transistor?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Dé una demostración acerca de cómo pueden probarse los transistores con un óhmetro o con un probador de transistores.

# Unidad 22 Otros dispositivos de estado sólido

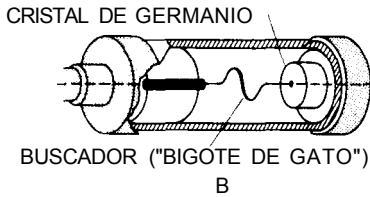
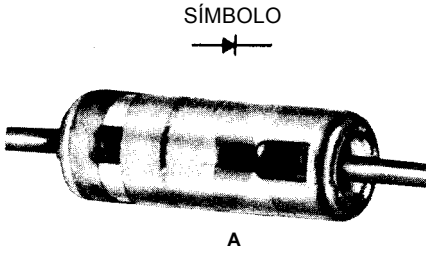


Fig. 22-1. Diodo detector de "cristal" de germanio: (A) diodo típico; (B) estructura interior (Cortesía de Ohmite Manufacturing Company).

Fig. 22-2. Circuito de un diodo detector de AM.

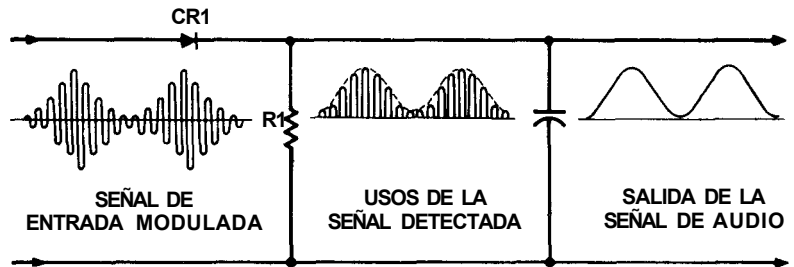
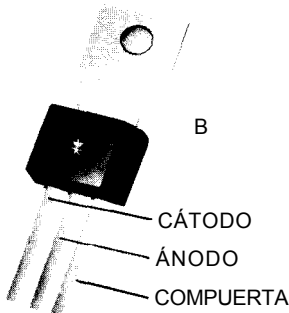
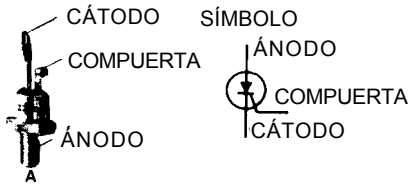


Fig. 22-3. Rectificadores controlados de silicio: (A) en forma de tornillo; (B) encapsulado en plástico (International Rectifier).



Además de los populares diodos semiconductores de silicio y de los transistores de juntura, existen otros dispositivos de control de corriente y rectificación de estado sólido. Éstos abarcan configuraciones especiales de rectificadores, el transistor de efecto de campo y fotoceldas. El circuito integrado es otro importante producto de estado sólido. Un circuito integrado contiene un gran número de componentes incorporados en diminutos chips o pastillas o lascas\* de ciertos materiales.

## DIODO DETECTOR

El diodo detector es un dispositivo semiconductor que se emplea en circuitos de radio y televisión para producir un efecto de rectificación conocido como detección de audio o de modulación (Fig. 22-1). Con ello una señal de audio (voz o música) se separa de la señal portadora de alta frecuencia. Las señales portadoras se utilizan en radio, televisión y otros sistemas de comunicación. Para que una portadora lleve información, se *modula* o varía siguiendo los cambios de las señales de voz o musicales. Estas señales se mezclan con la portadora o se montan en ella en una estación radiotransmisora.

Un circuito detector de amplitud modulada (AM) básico se muestra en la figura 22-2. En este circuito, la señal portadora modulada se aplica al diodo detector CR1, el cual actúa como un rectificador. Como resultado, pasa una corriente continua pulsante a través del resistor R1. El valor de esta corriente varía conforme las variaciones de la portadora de señal modulada. De esta manera se produce un voltaje que representa la señal modulada de audio presente entre el resistor y la salida del circuito detector.

\* N. del R.T. "Lasca" significa trozo pequeño y delgado desprendido de una piedra. Esta palabra podría ser la traducción del vocablo inglés chip.

## RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO

El *rectificador controlado de silicio* (RCS) es un dispositivo semiconductor de cuatro capas provisto de tres conexiones externas, el ánodo, el cátodo y un electrodo de control llamado compuerta (Fig. 22-3). Igual que el diodo de silicio, el rectificador controlado de silicio conduce corriente sólo en una dirección: del cátodo al ánodo. Sin embargo, el tiempo exacto en que comienza a conducir, cuando un voltaje alterno se aplica entre el ánodo y el cátodo, puede controlarse aplicando un voltaje de disparo positivo en la compuerta.

Un ejemplo de un circuito rectificador controlado de silicio se muestra en la figura 22-4. En este circuito, el valor del voltaje de control aplicado a la compuerta puede cambiarse ajustando el resistor variable R1. Conforme cambia el voltaje de control, el rectificador controlado de silicio puede hacer que conduzca temprana o tardíamente durante la alternancia positiva. La conducción temprana produce la corriente de carga más grande; la conducción tardía proporciona una corriente de carga menor. Por esta característica de control de corriente, los rectificadores controlados de silicio se utilizan en circuitos reductores de la intensidad de la iluminación y en el control de la velocidad de motores.

El rectificador controlado de silicio pertenece al grupo de dispositivos llamados comúnmente tiristores. Éstos se emplean por lo general en circuitos de conmutación o control de corriente en los cuales se aplica un voltaje de disparo a su electrodo de control.

FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA



LA CONDUCCIÓN TEMPRANA DE UN RCS DA UNA CORRIENTE MÁXIMA DE CARGA

FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE DE LA CARGA



LA CONDUCCIÓN TARDÍA DE UN RCS DA UNA CORRIENTE MENOR DE CARGA

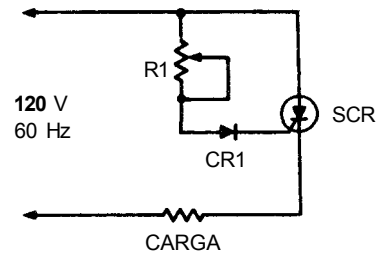
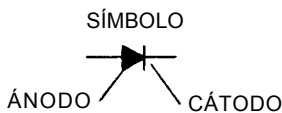
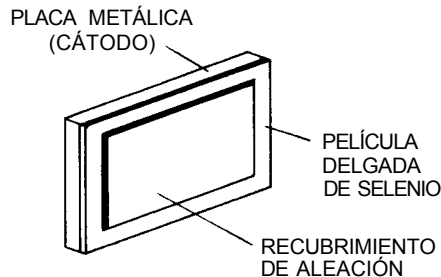


Fig. 22-4. Circuito sencillo de control de corriente que utiliza un rectificador controlado de silicio.

## RECTIFICADOR DE SELENIO

El rectificador de selenio realiza la misma función de rectificación que el diodo de silicio; por lo regular se encuentra en equipos antiguos. Los radorreceptores, amplificadores y apa-



A

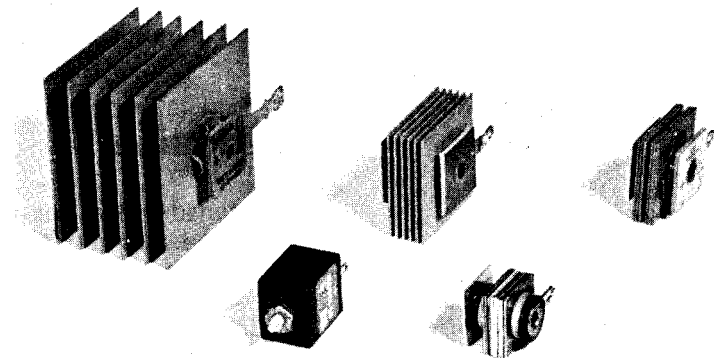


Fig. 22-5. Rectificador de selenio: (A) partes básicas; (B) montajes de rectificadores de selenio comerciales.



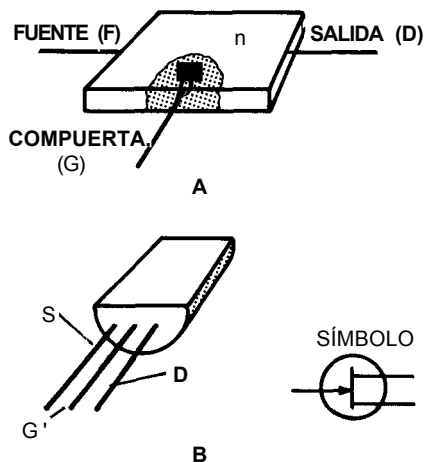


Fig. 22-6. Transistor de efecto de campo de canal n: (A) estructura básica; (B) transistor en estuche TO-92.

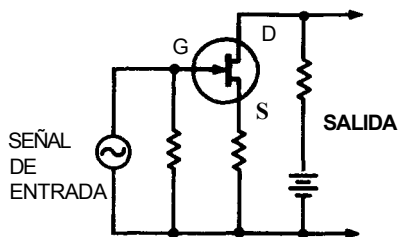


Fig. 22-7. Circuito amplificador de transistor de efecto de campo.

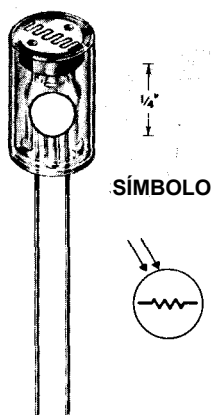


Fig. 22-8. Celdas fotoconductoras de sulfuro de cadmio de área extensa (Radio Corporation of America).

ratos de televisión modernos utilizan generalmente el diodo de silicio.

Un elemento rectificador de selenio sencillo consta de una base de placa metálica (con frecuencia de aluminio). Una cara de la placa de la base se recubre con una delgada capa de selenio, sobre la cual se forma una aleación especial. Esta proporciona un contacto uniforme en toda la superficie y constituye el ánodo del rectificador (Fig. 22-5A). El elemento conduce corriente únicamente de la base de la placa metálica al recubrimiento de selenio (del cátodo al ánodo). En los rectificadores de selenio prácticos, varios elementos se interconectan en serie para formar el conjunto rectificador completo (Fig. 22-5B).

## TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO

En un tipo común de transistor de *efecto de campo* [FET: *Field-effect Transistor*], la compuerta es el electrodo de control. La compuerta es una región del material semiconductor tipo p que forma una isla dentro de una región de material semiconductor tipo n. Los otros dos electrodos, la fuente y la salida (también conocidos como drenaje, drenador o ánodo) son los extremos del material tipo n (Fig. 22-6).

Cuando se aplica al transistor un voltaje continuo que hace negativa la compuerta con respecto a la fuente, se genera un campo electrostático alrededor de la misma. El campo actúa sobre los electrones dentro del material tipo n y limita el flujo de corriente a través del transistor de la fuente a la salida. Conforme disminuye el voltaje entre la compuerta y la fuente, haciendo menos negativa la compuerta con respecto a la fuente, el transistor conduce más corriente de la fuente a la salida.

En la figura 22-7 se muestra un circuito amplificador con un transistor de efecto de campo. En este circuito las señales de entrada producen variaciones del voltaje aplicado entre la compuerta y la fuente. Como resultado, aparecen variaciones de voltaje más grande en el circuito de salida. Por tanto, el transistor actúa como un amplificador de voltaje. Los transistores de efecto de campo se utilizan en varios tipos de circuitos, como los de amplificadores de audio, relojes electrónicos e instrumentos de prueba.

## FOTOCELDAS

Los transductores son un grupo de dispositivos que, en general, convierten una forma de energía en otra o en una variación de alguna cantidad eléctrica. Las fotoceldas, uno de estos dispositivos, actúan con la energía luminosa. En algunas fotoceldas conocidas como celdas fotoconductoras, la energía luminosa disminuye la resistencia de la misma. Otras fotocel-

das, denominadas *celdas fotovoltaicas*, convierten la energía luminosa en energía eléctrica mediante la generación de un voltaje. Las celdas fotovoltaicas a menudo se denominan celdas solares.

**Celda fotoconductor.** Una celda fotoconductor de sulfuro de cadmio típica se muestra en la figura 22-8. El sulfuro de cadmio es un compuesto semiconductor de cadmio y azufre.

Cuando la luz incide sobre el material activo de la celda, algunos electrones de valencia en los átomos del mismo ganan suficiente energía para escapar de sus átomos padres y, de esta manera, se convierten en electrones libres. Al aumentar la intensidad de la luz, se producen cada vez más electrones libres. Por tal motivo disminuye la resistencia entre las terminales de la celda.

El uso de la celda fotoconductor como un dispositivo sensor de luz se muestra en la figura 22-9. Cuando la luz incide sobre la fotocelda, disminuye su resistencia, lo cual permite que fluya más corriente en el circuito. La lectura del amperímetro, en cualquier instante, se relaciona directamente con la intensidad de la luz.

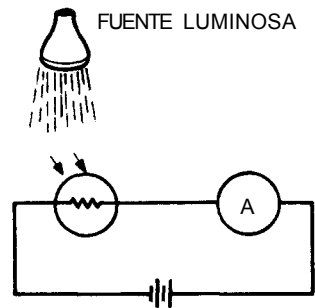
Las celdas fotoconductoras se emplean a menudo en sistemas que incluyen una fuente luminosa y un relevador. En tales sistemas, cuando se interrumpe la trayectoria entre la fuente luminosa y la fotocelda, disminuye la corriente en el circuito del relevador. El relevador, el cual actúa como un interruptor de apagado y encendido, se emplea para controlar contadores, sistemas de alarma, equipo de inspección o supervisión y otros dispositivos.

## TERMISTORES

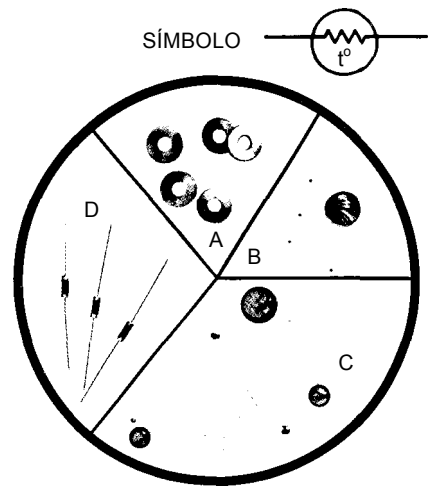
Los termistores o resistores térmicos son dispositivos que se diseñan usualmente de manera que su resistencia disminuya cuando aumenta la temperatura. Se fabrican con compuestos llamados óxidos, los cuales son combinaciones de oxígeno y metales, como el manganeso, el níquel y el cobalto. Los termistores se presentan en varias formas, algunas de las cuales se muestran en la figura 22-10.

Puesto que la resistencia de un termistor cambia con la temperatura, funciona como un resistor controlado por el calor y por ello mismo puede emplearse como un sensor de *calor*. Este es un dispositivo que convierte los cambios de temperatura en cambios correspondientes del valor de la corriente en un circuito.

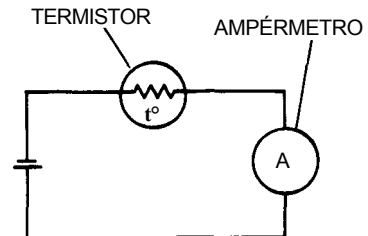
Un ejemplo de un circuito tal que se utiliza para mediciones de temperatura se muestra en la figura 22-11. El termistor, se conecta en serie con una pila seca ordinaria y con un amperímetro. Cuando cambia la temperatura alrededor del termistor, cambia también el valor de la corriente. La escala del medidor puede calibrarse o dividirse en grados, de manera que pueda realizarse una lectura de temperatura.




**Fig. 22-9.** Este circuito es un ejemplo de cómo puede emplearse una celda fotoconductor como un dispositivo sensor de luz.

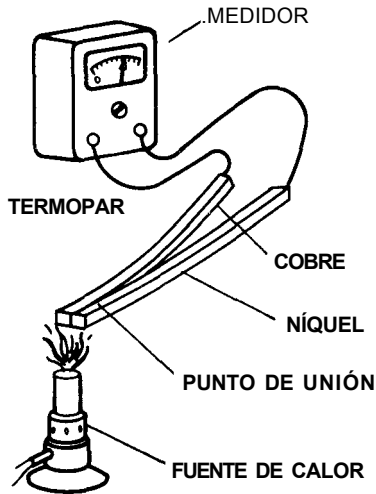


**Fig. 22-10.** Termistores: (A) arandela; (B) perla; (C) disco; (D) cilíndrico (Keystone Carbón Company).

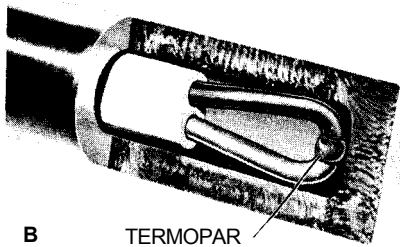


**Fig. 22-11.** Circuito sencillo que utiliza un termistor como sensor de calor o dispositivo para medir temperatura.

SÍMBOLO 



A



B TERMOPAR

Fig. 22-12. Termopar: (A) estructura y operación básicas; (B) termopar de pirómetro típico (Cortesía de Minneapolis-Honeywell Regulator Company).

## TERMOPAR

Un *termopar* es un dispositivo de estado sólido que se utiliza para convertir la energía térmica en voltaje. Consta de dos metales de diferente tipo empalmados en una juntura (Fig. 22-12A). Cuando ésta se calienta, los electrones en uno de los metales ganan suficiente energía y se vuelven electrones libres. Dichos electrones posteriormente se mueven a través de la juntura hacia el otro metal. Este movimiento genera un voltaje entre las terminales del termopar. Varias combinaciones de metales se utilizan para fabricar termopares. Entre ellas, hierro y constantán, cobre y constantán, y antimonio y bismuto.

Los termopares se emplean como sensores de temperatura en instrumentos semejantes a los termómetros denominados pirómetros (Fig. 22-12B). En un pirómetro, el voltaje producido por un termopar origina que una corriente circule a través de un medidor eléctrico, el cual se calibra para indicar directamente el valor de la temperatura. Un termopar puede colocarse en un horno; cuando aumenta la temperatura en el horno, también aumenta el voltaje que se genera en el termopar. En consecuencia, pasa más corriente a través del medidor. En tal caso el medidor indica el aumento de corriente como una temperatura mayor. Con los pirómetros pueden medirse, con mucha precisión, temperaturas que van desde 2 700 hasta 10 800 °F (1 500 a 6 000 °C).

## EFEECTO PELTIER

Un cambio de temperatura ocurre en la juntura de dos materiales conductores de materiales diferentes cuando pasa corriente a través de la misma. El cambio de temperatura (aumento o disminución) depende de la dirección de la corriente. Lo anterior se conoce como efecto Peltier; con base en él, varios tipos de junturas semiconductoras operan algunos sistemas de calefacción y refrigeración.

## CIRCUITOS INTEGRADOS

El *circuito integrado* (CI) representa una nueva manera de construir circuitos. En tal circuito, cualesquiera componentes, como diodos, transistores, resistores y capacitores, se forman dentro de un bloque común de un material base, llamado sustrato, o en la superficie de dicho sustrato. Este proceso constituye un bloque de material monolítico o único.

En el circuito integrado monolítico, los diodos y transistores se forman dentro del sustrato por medio de un proceso de difusión. Tal proceso causa que se distribuyan impurezas en algunas áreas del sustrato. De esta manera se crean regiones

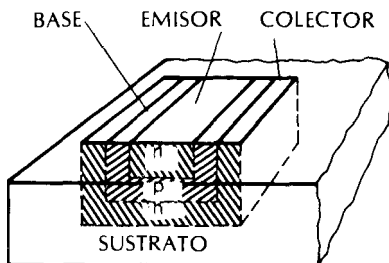


Fig. 22-13. Fabricación básica de un transistor n-p-n monolítico.

Fig. 22-14. Circuitos integrados de película gruesa (Raytheon Company)

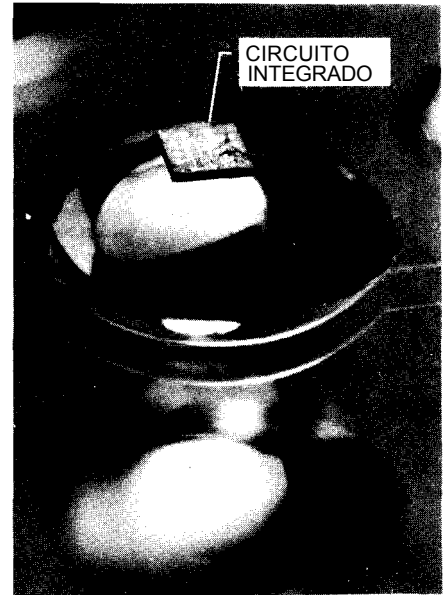
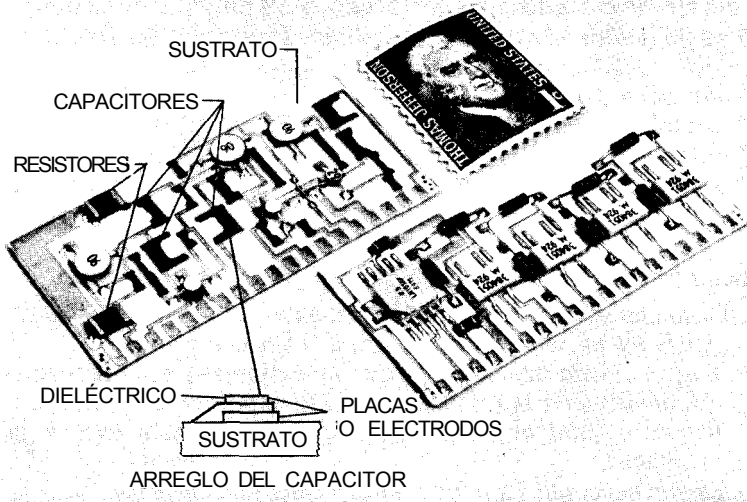


Fig. 22-15. Circuito integrado en una gota de agua (Radio Corporation of America).

tipo p y tipo n dentro del sustrato, las cuales constituyen la sección de los diodos y transistores (Fig. 22-13).

En los circuitos integrados de película delgada o gruesa, los componentes como los resistores y capacitores se forman colocando o depositando ciertos materiales en el sustrato (Fig. 22-14). Los circuitos integrados híbridos o mixtos se construyen con componentes tanto del tipo monolítico como del tipo de película.

En la figura 22-15 se muestra el chip o Jasca de un circuito integrado. Los grupos de circuito de ese tamaño o más pequeños pueden tener docenas de componentes. Por esta razón, los circuitos integrados ofrecen la importante ventaja de ser pequeños y ligeros. A lo anterior a menudo se le denomina microminiaturización.

En su forma completa, un arreglo de circuito integrado se encapsula o empaqueta en algún tipo de estuche (Fig. 22-16). Cada uno de estos paquetes puede contener los componentes de un circuito específico, como un amplificador o una combinación de circuitos.

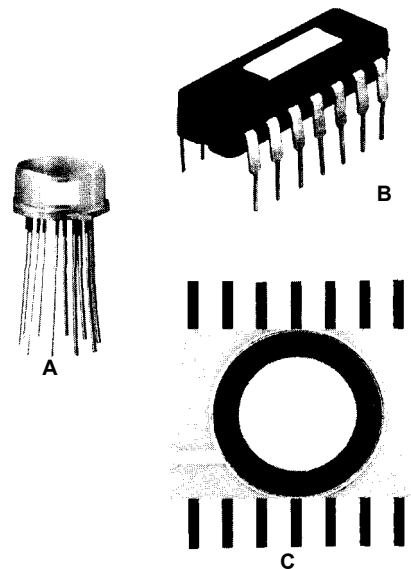


Fig. 22-16. Encapsulados de circuitos integrados: (A) estuche TO-5; (B) estuche de línea doble; (C) plano (Radio Corporation of America).

## APRENDIZAJE PRÁCTICO

21. **Circuito rectificador controlado de silicio.** Como se sabe, el rectificador controlado de silicio es un dispositivo de control de corriente muy útil. El siguiente procedimiento le permitirá familiarizarse más con el rectificador controlado de silicio y entender cómo funciona.

## MATERIALES NECESARIOS

*tablero de circuitos, preperforado, 3 x 4 pulg (76 x 102mm).*  
*1 rectificador controlado de silicio, International Rectifier no. 106B1 o equivalente*  
*1 lámpara piloto, no. 40*  
*1 portalámpara miniatura, base de rosca*  
*1 pila seca, 1 1/2 volts*  
*fuelle de alimentación de ca de 6 volts o transformador de filamento (con 6.3 volts en el devanado secundario)*

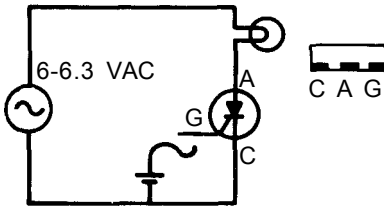


Fig. 22-17. Diagrama para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 21, "Circuito rectificador controlado de silicio".

## Procedimiento

1. Conecte el circuito que se muestra en la figura 22-17. ¿Cuál es el estado de la lámpara en ese momento?
2. Toque el hilo de conexión que se extiende desde la terminal positiva de la pila seca hasta la compuerta (G) del rectificador controlado de silicio. ¿Cómo afecta esto a la lámpara?
3. Explique cómo funciona el circuito.

**22. Experiencias con las celdas fotoconductoras.** Siguiendo el procedimiento descrito a continuación, puede observar el efecto que tiene un aumento de la intensidad luminosa sobre la resistencia de una celda fotoconductoras típica. Después puede usar la celda para comprobar cómo ésta controla un circuito. El relevador empleado en este circuito es un interruptor controlado magnéticamente. Para más información acerca de los relevadores, consulte la Unidad 14, "Electromagnetismo".

## MATERIALES NECESARIOS

*tablero de circuitos, preperforado, 4x6 pulg (102 x 152 mm)*  
*1 celda fotoconductoras, Clairex no. CL704M o equivalente*  
*1 resistor de carbón o pelicular, 10 000 ohms, 1/2 watt*  
*1 potenciómetro, 100 000 ohms, 1/2 o 1 watt*  
*2 transistores p-n-p SK-3004, GE-2 o equivalente*  
*1 relevador sensible miniatura, resistencia de la bobina de 500 ohms, sensibilidad aproximada de 40 mili watts, mpbd, Radio Shack no. 275 B 004 o equivalente*  
*1 lámpara piloto no. 40*  
*1 portalámpara miniatura, base de rosca*  
*una lámpara pequeña de escritorio con una lámpara incandescente de 60 watts*  
*batería para radio de transistores o una fuente de alimentación de cc de 9 volts*  
*batería o fuente de alimentación de cc de 6 volts con una corriente nominal de al menos 200 mA*  
*multímetro*

## Procedimiento

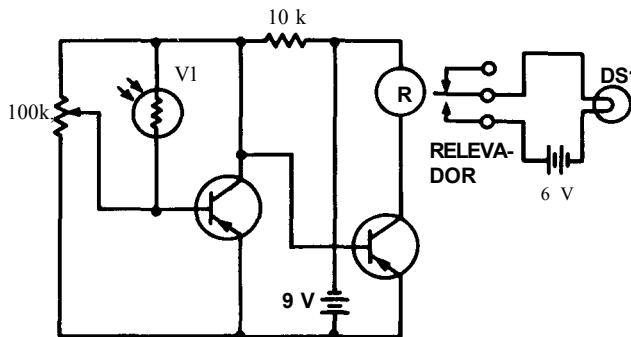
1. En una hoja de papel dibuje la tabla 22-1.

**Tabla 22-1. Tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 22, "Experiencias con celdas fotoconductoras"**

RESISTENCIA EN LA OSCURIDAD	RESISTENCIA NORMAL	RESISTENCIA A ALTA INTENSIDAD

2. Conecte la celda fotoconductoras en las terminales del multímetro y utilícelo como óhmetro. Cubra la celda con la mano y mida su resistencia. Anote el resultado en la columna resistencia "en la oscuridad" o sin excitación de la tabla.
3. Retire la mano de la celda y mida su resistencia. Anote el resultado en la columna "resistencia normal" de la tabla.
4. Encienda la lámpara de escritorio y muévela hacia la celda. Al hacerlo, notará que la resistencia de la celda disminuye gradualmente hasta un valor mínimo. Anote esta resistencia en la columna de "resistencia a alta intensidad" de la tabla.
5. Conecte el circuito que se muestra en la figura 22-18.
6. Coloque la lámpara de 60 watts, aproximadamente a 1 pie (300 mm) de distancia de la celda. Ajuste el potenciómetro hasta que se cierren los contactos del relevador en el circuito de la lámpara piloto. Cuando esto suceda, se encenderá la lámpara piloto.
7. Apague la lámpara de 60 watts y todas las demás lámparas cercanas. Esto causará que se abran los contactos del relevador. La lámpara piloto se apagará.
8. Al acercar y alejar de la celda la lámpara de 60 watts encendida, notará que puede encenderse y apagarse la lámpara piloto. Explique por qué sucede esto.

**23. El termistor como dispositivo de control de corriente.** Mediante el siguiente procedimiento, podrá observar cómo afecta un aumento de temperatura la resistencia de un ter-



- V1 CELDA FOTOCONDUCTORA
- (R) RELEVADOR
- DS1 LÁMPARA PILOTO NO. 40

**Fig. 22-18.** Diagrama para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 22. "Experiencias con celdas fotoconductoras".

mistor típico. De esta manera puede usar el termistor para comprobar cómo controla éste a otro circuito. El relevador que se utiliza en este circuito es un interruptor controlado magnéticamente. Para más información acerca de los relevadores consulte la Unidad 14.

#### MATERIALES NECESARIOS

Con excepción de la celda fotoconductor, emplee los materiales listados para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 22, "Experiencias con las celdas fotoconductoras". En vez de la celda fotoconductor utilice un termistor Fenwal no. RB41L1 o equivalente.

#### Procedimiento

1. Dibuje en una hoja de papel la tabla 22-2.
2. Conecte en las terminales del multímetro, operado como óhmetro, el termistor. Mida la resistencia del termistor a la temperatura ambiente. Anote el resultado en la columna "resistencia normal" de la tabla.
3. Encienda la lámpara y acerque el termistor a la bombilla. Después de realizar esto, notará que la resistencia del termistor disminuye a un valor mínimo. Registre esta resistencia en la "columna resistencia caliente" de la tabla.
4. Conecte el circuito que se muestra en la figura 22-18. Emplee el termistor en lugar de la celda fotoconductor.
5. Ponga en contacto el termistor con la lámpara de 60 watts. Ajuste el potenciómetro hasta que se cierren los contactos del relevador en el circuito de la lámpara piloto. En estas condiciones la lámpara piloto se encenderá.
6. Apague la lámpara de 60 watts y deje que el termistor se enfríe. Después de un corto tiempo, se abrirán los contactos del relevador en los circuitos de la lámpara piloto. La lámpara se apagará. Explique por qué se abren los contactos del relevador.

**Tabla 22-2.** Tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 23, "El termistor como dispositivo de control de corriente".

RESISTENCIA NORMAL	RESISTENCIA CALIENTE

**24. Construcción de termopares.** Esta actividad muestra cómo puede generarse un voltaje al calentar la juntura de dos tipos de metales distintos.

#### MATERIALES NECESARIOS

- 1 lámina de cada uno de los siguientes materiales: cobre, chapa estañada, acero galvanizado, latón y zinc, calibre entre el 20 y 26, 1 x 4 pulg (25 x 102 mm)*
- 1 vela de cera o elemento calefactor eléctrico galvanómetro con el 0 en el centro de su escala*

## Procedimiento

1. Estañe ligeramente las dos superficies que se unirán. Después suelde el cobre y la lámina estañada como se muestra en la figura 22-19.
2. Conecte los extremos libres del termopar en el galvanómetro.
3. Caliente la juntura de los metales con una vela o un elemento calefactor eléctrico. Observe la lectura en el galvanómetro. No caliente más de lo necesario para que la aguja indicadora del galvanómetro llegue a una posición estable, la máxima. De otra manera, la soldadura puede derretirse.
4. Dibuje en una hoja de papel una tabla como la de la figura 22-19.
5. Anote en la tabla la lectura máxima del galvanómetro. Indique también en la tabla la polaridad del voltaje del termopar, por ejemplo: cobre (+) y lámina estañada (-).
6. Repita todos los procedimientos anteriores con las demás combinaciones de los metales que se dan en la tabla.

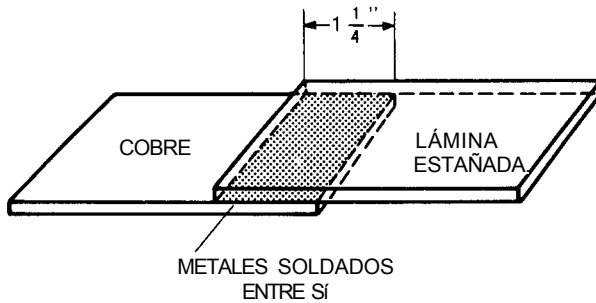


Fig. 22-19 Ensamble del termopar y tabla para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 24, "Construcción de termopares".

METALES	LECTURA MÁXIMA DEL GALVANÓMETRO	POLARIDAD
Cobre-lámina estañada		cobre ( ) lámina estañada ( )
Cobre-acero galvanizado		cobre ( ) acero galv. ( )
Cobre-bronce		cobre ( ) bronce ( )
Cobre-zinc		cobre ( ) zinc ( )
Lámina estañada-acero galv.		lámina estañada( ) acero galv. ( )
Lámina estañada-bronce		lámina estañada ( ) bronce ( )
Lámina estañada-zinc		lámina estañada( ) zinc ( )
Acero galv.-bronce		acero galv. ( ) bronce ( )
Acero galv.-zinc		acero galv. ( ) zinc ( )
Bronce-zinc		bronce ( ) zinc ( )



7. Considerando los datos de la tabla, ¿cuál de las combinaciones de los metales produce la corriente más grande, según indica la lectura del galvanómetro?

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completan correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La separación de una señal de audio de una señal portadora de radiofrecuencia se llama \_\_\_\_\_.
2. Un diodo detector actúa como un \_\_\_\_\_.
3. Los electrodos de un rectificador controlado de silicio son \_\_\_\_\_, el \_\_\_\_\_ y la \_\_\_\_\_.
4. Los rectificadores controlados de silicio también se denominan comúnmente \_\_\_\_\_.
5. Los electrodos de un transistor de efecto de campo son la \_\_\_\_\_, la \_\_\_\_\_ y la \_\_\_\_\_.
6. En un amplificador de una etapa de transistor de efecto de campo, la señal de entrada se aplica entre la \_\_\_\_\_ y la \_\_\_\_\_.
7. Las fotoceldas pertenecen a un grupo de dispositivos llamados frecuentemente \_\_\_\_\_.
8. La \_\_\_\_\_ se utiliza para activar una fotocelda.
9. La palabra térmico significa \_\_\_\_\_.
10. Se denominan \_\_\_\_\_ a los compuestos de oxígeno y metales.
11. Un termistor opera como un resistor controlado por \_\_\_\_\_.
12. Un termopar es un dispositivo de estado sólido que se emplea para convertir la energía \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique cómo un diodo detector realiza la función de detección.

2. Describa un rectificador controlado de silicio. Establezca el propósito con el cual este dispositivo se utiliza comúnmente.
3. Dibuje un diagrama esquemático de un circuito rectificador controlado de silicio básico. Explique cómo trabaja.
4. Describa un transistor de efecto de campo.
5. Dibuje un diagrama esquemático de un circuito amplificador de transistor de efecto de campo básico. Explique cómo trabaja este circuito.
6. ¿Qué característica de una celda fotoconductor le permite actuar como un sensor de luz?
7. Describa la operación de un dispositivo sensor de luz que incluya una celda fotoconductor.
8. Explique la operación de un termistor.
9. Describa la estructura de un termopar. Explique cómo trabaja este dispositivo.
10. ¿Con qué propósito se emplean casi siempre los termopares?
11. ¿Qué es un circuito integrado?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Dé una demostración relacionada con el mecanismo de funcionamiento básico de un rectificador controlado de silicio, de una celda fotoeléctrica, de un termistor o de un termopar.
2. Visite una panadería, una planta embotelladora o una compañía empacadora. Investigue qué dispositivo de control electrónico emplean para conteo, inspección, control de temperatura, etc. Informe en clase acerca de estos dispositivos.

## Unidad 23 Circuitos impresos

Un circuito impreso tiene conductores que son delgadas líneas o tiras de metal, por lo general cobre, depositadas en una placa base (Fig. 23-1). Esta última se forma con láminas o capas de papel especial o vidrio armado unidas por medio de resinas fenólicas o epóxicas. Los componentes electrónicos se montan de un lado de la placa y se conectan a los conductores mediante soldadura (Fig. 23-1B). Tal arreglo de circuito es más compacto que el alambrado a mano y además puede producirse eficientemente en grandes cantidades. Por estas ventajas, los circuitos impresos se utilizan casi ya en todos los tipos de productos eléctricos y electrónicos.

En esta unidad, se analizan los procesos básicos que se emplean en la fabricación industrial de los circuitos impresos. También se explica cómo fabricar sus propios circuitos impresos.

### FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

En su forma original, al menos una de las superficies de la placa del circuito impreso se recubre con un recubrimiento de cobre, la cual se adhiere a ella. Ésta forma una lámina recubierta de cobre (Fig. 23-2). En algunos circuitos impresos, ambos lados de la placa tienen recubrimiento de cobre.

Diagrama de distribución. Antes de procesar una placa de circuito impreso, debe dibujarse un diagrama de distribución. Dicho diagrama es un modelo de los conductores que estarán en la placa (Fig. 23-3). Indica cuáles superficies de cobre se protegerán de la solución corrosiva (ataque químico o grabado). La solución se emplea para remover de la placa el cobre que no se desea.

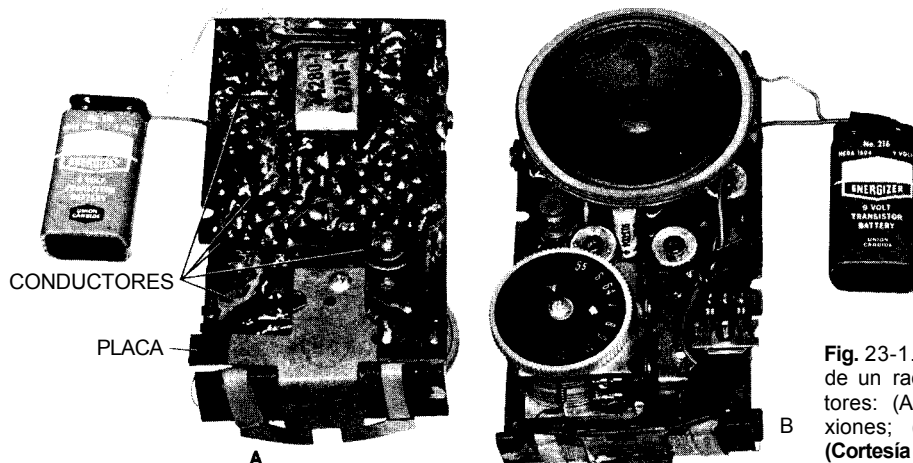


Fig. 23-1. Conjunto del circuito impreso de un radioreceptor pequeño de transistores: (A) conductores o cara de conexiones; (B) lado de los componentes (Cortesía de Maxwell).

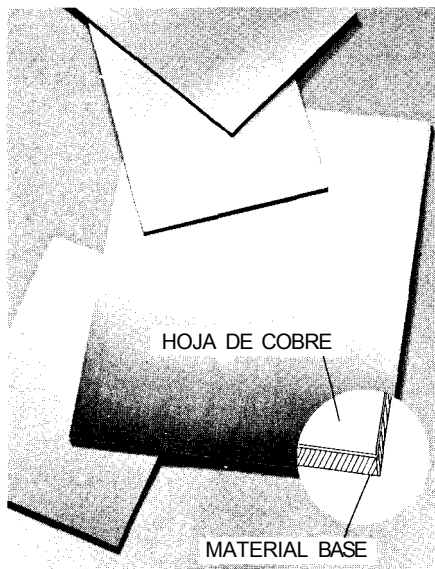


Fig. 23-2. Hojas pequeñas de láminas recubiertas de cobre de una sola cara (Graymark Enterprises, Inc).

El diagrama de distribución que se muestra en la figura 23-3 se realizó con cinta adhesiva para circuitos impresos. Esta cinta se encuentra en varias formas y tamaños. La cinta se aplica a la superficie según el modelo de diagrama de distribución. También puede utilizarse tinta insoluble a la solución de grabado para dibujar el diagrama de distribución.

Transferencia del modelo. La manera más sencilla de transferir el diagrama de distribución a la lámina recubierta con cobre consiste en colocar la cinta directamente sobre la superficie de la lámina según el modelo. En el trabajo industrial, el modelo por lo general se transfiere a la superficie de la lámina por medio de la impresión con una malla (serigrafía, estarcido) o de un proceso fotográfico.

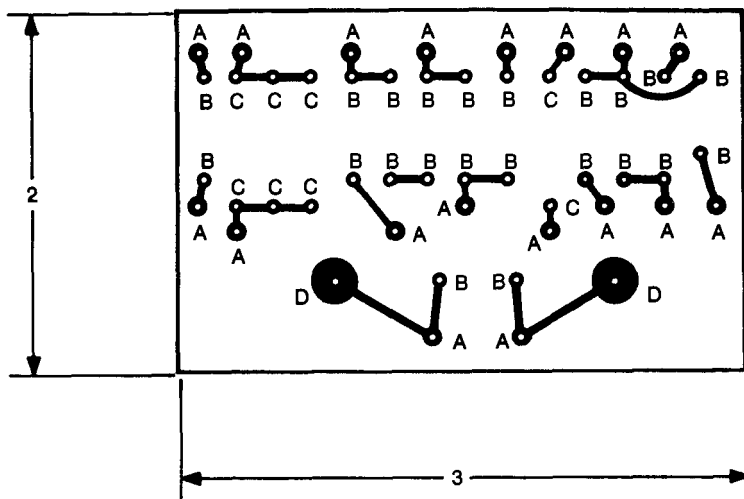
La impresión con una *malla (serigrafía)* es un proceso en el cual se coloca una capa protectora sobre la superficie de cobre a través de una plantilla del diagrama de distribución. El cobre que no se desea, es decir, las zonas que no se cubren con la capa protectora, se eliminan o quitan de la lámina con una solución corrosiva (ataque químico o grabado).

Un diagrama de distribución puede también transferirse a una placa de circuito impreso empleando un material con recubrimiento de cobre extendiendo una capa de un compuesto

Fig. 23-3. Diagrama de distribución realizado con cinta de un circuito impreso.

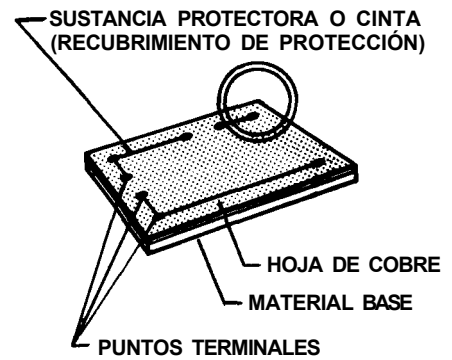


Fig. 23-4. Método de fotograbado básico para transferir el diagrama de distribución de un circuito impreso a una lámina con recubrimiento de cobre fotosensible.

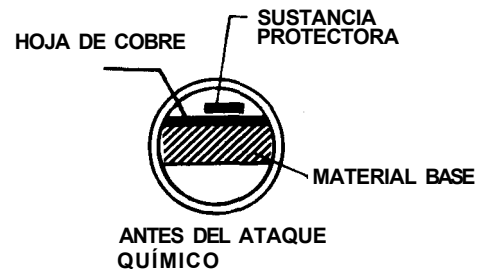


protector fotosensible. Primero, se toma una fotografía del diagrama de distribución. Posteriormente el negativo de esta fotografía se coloca en la lámina con recubrimiento de cobre y se expone a una luz intensa (Fig. 23-4). La luz pasa a través de las áreas claras o translúcidas del negativo que representan el diagrama e imprime una imagen latente idéntica al modelo del diagrama de distribución, sobre la superficie de cobre. Por consiguiente, la superficie que delimita dicha impresión resiste a los efectos del ataque químico.

**Ataque químico, limpieza y perforación.** Después que el diagrama de distribución se ha transferido a la superficie de cobre, la lámina recubierta en cobre se introduce en una solución corrosiva (ataque químico o grabado), alcalina o ácida. Esta solución ataca a todo el cobre sin protección y deja únicamente al que marca el diagrama (Fig. 23-5). A continuación, la cinta o sustancia (capa) protectora se remueve de la placa. Después se limpian los conductores (pistas) que quedaron. Según sea necesario, se perforan o taladran hoyos a través de las pistas y la lámina de la placa base para los alambres de los componentes. La placa queda lista para que se monten los componentes.



**Soldadura.** Cuando todos los componentes se han montado en la placa del circuito impreso, el conjunto está listo para soldarse. Esto se realiza por lo general con un proceso de una etapa conocido como soldadura por onda. Las ondas de soldadura fundida bañan cada una de las uniones que conectan los hilos de conexión de los componentes con las pistas (Fig. 23-6). Este tipo de soldadura requiere poco tiempo. Por tanto, es muy apropiada para usarse en una producción muy extensa. Después de la soldadura, el conjunto está listo para la inspección y prueba final.



ANTES DEL ATAQUE QUÍMICO

## MÓDULOS

Una sola unidad o placa de un circuito impreso a menudo se llama módulo o paquete de circuito. Un módulo puede contener los componentes de un circuito específico, como un rectificador o un amplificador, o una combinación de circuitos. En muchos dispositivos electrónicos, los módulos se diseñan para insertarse o conectarse a otro circuito. Los módulos de este tipo cuentan a menudo con terminales estañadas que se insertan en conectores de broche (Fig. 23-7).

Los módulos pueden separarse convenientemente para inspección y pruebas. Si se comprueba que un módulo está fallando, éste puede entonces repararse o reemplazarse sin afectar a ningún otro elemento del conjunto del circuito.

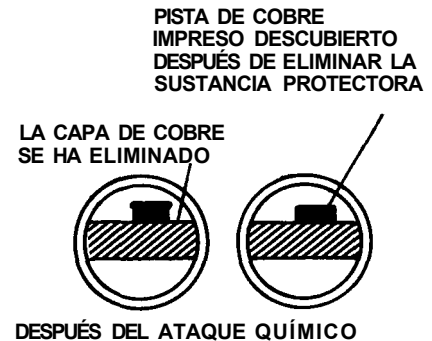
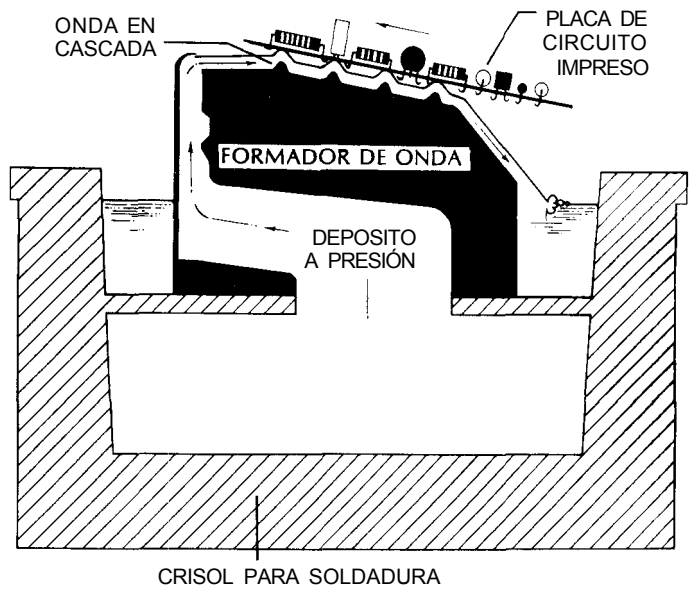


Fig. 23-5. Efecto del proceso de grabado o ataque químico.

## CONSTRUCCIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO

Si es sencilla la placa de circuito impreso que usted construirá, puede dibujar la disposición de los conductores directamente sobre la hoja de cobre con un lápiz de punta suave. Sin embargo, si es complicado el modelo de los conductores o pistas, es mejor que prepare primero un diagrama de distribución. Posteriormente puede transferirlo a la lámina con recubrimiento de cobre. La preparación del diagrama a menudo es la parte más difícil del diseño de una placa de circuito impreso. En cualquier caso la forma final del modelo de los



**Fig. 23-6.** Proceso de soldadura por onda que se usa con una placa de circuito impreso (ITT Industrial and Automación Systems).



**Fig. 23-7.** Muestra de ambos lados de un módulo de circuito impreso insertable que se utiliza en una computadora (AT&T).

conductores del circuito impreso quedará determinada por el tamaño o número de componentes, por la disposición de todo el circuito y por las decisiones de diseño.

**Preparación del diagrama de distribución.** Aunque no existen reglas rígidas para elaborar un diagrama de distribución, las siguientes pueden ser útiles:

1. Los conductores no deben cruzarse entre sí.
2. Los conductores deben tener un ancho aproximado de un 1/16 a 1/8 de pulg (1.5 a 3.0 mm).
3. Debe existir un espacio por lo menos de 1/8 de pulg (3.0 mm) entre los conductores.
4. Los conductores, los cuales pueden ser rectos o curvos, no deben hacerse más largos que lo necesario.
5. Los puntos terminales de los conductores, a través de los cuales se perforan los hoyos, deben tener por lo menos un ancho de 3/16 de pulg (4.5 mm).
6. La disposición del circuito debe dejar espacio de trabajo suficiente en la placa sin desperdiciar laminado.

Un buen primer paso en la preparación de un diagrama de distribución es arreglar los componentes del circuito en una hoja de papel para gráficas de acuerdo con el diagrama esquemático. Si este arreglo parece adecuado para la placa de circuito impreso, la disposición se bosqueja entonces en un papel con un lápiz o pluma. Si éste resulta aceptable, se realiza el diagrama final.

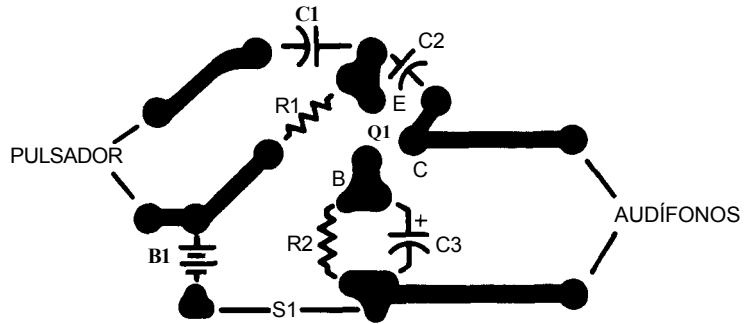
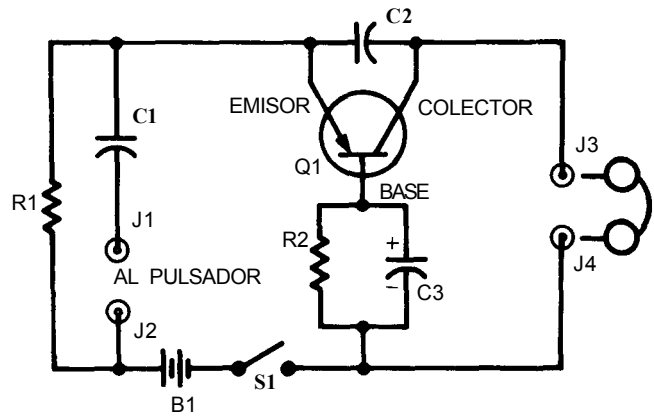
Un diagrama esquemático de un circuito y el diagrama de distribución para la placa de circuito impreso de este proyecto se muestran en la figura 23-8. El estudio y comparación de estos diagramas ayudarán a diseñar el propio diagrama de distribución.

**Corte a la medida.** Cuando haya preparado el diagrama de distribución, corte al tamaño final el papel para gráfica. Debe dejar un borde por lo menos de 1/4 de pulg (6.5 mm) entre cualquier extremo del papel y un conductor o pista.

Si no dispone de una hoja de lámina recubierta de cobre del mismo tamaño que el papel del diagrama, puede cortarla de una hoja más grande; lo cual puede hacerlo con unas tijeras para cortar hojas metálicas o con una segueta para metales de dientes finos. Puede cortar la lámina recubierta de cobre con unas tijeras para estaño. Sin embargo, esto causará a menudo que el material laminado de la base se astille constantemente en los cortes. Después que corte la lámina a la medida, debe limpiar la superficie de cobre frotándola ligeramente con una vedija fina de acero.

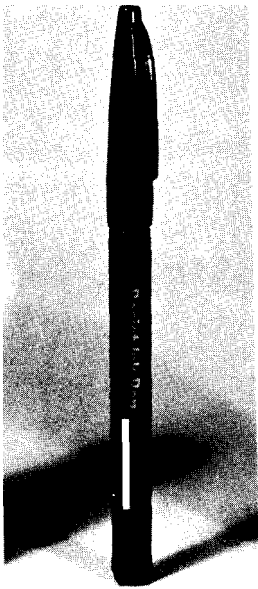
**Transferencia del modelo.** Puede transferir el diagrama de distribución a la lámina con recubrimiento de cobre simplemente volviendo a dibujar el modelo sobre la superficie de cobre, utilizando un material protector. Si realiza esto con

**Fig. 23-8.** Diagrama esquemático de un circuito oscilador para prácticas de telegrafía y una muestra del diagrama de distribución del circuito impreso preparado para su construcción.



cuidado, será suficientemente exacto para la mayor parte de proyectos de circuitos impresos.

Si utiliza cinta protectora, debe aplicarla con la longitud y forma correctas sobre la superficie de cobre. Siga lo mejor posible el diagrama de distribución. La mejor manera para aplicar una sustancia protectora con base en asfalto (o alquitrán) consiste en utilizar una pluma de tinta protectora de punta redonda (Fig. 23-9). La sustancia protectora con base en asfalto se encuentra también en forma líquida. Ésta puede aplicarse mejor a la superficie de cobre con un pincel. De preferencia debe aplicarse una capa gruesa y dejarse secar varias horas antes del ataque químico (corrosivo).



**Fig. 23-9.** Pluma con tinta protectora (Injectorall Electronics Corporation).

**Ataque químico o grabado.** Los compuestos químicos (corrosivos) se encuentran como soluciones ya preparadas para emplearse o como polvos que deben disolverse en agua. Por seguridad y para un buen ataque, no debe usar una solución corrosiva si no conoce el procedimiento. Mientras trabaja con una solución corrosiva debe portar anteojos de seguridad.

Para un buen ataque, un recipiente de vidrio de aproximadamente 1 1/2 x 6 x 10 pulg (38 x 152 x 254 mm) servirá como un buen recipiente para llevar a cabo el ataque químico o grabado. Coloque la lámina recubierta de cobre dentro del recipiente con el lado del cobre hacia arriba. A continuación derrame lentamente la solución corrosiva dentro del reci-

piénte hasta que se alcance una profundidad de 1 pulg (25 mm). Para obtener mejores resultados, debe calentar la solución a una temperatura aproximada de 100°F (38°C).

Después que haya eliminado por completo el cobre descubierto de la placa del circuito impreso, sáquela de la solución, lávela con agua y deje que se seque bien. En seguida, quite la cinta o la sustancia protectora con base en asfalto que haya empleado; para el caso de la sustancia protectora, retírela de los conductores (pistas) con un solvente apropiado. Por último limpie las superficies de los conductores frotándolas ligeramente con una vedija fina de acero.

La lámina con el recubrimiento de cobre antes del ataque químico a menudo está un poco deformada. Esto por lo general se corrige en el proceso de corrosión o grabado.

Estañado y perforado. Después que haya limpiado los conductores de la placa de circuito impreso, estañe ligeramente los puntos terminales de los mismos. Los centros de los puntos terminales a través de los cuales hará los hoyos debe marcarlos con un punzón para evitar que el taladro se patine sobre la superficie de cobre. Guando realice esto, emplee poca presión sobre el punzón para evitar que se dañe la lámina. De esta manera se perforan los hoyos utilizando un taladro de alta velocidad con una broca de diámetro no mayor a 1/16 de pulg (1.59 mm)

Montaje de componentes. Cuando monte pequeños componentes, como resistores y capacitores fijos en la placa del circuito impreso, inserte primero totalmente sus hilos de conexión a través de los hoyos de montaje correspondientes. Asegúrese de que los componentes se montan de manera que cualquier información escrita sobre ellos pueda leerse con facilidad. Esto le ayudará a determinar las especificaciones de cualquier componente si tiene que reemplazarlo.

Corte los hilos de conexión de manera que los extremos se extiendan fuera del lado de los conductores de la placa aproximadamente 1/8 de pulg (3 mm). Doble los extremos de los hilos de conexión en ángulos rectos con el propósito de que exista una mayor superficie de contacto entre los mismos y las superficies de los puntos terminales a los cuales se soldarán (Fig. 23-10).

Cuando monte dispositivos semiconductores, como diodos y transistores, deje sus hilos de conexión suficientemente largos para que se extiendan por lo menos 3/8 de pulg (10 mm) por encima del lado de los componentes de la placa. Esto le permitirá colocar un sumidero de calor (o disipador, como sujetarlos con unas pinzas por ejemplo) en cada hilo de conexión mientras lo suelda.

Los componentes como los transformadores, potenciómetros, capacitores variables y capacitores electrolíticos de sección múltiple que se diseñan para emplearse en circuitos impresos, tienen patas teminales (Fig. 23-11). Estas terminales

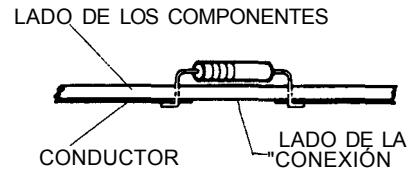


Fig. 23-10. Montaje de componentes en una placa de circuito impreso.

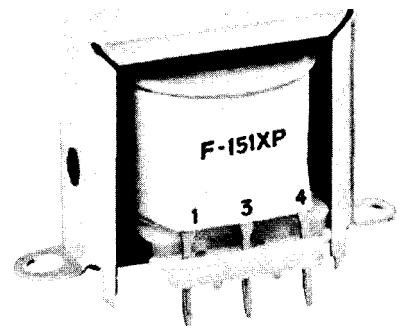


Fig. 23-11. El transformador que se utiliza en placas de circuito impreso tiene patas terminales.



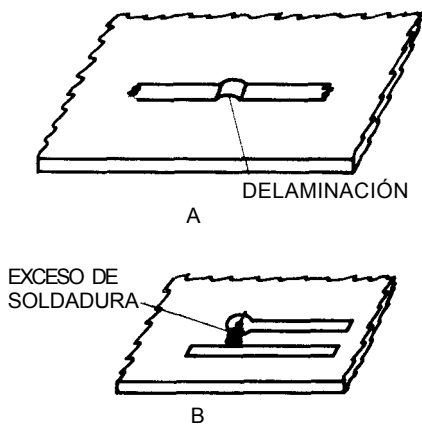


Fig. 23-12. Defectos en el circuito impreso provocados por calentamiento o soldadura excesivos: (A) delaminación o separación del conductor de la superficie de la placa base; (B) el exceso de soldadura puede poner en corto conductores adyacentes.

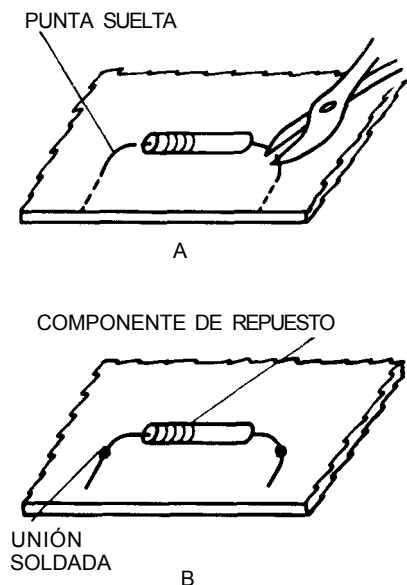


Fig. 23-13. Reemplazo de un componente defectuoso de un circuito impreso: (A) corte los hilos de conexión del componente defectuoso; (B) suelde los hilos de conexión del componente de repuesto en las puntas sueltas.

simplemente se colocan en los hoyos perforados que les corresponden y se sueldan.

**Soldadura.** Tenga cuidado de no usar demasiado calor o soldadura cuando suelde los hilos de conexión de las componentes en las pistas conductoras del circuito impreso. Debe aplicar suficiente calor en la unión para permitir que la soldadura fluya sobre todas las superficies que esté uniendo. Demasiado calor puede causar que el conductor se separe de la placa (Fig. 23-12 A). Para soldar la mayor parte de los circuitos impresos, un soldador pequeño de trabajo ligero (25 o 40 watts) proporciona suficiente calor.

El empleo de demasiada soldadura puede ocasionar que ésta fluya hacia otro conductor o terminal (Fig. 23-12B). La soldadura que se utiliza en los circuitos impresos tiene forma de alambre. El trabajo fino en general requiere alambre de soldadura de pequeño diámetro. Una soldadura de liga 60/40 (60% de estaño, 40% de plomo) es aceptable casi siempre para el trabajo en circuitos impresos.

## REPARACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

Con frecuencia se necesita un técnico adiestrado para investigar las fallas y reparar los circuitos impresos. Sin embargo, como parte de su curso de electricidad y electrónica, puede tener una oportunidad de realizar algún tipo de trabajo de reparación de circuitos impresos. Esto puede darle una experiencia interesante y valiosa.

Los trabajos de reparación que se realizan por lo general en los circuitos impresos consisten en reemplazar componentes defectuosos, volver a soldar uniones desprendidas y reparar conductores cortados. El desprendimiento de uniones y la ruptura de los conductores casi siempre se producen al caerse o doblarse un circuito impreso.

No utilizar demasiado calor mientras suelda o quita la soldadura, es la regla más importante cuando se repara un circuito impreso. El calentar demasiado casi siempre daña en forma seria a los conductores. En este caso también, lo más adecuado es emplear una pistola de soldar pequeña de 25 o 40 watts.

**Reemplazo de componentes.** La mayor parte de las veces, la parte más difícil al reemplazar los componentes defectuosos es separarlos de la placa del circuito impreso. Esto debe realizarse con mucho cuidado para no dañar los conductores.

Una manera de retirar un componente, como un resistor o capacitor fijo, consiste simplemente en cortar sus hilos de conexión lo más cerca posible del cuerpo del componente. Los hilos de conexión del componente de repuesto se sueldan, entonces, en las puntas del alambre (Fig. 23-13). Este método es apropiado sobre todo cuando el lado de los conductores (pistas) de la placa no puede alcanzarse en forma conveniente.

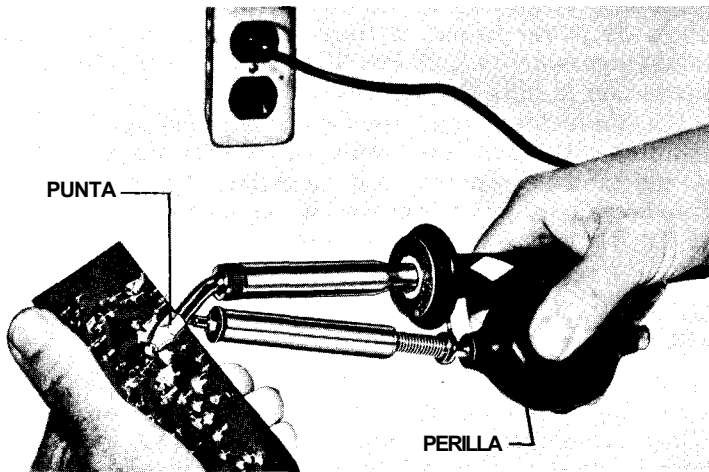


Fig. 23-14. Empleo de una herramienta para resoldar/desoldar (Enterprise Development Corporation).

Cuando puede alcanzarse el lado de los conductores de la placa de circuito impreso, un componente puede reemplazarse desoldando sus hilos de conexión y jalando lentamente los mismos de los hoyos de montaje. Los hilos de conexión del componente de repuesto se insertan entonces en los hoyos de montaje y se sueldan (véase la Fig. 23-10). Puede ser necesario fundir la soldadura alrededor de los hoyos de montaje antes de ponerla sobre los hilos de conexión. Este método se realiza para un trabajo mejor presentado.

La separación de componentes, como tensiómetros y capacitores electrolíticos de sección múltiple que tienen terminales fijas, es una tarea más difícil. En este caso, la soldadura derretida debe eliminarse completamente de todas las uniones terminales antes que el componente mismo pueda quitarse. De otra manera, una unión terminal desoldada se volverá a soldar mientras otra unión se está calentando. Este problema puede resolverse empleando una herramienta de desoldado, la cual consta de un caudín y un dispositivo de succión. Primeramente, la soldadura en una unión se funde con la punta hueca del caudín. A continuación la soldadura fundida se elimina succionándola con una jeringa de perilla de hule (Fig. 23-14). Después que en esta forma se ha quitado en todas las terminales de un componente la soldadura, éste puede separarse fácilmente de la placa del circuito impreso.

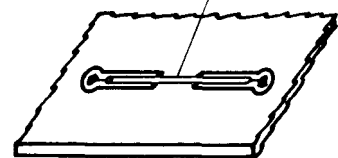
Uniones soldadas desprendidas. Las uniones soldadas desprendidas en una placa de circuito impreso con frecuencia pueden repararse recalentado la unión sin utilizar más soldadura. Si debe agregarse más soldadura en una unión, se tiene que hacer con cuidado para evitar que fluya hacia la terminal o conductor más cercano.

Conductores rotos. Si la ruptura en un conductor es una fisura delgada, casi siempre puede llenarse con soldadura (Fig 23-15A). En algunas placas de circuitos impresos, los conduc-



A

ALAMBRE DE EMPALME



B

Fig. 23-15. Reparación de conductores rotos en una placa de circuito impreso.

tores se revisten con un tipo de barniz que debe eliminarse antes de poder soldar la fisura. Esto puede realizarse frotando ligeramente con una lija fina o raspando en forma suave con la hoja de una navaja.

Un conductor roto de un circuito impreso puede repararse también colocando "un puente" sobre la ruptura con alambre de conexión en los puntos terminales del conductor (Fig. 23-15B). Este método es muy apropiado cuando un pedazo de conductor se ha destruido o dañado seriamente.

---

## APRENDIZAJE PRACTICO

**25. Construcción de un radio de circuito impreso.** Construyendo este receptor de radio de un transistor obtendrá una experiencia interesante en el diseño y desarrollo de un circuito impreso con una variedad de componentes. Logrará mejores resultados si el radioreceptor lo conecta a una antena exterior por lo menos de 50 pies (15.25 m) de longitud y con conexión a tierra. Cualquier antena exterior permanente debe contar con un pararrayos.

### MATERIALES NECESARIOS

*lámina con recubrimiento de cobre en una cara*

*capacitor C1, 270 pF, 100 VTCC*

*capacitor C2, 0.047  $\mu$ F, 100 VTCC*

*capacitor, C3, 0.001  $\mu$ F, 100 VTCC*

*diodo de cristal de germanio, CR1, tipo 1N34A o equivalente*

*bobina de antena de ferrita, L1, antena de varilla variable, o equivalente con soporte de montaje y botón de mando*

*transistor p-n-p, Q1, 2N109 o equivalente*

*resistor de carbón o pelicular, R1, 220 000 ohms, 1/2 watt*

*interruptor, S1, mpud, de palanca o botón*

*audifonos, 2 000 ohms*

*batería para radio de transistores de 9 volts*

*conector de baterías*

*4 broches Fahnestock (los conectores de punta aislados pueden reemplazarse por los broches)*

*4 terminales para conexión soldada, no. 8*

*sustancia o cinta protectora para circuito impreso y compuesto para grabado*

### Procedimiento

1. Debe diseñar la placa del circuito impreso de manera que sólo incluya los conductores empleados para conectar los componentes mostrados dentro de las líneas punteadas de la figura 23-16. La placa debe tener espacio suficiente

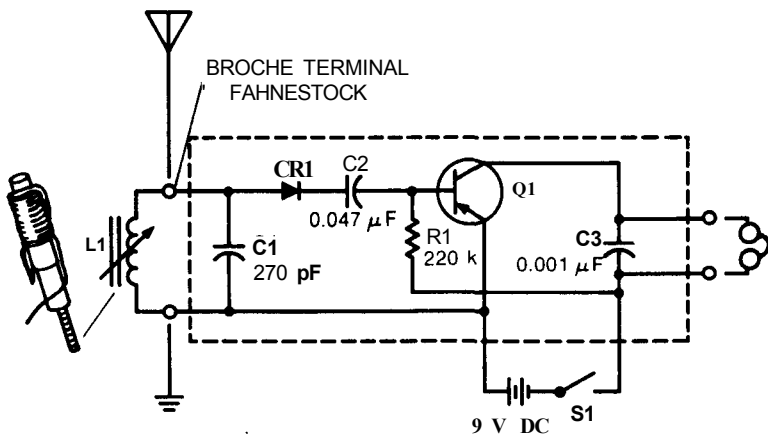


Fig. 23-16. Diagrama esquemático para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 25, "Construcción de un radio de circuito impreso".

para montar la bobina de antena, batería, interruptor y los broches necesarios para la antena exterior, tierra y las conexiones para los audífonos.

NOTA: Es preferible que diseñe un tablero separado para montar la bobina de antena, batería y el interruptor.

2. Prepare el diagrama de distribución y transfiera el modelo a la lámina con recubrimiento de cobre.
3. Aplique la solución de ataque químico y perforo los hoyos de montaje necesario.
4. Monte los componentes y alambre el circuito. Utilice alambre de empalme para las conexiones de los componentes que no se conectan a los conductores del circuito impreso.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Los conductores de un circuito impreso casi siempre son \_\_\_\_\_ delgadas de cobre que están \_\_\_\_\_ en la placa base.
2. Los conjuntos de circuitos impresos pueden \_\_\_\_\_ eficazmente.
3. La forma original de la base sobre la cual se construye un circuito impreso se denomina \_\_\_\_\_.
4. El diagrama de distribución es un modelo de los \_\_\_\_\_ que se emplean en la placa de un circuito impreso.
5. En el trabajo industrial, el diagrama de distribución se transfiere a la superficie de la lámina con recubrimiento de cobre por medio de \_\_\_\_\_ o de un proceso \_\_\_\_\_.
6. El proceso con que se elimina el cobre extra de una placa de circuito impreso se denomina \_\_\_\_\_.
7. Un proceso de fabricación de una etapa para soldar componentes en una placa de circuito impreso se llama soldado por \_\_\_\_\_.

8. Un circuito impreso de una unidad se llama a menudo\_\_\_\_\_.
  9. Con frecuencia se emplea un\_\_\_\_\_ para revestir las superficies de los conductores antes del ataque químico.
  10. El calentamiento excesivo puede ocasionar que un conductor en la placa de un circuito impreso\_\_\_\_\_de la misma.
2. Establezca dos ventajas de los conjuntos de circuito impreso, en comparación con aquellos que se construyen por medio del alambrado convencional manual.
  3. ¿Cuál es el objetivo de un diagrama de distribución de un circuito impreso?
  4. Mencione tres formas con las cuales puede transferirse un diagrama de distribución en una lámina con recubrimiento de cobre.
  5. ¿Qué es una sustancia protectora? ¿Cómo se emplea en la construcción de una placa de circuito impreso?

#### **PARA REPASO Y ESTUDIO**

1. Describa un conjunto de circuito impreso.

# Conexiones eléctricas: materiales, herramientas y procedimientos

## Unidad 24 Planeación y construcción de proyectos

El desarrollo del proyecto de taller que uno seleccione puede ser una de las actividades más interesantes y útiles en un curso de electricidad y electrónica (Fig. 24-1). Tal proyecto le permitirá utilizar algunas ideas teóricas y prácticas que ha aprendido en este curso. Además le dará oportunidad para formular un plan: los pasos más importantes para realizar un trabajo. Un proyecto le permitirá trabajar con dispositivos y procesos utilizados en diferentes actividades eléctricas y electrónicas. Por último, la terminación feliz de un proyecto puede ser muy satisfactoria para uno. Ello demuestra que uno fue capaz y está listo para realizar un trabajo en la forma responsable que lo haría un trabajador eficiente.

Un tipo de proyecto analizado en esta unidad podría denominarse proyecto de construcción. Éste implica a menudo realizar conexiones a partir de un diagrama esquemático y construir ciertos componentes. Usted probablemente construirá un chasis o alguna otra forma de base; sobre ella ensamblará o montará un circuito. Otros tipos de proyectos utilizan materiales para que usted mismo los arme. Éstos incluyen a menudo la realización de experimentos. Otras actividades de proyecto pueden concentrarse en la reparación de circuitos existentes. Cada uno de éstos le proporcionará experiencias valiosas.

### SELECCIÓN DE PROYECTO

La selección de un proyecto de construcción debe basarse en varios aspectos: 1) la función del proyecto terminado, 2) su interés y capacidad, 3) la disponibilidad de planos y materiales,



Fig. 24-1. La construcción de un proyecto puede ser una experiencia valiosa, puesto que para ello el estudiante emplea su habilidad, iniciativa y conocimiento de los procedimientos adecuados de trabajo.

4) la disponibilidad de herramientas e instalaciones y 5) el costo.

**Función.** El proyecto debe ser funcional. Eso significa que debe satisfacer las exigencias de un producto particular. Lo anterior aumentará su deseo por desarrollar el proyecto con la consiguiente satisfacción.

**Interés y capacidad.** Debe seleccionar un proyecto interesante. Además, debe ser algo que pueda construir. Estos dos aspectos están relacionados. El estar muy interesado en un trabajo lo estimulará a menudo para adquirir nuevos conocimientos. Sin embargo, algunos proyectos pueden ser demasiado difíciles, lo cual puede producir pérdidas de tiempo y materiales. Por otra parte, podría desalentarlo para tomar parte en otras actividades de taller. Si no está seguro de poder realizar un proyecto, escoja uno más sencillo. Después de desarrollar esta experiencia puede efectuar proyectos más difíciles.

**Planos y materiales.** A menos que un proyecto sea de su propio diseño, los planos deben incluir un diagrama esquemático o pictórico. También contener una lista de los materiales necesarios y cualesquiera indicios para realizar el trabajo. Muchos planos o indicaciones de proyecto no contienen un diagrama de distribución del chasis. Si el proyecto es un circuito impreso, debe prepararse un diagrama de distribución del mismo. El diseño de un chasis o de una placa de circuito impreso puede ser una experiencia interesante y valiosa.

Antes de efectuar la selección final de un proyecto, debe asegurarse de que dispone de todos los componentes y materiales necesarios para llevarlo a cabo. Algunos de éstos pueden encontrarse en la tienda de su escuela. Otros pueden comprarse en las tiendas de aparatos eléctricos u ordenarse por catálogo.

**Herramientas e instalaciones.** La selección de un proyecto depende de la disponibilidad de herramientas, equipo, espacio y procesos. La realización del proyecto no requerirá herramientas especiales, operaciones o procesos peligrosos o cualquier equipo que no pueda encontrarse en la tienda de la escuela.

**Costo.** En cualquier plan debe incluirse el costo total del proyecto. Esto es importante puesto que, después de haber iniciado un proyecto, usted puede descubrir que costará más de lo que está dispuesto o es capaz de pagar.

## **PLANEACIÓN Y DISEÑO DE UN PROYECTO**

La planeación y diseño de un proyecto original le dará una buena oportunidad para utilizar la información teórica, el co-

nocimiento de dispositivos y materiales, y los conocimientos relacionados con la solución del problema. Aun el proyecto original más sencillo puede probar su capacidad para transformar una idea en un producto práctico (Fig. 24-2). Los ingenieros deben contar con dicha capacidad; sin embargo, ésta es importante para todo aquél que realice un trabajo técnico. Tenga una actitud inquisitiva respecto del proyecto.

- ¿Qué será?
- ¿Cómo puede utilizarse?
- ¿Cómo puede realizarse mejor?
- ¿Puede hacerse de una manera más sencilla?

Éstas son preguntas que desafían la mente. En el trabajo de diseño como en otros muchos trabajos técnicos, la imaginación es valiosa.

Los pasos básicos en la planeación y diseño de un radio pequeño de bajo costo se muestran en un esquema del proyecto (Fig. 24-3). Aquí puede observar la manera como una idea se aplica y refina hasta que se desarrolla la planeación final. Esto es en realidad un proceso de selección. Se prueban varias ideas sobre el papel hasta que se encuentra la solución más práctica al problema.

Un ejemplo de una hoja de planeación de proyecto que puede utilizar para efectuarlo se muestra en la figura 24-4. Al llenar esta hoja de planeación, tendrá toda la información necesaria para construir el proyecto de acuerdo con las ideas desarrolladas en el esquema de la idea del mismo (Fig. 24-3). Estas hojas de planeación, en una forma o en otra, pueden usarse en cualquier proyecto.

## JUEGOS DE PIEZAS PARA ARMAR

Desde hace algunos años, muchos materiales para realizar un proyecto se encuentran disponibles en juegos para armar, los cuales casi siempre tienen todos los materiales necesarios para llevarlo a cabo. En general, tienen instrucciones que muestran cómo se ensambla y alambra el proyecto (Fig. 24-5). Las instrucciones incluyen a menudo diagramas de circuito tanto pictóricos como esquemáticos.

## ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

El propósito principal de una actividad experimental es mostrar cómo trabaja un circuito o dispositivo. Este tipo de actividad puede ser muy útil para demostrar, en forma práctica, cómo se relaciona la práctica y la teoría.

Varias ideas para llevar a cabo experimentos se proporcionan en las actividades de aprendizaje práctico incluidas en muchas unidades de este libro. Descubrirá que la construc-

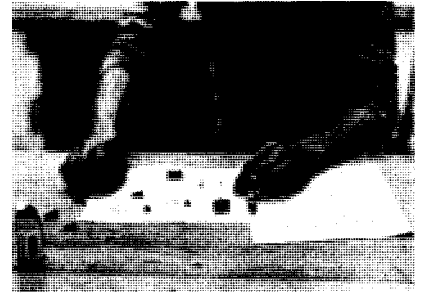


Fig. 24-2. La planeación de un proyecto significa pensar el problema en su totalidad para encontrar una solución práctica.



# LO QUE SE NECESITA

## IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS TÉCNICOS QUE SE RESOLVERÁN

## SOLUCIONES POSIBLES A LOS PROBLEMAS TÉCNICOS

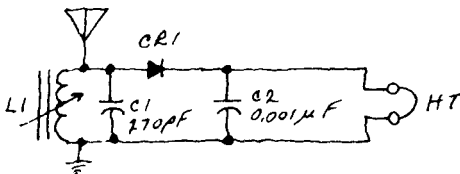
VOY DE CAMPAMENTO ESTE VERANO  
NECESITO UN PEQUEÑO RADIO DE BAJO COSTO

- ¿QUÉ TAMAÑO DEBERÁ TENER?
- ¿QUÉ ELEMENTOS CONSTITUYEN UN RADIO?
- ¿CUÁNTO COSTARÁ? ¡SÚPER BARATO!
- ¿CUÁNTO TIEMPO LEVARÁ CONSTRUIRLO?
- ¿QUÉ COMPONENTES DEBERÁN UTILIZARSE?
- ¿QUÉ TIPO DE CONSTRUCCIÓN? ¿CAJA?

**TAMAÑO:** PEQUEÑO, FÁCIL DE TRANSPORTAR.  
**ELEMENTOS:** ANTENA, SINTONIZADOR, DETECTOR, AMPLIFICADOR - REPRODUCTOR, FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

- |   |   |
|---|---|
| 1- ANTENA:<br>DIPLO<br>LARGA ✓<br>DIRECCIONAL   | 4- AMPLIFICADOR: No   |
| 2- SINTONIZADOR:<br>BANDA DE RADIOFUSIÓN ✓<br>BANDA DE POTENCIA<br>BANDA DE RADIOAMADOR | 5- REPRODUCTOR:<br>ALTA VOZ<br>AUFÓNOS ✓  |
| 3- DETECTOR:<br>FIBRO<br>GALENA<br>DIPLO ✓  | 6- FUENTE DE ENERGÍA:<br>BATERÍA<br>FUENTE DE ALIMENTACIÓN<br>ENERGÍA DE LA ONDA DE RADIO ✓ |

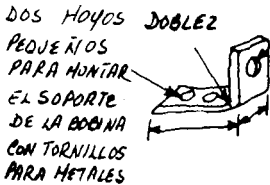
### ESPECIFICACIONES DEL CIRCUITO



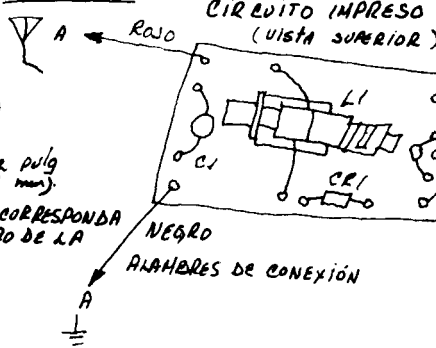
L1 = BOBINA DE ANTENA DE FERRITA, BANDA DE RADIOFUSIÓN  
CR1 = DIODO 1N34A  
A = AUFÓNOS, 2000 Ω

### IDEAS DE CONSTRUCCIÓN

PUNTO A PUNTO  
CIRCUITO IMPRESO (SOLUCIÓN DE GRABADO)  
SOPORTE DE LA BOBINA  
HOJA DE ALUMINIO de 1/2 x 1/2 x 1/32 pulg (38 x 13 x 0.8 mm).

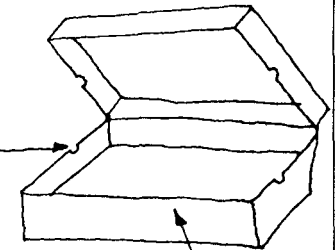


### MONTAJE



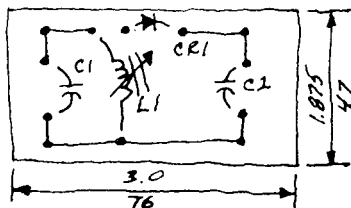
ALAMBRES DE CONEXIÓN DE HILOS CORTOS, AMARILLO

CORTES PARA LOS ALAMBRES DE ENTRADA.

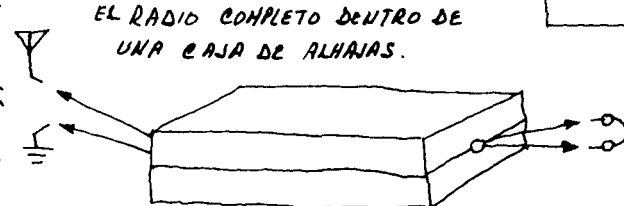


CAJA DE ALHAJAS FUERA DE USO CON TAPA ARTICULADA.

### CIRCUITO IMPRESO (VISTA DE LA BASE) pulg/mm.



EL RADIO COMPLETO DENTRO DE UNA CAJA DE ALHAJAS.



**COSTO:** APROXIMADAMENTE TRES DÓLARES (SIN INCLUIR ALAMBRE PARA ANTENA) EL PROYECTO COINCIDE CON LOS OBJETIVOS DEL CURSO; SI.

**TIEMPO:** 8 PERIODOS DE CLASE. CONCEPTOS ELÉCTRICOS APLICADOS: PRINCIPIOS DE RADIOCOMUNICACIÓN.

Fig. 24-3. Ejemplo del esquema de la idea de un proyecto



INFORME DE TRABAJO DE REPARACIÓN

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Producto o circuito en que se trabaja \_\_\_\_\_

Para quién se realizó el trabajo \_\_\_\_\_

Descripción de la falla o falla» \_\_\_\_\_

Procedimientos generales empleados al hacer el trabajo \_\_\_\_\_

Instrumentos utilizados \_\_\_\_\_

Tiempo empleado en la realización del trabajo \_\_\_\_\_

Aprobado      Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Fig. 24-6. Informe de trabajo de reparación.

ción de estos proyectos y la demostración de los mismos en clase es interesante e informativo.

## PROYECTOS DE REPARACIÓN

La reparación de un circuito o dispositivo existente puede proporcionarle gran satisfacción y provechosa experiencia. La satisfacción llega al aplicar su conocimiento para resolver un problema. Al llevar a cabo proyectos de reparación, conocerá lo relacionado con la investigación de fallas o con el descubrimiento de problemas en componentes o circuitos. Esto es parecido a lo que realizan los profesionales. Por consiguiente, su experiencia puede utilizarse en una carrera futura.

La mayor parte de los trabajos de reparación requieren conocimiento de la teoría, componentes y materiales, herramientas, instrumentos de prueba y métodos de prueba. Los procedimientos para utilizar el instrumento de prueba básico,

el multímetro, se explican en varias unidades. Estos procedimientos incluyen la prueba de dispositivos y componentes, como resistores, capacitores, diodos y transistores. Los instrumentos de prueba y los métodos para la investigación de fallas se desglosan a lo largo del libro.

Los proyectos de reparación deben incluir un informe (Fig. 24-6). Además de ser un registro de su trabajo, tal informe le da oportunidad de describir un trabajo en forma escrita. Esto puede ser una experiencia muy valiosa. Los informes escritos deben prepararse como parte de muchos trabajos técnicos.

## SEGURIDAD

La seguridad es un factor que debe considerarse cuando se diseña y construye cualquier proyecto. Éste siempre debe realizarse de manera que no exista peligro de incendios o choques eléctricos. Las instrucciones deben ser claras para que los productos o procesos derivados del proyecto puedan utilizarse fácilmente.

---

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique cómo la construcción de un proyecto puede proporcionarle una experiencia de aprendizaje valiosa.
  2. Mencione cinco aspectos que deben considerarse cuando se selecciona un proyecto de construcción.
  3. ¿Cuáles son algunos factores de la planeación y diseño de un proyecto de construcción?
  4. Describa un proyecto experimental.
  5. ¿Qué información proporciona un informe de trabajo de reparación?
- la planeación, diseño y construcción de un proyecto.
  2. Prepare una lista de libros, revistas y otras publicaciones sobre la construcción de proyectos eléctricos y electrónicos. Informe en clase acerca de los elementos de los proyectos encontrados.
  3. Muestre en clase un proyecto que usted haya construido. Explique su operación y describa cualquier característica especial de construcción.
  4. Pregunte a su maestro acerca de cualquier proyecto interesante o de demostración que se celebre en su localidad. Si es posible, planea construir un proyecto para la ocasión.

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral que describa los procedimientos generales en



tiene un área en milipulgada circular de  $31.96^2$  o alrededor de 1 022 milipulgadas circulares.

## CAPACIDAD DE CORRIENTE

La capacidad de corriente de un alambre es la intensidad de corriente en amperes que conduce sin sobrecalentarse o dañar su aislamiento. Cuanto mayor sea el área de la sección transversal de un alambre, tanto mayor será su capacidad de corriente. La capacidad de corriente de un alambre depende también de su material aislante. Por ejemplo, un alambre aislado con plástico resistente al calor tiene una capacidad de corriente más grande que un alambre del mismo tamaño aislado con plástico ordinario. La capacidad de corriente de un alambre algunas veces se le llama ampacity del alambre.

## TABLAS DE ALAMBRE

En las tablas de alambres (Tabla 25-1) puede encontrarse información relacionada con algunas características físicas y eléctricas de los alambres. Otras tablas de alambres proporcionan las capacidades de corrientes de alambres aislados con materiales diferentes.

## ALAMBRES COMUNES

Muchos tipos de alambres pueden utilizarse en los trabajos de alambrado eléctrico y electrónico. Debido a su medida, aislamiento o composición, cada uno de estos tipos es más apropiado para un propósito particular. Algunos alambres se estañan o revisten con una delgada capa de soldadura. Con ello se evita la corrosión y es más fácil soldar un alambre con otro.

**Alambre para conexiones.** El alambre para conexiones se usa principalmente para alambrear los componentes en un circuito (Fig. 25-5). Se compone de alambre de cobre macizo o trenzado con aislamiento plástico. Los calibres más comunes varían del no. 18 al 24 de la AWG (1.00 a 0.50 mm).

**Alambre para electroimán.** El alambre para electroimán es un alambre macizo; por lo general es redondo y está aislado con una delgada y resistente capa de compuesto plástico, similar a un barniz. A este tipo de alambre se le conoce a menudo como alambre para electroimán de esmalte *ordinario* (EO). Los calibres más comunes van del no. 14 al no. 40 de la AWG (1.60 a 0.08 mm). Se le llama alambre para electroimán debido que se utiliza para devanar las bobinas en electroima-

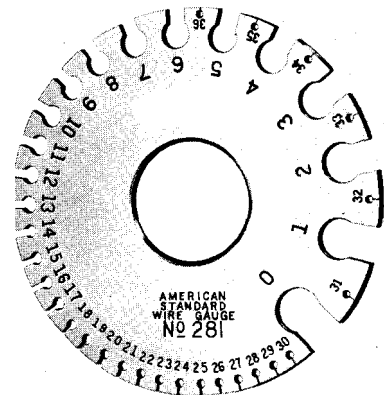


Fig. 25-3. Calibrador de la American Wire Gauge (LS. Starrett Company).

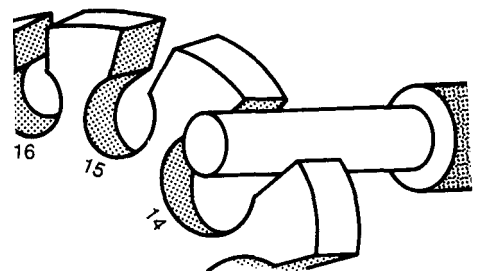


Fig. 25-4. Uso del calibrador.

**Tabla 25-1. Tabla para el alambre de cobre recocido patrón**

Calibre de la AWC (V&S)	Calibre métrico standar (mm)	Diámetro en milésimos de pulgada	Área de sección transversal		Ohms por 1 000 pies a 20 °C (68 °F)	Lb por 1 000 pies	Pie por lb
			milipulgadas circulares	pulgadas cuadradas			
0000	11.8	460.0	211,600	0.1662	0.04901	640.5	1.561
	10.0	409.6	167,800	0.1318	0.06180	507.9	1.968
	9.0	364.8	133,100	0.1045	0.07793	402.8	2.482
0	8.0	324.9	105,500	0.08289	0.09827	319.5	3.130
	7.1	289.3	83,690	0.06573	0.1239	253.3	3.947
	6.3	257.6	66,370	0.05213	0.1563	200.9	4.977
3	5.6	229.4	52,640	0.04134	0.1970	159.3	6.276
	5.0	204.3	41,740	0.03278	0.2485	126.4	7.914
	4.5	181.9	33,100	0.02600	0.3133	100.2	9.980
6	4.0	162.0	26,250	0.02062	0.3951	79.46	12.58
	3.55	144.3	20,820	0.01635	0.4982	63.02	15.87
	3.15	128.5	16,510	0.01297	0.6282	49.98	20.01
9	2.80	114.4	13,090	0.01028	0.7921	39.63	25.23
	2.50	101.9	10,380	0.008155	0.9989	31.43	31.82
	2.24	90.74	8,234	0.006467	1.260	24.92	40.12
12	2.00	80.81	6,530	0.005129	1.588	19.77	50.59
	1.80	71.96	5,178	0.004067	2.003	15.68	63.80
	1.60	64.08	4,107	0.003225	2.525	12.43	80.44
15	1.40	57.07	3,257	0.002558	3.184	9.858	101.4
	1.25	50.82	2,583	0.002028	4.016	7.818	127.9
	1.12	45.26	2,048	0.001609	5.064	6.200	161.3
18	1.00	40.30	1,624	0.001276	6.385	4.917	203.4
	0.90	35.89	1,288	0.001012	8.051	3.899	256.5
	0.80	31.96	1,022	0.0008023	10.15	3.092	323.4
21	0.71	28.46	810.1	0.0006363	12.80	2.452	407.8
	0.63	25.35	642.4	0.0005046	16.14	1.945	514.2
	0.56	22.57	509.5	0.0004002	20.36	1.542	648.4
24	0.50	20.10	404.0	0.0003173	25.67	1.223	817.7
	0.45	17.90	320.4	0.0002517	32.37	0.9699	1031.0
	0.40	15.94	254.1	0.0001996	40.81	0.7692	1300
27	0.355	14.20	201.5	0.0001583	51.47	0.6100	1639
	0.315	12.64	159.8	0.0001255	64.90	0.4837	2067
	0.280	11.26	126.7	0.00009953	81.83	0.3836	2607
30	0.250	10.03	100.5	0.00007894	103.2	0.3042	3287
	0.224	8.928	79.70	0.00006260	130.1	0.2413	4145
	0.200	7.950	63.21	0.00004964	164.1	0.1913	5 227
33	0.180	7.080	50.13	0.00003937	206.9	0.1517	6591
	0.160	6.305	39.75	0.00003122	260.9	0.1203	8310
	0.140	5.615	31.52	0.00002476	329.0	0.09542	10480
36	0.125	5.000	25.00	0.00001964	414.8	0.07568	13210
	0.112	4.453	19.83	0.00001557	523.1	0.06001	16660
	0.100	3.965	15.72	0.00001235	659.6	0.04759	21010
39	0.090	3.531	12.47	0.000009793	831.8	0.03774	26500
	0.080	3.145	9.888	0.000007766	1049.0	0.02993	33410

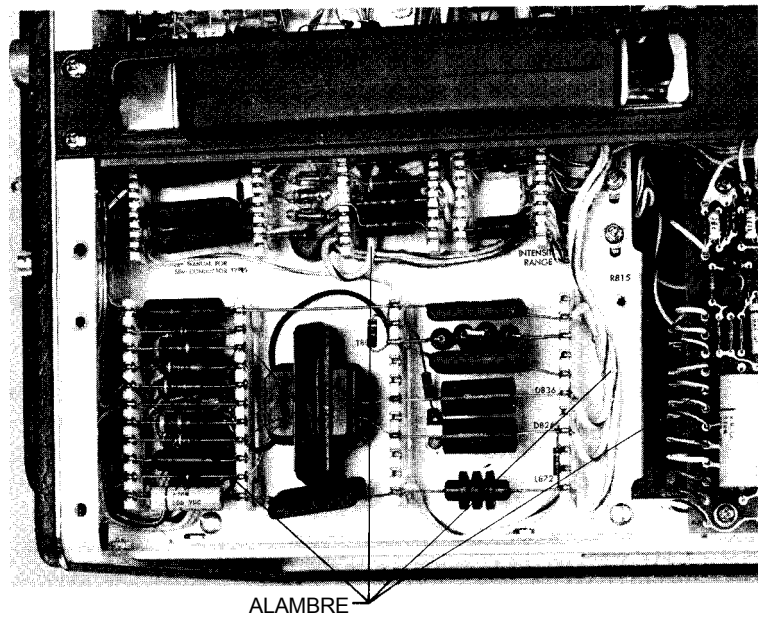


Fig. 25-5. Alambre de conexión utilizado en un circuito de osciloscopio (Tektronix, Inc.).

nes, solenoides, transformadores, motores y generadores (Fig. 25-6).

**Alambre para distribución.** Éste es un alambre de cobre macizo, estañado y sin aislamiento. Los calibres usuales están comprendidos entre el no. 12 y el no. 30 de la AWG (2.00 a 0.25 mm). Se emplea como una terminal común para varios alambres (Fig. 25-7).

**Alambre para puntas de prueba.** El alambre para puntas de prueba es un alambre trenzado muy flexible. Se aísla con hule o con una combinación de éste y otro material. Los calibres más comunes son el no. 18 y el no. 20 de la AWG (1.00 a 0.80 mm). Se utiliza para fabricar las puntas de prueba de instrumentos como el multímetro.

**Alambre para antenas.** El alambre para antenas de radio es trenzado y puede estar desnudo o aislado. Cada trenza se elabora por lo general con Copperweld, material compuesto de un núcleo de acero revestido con cobre. Esto le da al alambre una alta resistencia a la tracción, lo cual evita que se flexione cuando cierta longitud del mismo se suspende entre soportes.

**Alambre de entrada de televisión.** Éste es un alambre con dos hilos de conexión o conductores que se utiliza para conectar un receptor de televisión a su antena. Los alambres se elaboran con mucha frecuencia con Copperweld aislado con plástico de polietileno. Por lo general están contenidos dentro de una envoltura exterior, elaborada también con polietileno

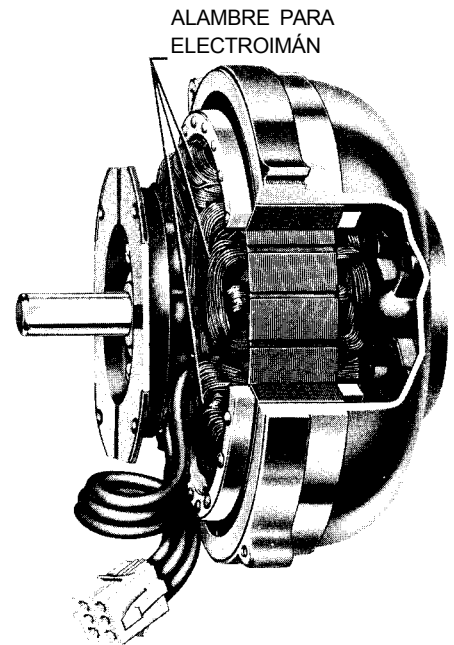


Fig. 25-6. Alambre para electroimán utilizado en un motor de ventilador (Delco Products Division of General Motors Corporation).

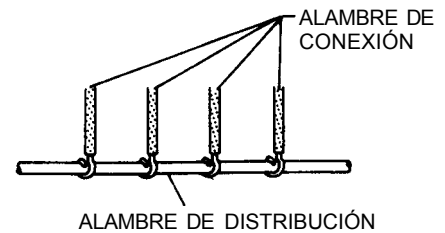


Fig. 25-7. Alambre de distribución utilizado como punto de conexión común en un circuito.



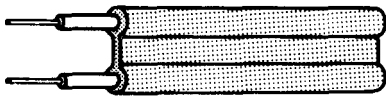


Fig. 25-8. Alambre de entrada de televisión de dos conductores (Alpha Wire Division of Loral Corporation).

(Fig. 25-8). De esta manera se logra un espaciamiento exacto entre los alambres y por ello pueden conducir la cantidad máxima de energía de la señal de la antena al receptor. Este tipo de alambre se utiliza también para conectar un receptor de radio por modulación en frecuencia (FM) con su antena.

**Alambre para conexión a tierra.** Generalmente es un alambre macizo de cobre o aluminio sin forro. Se utiliza para conectar gabinetes metálicos y algunos elementos de circuitos, como los de un sistema de alambrado residencial, a tuberías de agua o varillas para conexión a tierra.

**Alambre y cable para contrucciones.** El alambre y cable para construcción se utiliza para conectar los dispositivos y equipos en sistemas de alambrado para edificios. Estos cables y alambres se estudian en la Unidad 31.

## CORDONES DE ALIMENTACIÓN

Los cordones de alimentación se utilizan para conectar equipos y aparatos eléctricos y electrónicos en tomas de corriente. Los cordones son flexibles y, por consiguiente, son capaces de soportar las flexiones y torceduras que suceden cuando se usan productos portátiles.

**Cordón eléctrico.** El cordón eléctrico común está formado de dos alambres trenzados paralelos. Cada alambre está cubierto con un aislamiento plástico o de hule que se pega para constituir una sola pieza (Fig. 25-9A). Los alambres en los cordones eléctricos son por lo general del no. 16 o del no. 18 de la AWG (1.25 o 1.00 mm). Se emplean con accesorios de lámparas portátiles, aparatos pequeños, radios y televisores.

**Cordones de servicio.** Los cordones de servicio tienen dos o tres alambres de cobre trenzados sin forro. Estos alambres se aíslan con hule o plástico y van dentro de una chaqueta exterior redonda, también de hule o plástico (Fig. 25-9B). El calibre de los alambres usualmente varía entre el número 10 y el no. 18 de la AWG (2.50 a 1.00 mm). Los Underwriters' Laboratories denominan los alambres de servicio más comunes como tipo S, SV y SJ. Estos cordones se emplean más frecuentemente con herramientas eléctricas portátiles y aparatos de

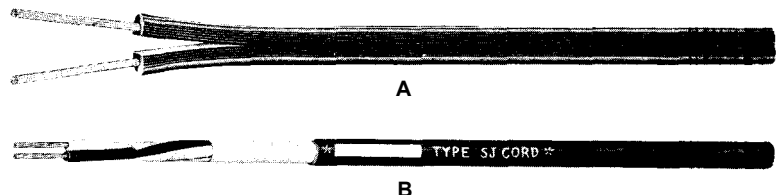


Fig. 25-9. Cordones de alimentación: (A) cordón eléctrico con aislamiento de hule; (B) cordón de servicio (General Electric Company).

mediana y gran capacidad. Los cordones de servicio tienen a menudo un conductor para conexión a tierra separado.

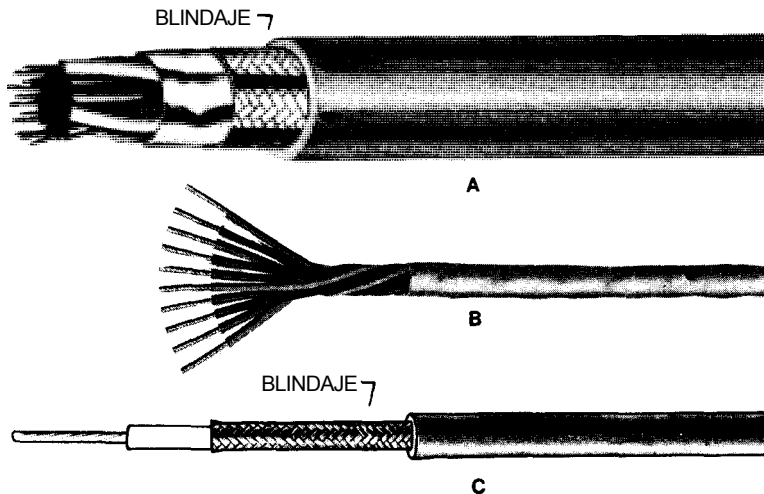
**Cordones calefactores.** Los alambres en un cordón calefactor están aislados con un material que puede soportar elevadas temperaturas. Tales cordones se utilizan con aparatos que producen calor y con pistolas para soldar y cautines. Los alambres de un cordón calefactor están trenzados y usualmente son del no. 16 o del no. 18 de la AWG (1.25 o 1.00 mm).

Un cordón calefactor común es muy semejante a un cordón eléctrico ordinario aislado con hule. Sin embargo, su aislamiento se elabora con un compuesto plástico fraguado térmicamente que puede soportar altas temperaturas.

## CABLES DE COMUNICACIÓN

Los cables se utilizan muy a menudo para conectar componentes o productos que están separados cierta distancia. Los cables pueden ser o no blindados. Un cable blindado está formado de uno o más alambres aislados. Éstos están contenidos casi siempre dentro de un forro de alambres de cobre tejidos entre sí para formar una malla (Fig. 25-10A). Ésta protege al alambre o alambres interiores de campos eléctricos o magnéticos indeseables. Se coloca directamente debajo de la funda exterior del cable blindado y puede o no servir como un conductor del mismo.

**Cable de audio.** Este tipo de cable se usa comúnmente en circuitos telefónicos, en circuitos de intercomunicación y en los circuitos que conectan los altavoces de los sistemas para audiciones públicas con los amplificadores. Este cable consta de dos o más alambres macizos o trenzados. Se indentifican



**Fig. 25-10.** Cables de comunicación: (A) cable blindado; (B) cable de audio; (C) cable blindado coaxial (Alpha Wire Division of Loral Corporation).

por colores y se ponen dentro de una funda de aislamiento plástico (Fig. 25-10B). Los calibres varían del no. 20 al no. 24 de la AWG (0.80 a 0.50 mm).

Cable coaxial. Muchos tipos de cable coaxial se componen de un alambre de cobre trenzado aislado con polietileno, el cual se coloca en el centro de un blindaje de cobre trenzado. La funda exterior del cable es un aislamiento de plástico vinílico (Fig. 25-10C). El blindaje es un conductor del cable. El cable coaxial se emplea, por ejemplo, para conectar un micrófono a un amplificador de audio. Se denomina así debido a que los conductores del cable tienen un eje o centro común.

---

## APRENDIZAJE PRACTICO

26. Capacidad de corriente de alambre. La cantidad de corriente que cualquier alambre puede conducir en forma segura depende en mayor parte del área de su sección transversal. Si es demasiada la corriente que circula para ese calibre de alambre, éste se sobrecalentará. Esto podría dañar el aislamiento y posiblemente causar un incendio. Un sencillo experimento puede mostrar el peligro de incendio que se crea cuando se emplean alambres inapropiados para transportar la corriente de carga de un circuito.

### MATERIALES NECESARIOS

- 3 1/2 pulg (89 mm) de alambre para electroimán EO, no. 18 (1.00 mm)*
- 4 pulg (102 mm) de alambre para electroimán EO, no. 21 (0.71 mm)*
- 4 pulg (102 mm) de alambre para electroimán EO, no. 25 (0.45 mm)*
- 4 pulg (102 mm) de alambre para electroimán EO, no. 30 (0.25 mm)*
- 2 pulg (51 mm) de alambre para electroimán EO, no. 36 (0.125 mm)*
- 1 pila seca no. 6 1/2 volts*

### Procedimiento:

1. Quite 1/2 pulg (1 mm) de aislamiento de cada extremo de los alambres. Únalos como se muestra en la figura 25-11A.
2. Conecte los alambres unidos a la pila seca como se muestra en la figura 25-11B. Esta conexión pone en corto circuito a la pila. Por tanto, no deje los alambres conectados un tiempo mayor que el necesario para terminar el procedimiento. De otra manera, la pila se arruinará rápidamente.



**PRECAUCIÓN:** Toque el alambre no. 36 (0.125 mm) rápido y con cuidado. Estará suficientemente caliente como para causar quemaduras serias.

- Después de unos segundos, toque los alambres no. 18 (1.00 mm), no. 21 (0.71 mm), no. 25 (0.45 mm), no. 30 (0.25 mm) y no. 36 (0.125 mm). ¿Cuál de estos alambres está más caliente? ¿Por qué?
- Con la fórmula de la potencia  $P = PR$ , explique por qué cada uno de los alambres alcanza una temperatura diferente, a pesar de que la corriente es la misma.

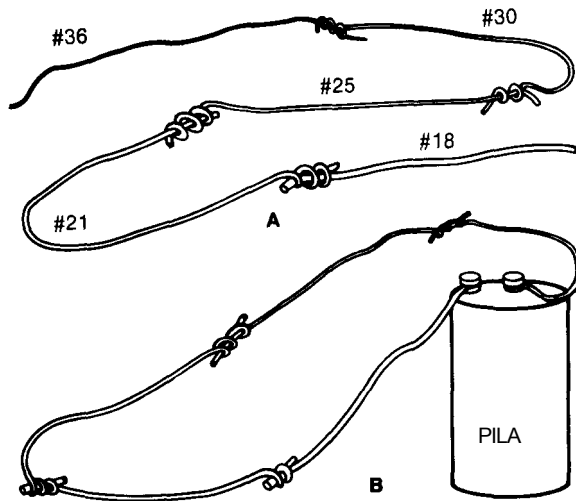


Fig. 25-11. Diagrama de alambrado para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 26, "Capacidad de corriente de alambre".

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

- El alambre trenzado es más \_\_\_\_\_ que el alambre macizo.
- Una combinación de alambres aislados encerrados en una sola funda se llama \_\_\_\_\_.
- Algunos tipos de cables flexibles se denominan \_\_\_\_\_.
- AWG es la abreviatura de \_\_\_\_\_.
- Conforme aumenta el calibre de la AWG, para alambres redondos, \_\_\_\_\_ el diámetro de los mismos.
- Los calibres de la AWG y los diámetros de los alambres redondos se encuentran convenientemente empleando un \_\_\_\_\_.
- El área mil circular de un alambre redondo se encuentra \_\_\_\_\_ el diámetro del alambre expresado en \_\_\_\_\_.
- La capacidad de corriente de un alambre es la cantidad de \_\_\_\_\_ que puede conducir sin \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
- Los alambres se estañan con frecuencia para evitar \_\_\_\_\_.
- El alambre de Copperweld se compone de un núcleo \_\_\_\_\_ que se reviste con \_\_\_\_\_.
- El alambre de entrada de una antena de te-

- levisión es un alambre \_\_\_\_\_o de dos conductores.
12. Los alambres para conexión a tierra son alambres macizos de \_\_\_\_\_o \_\_\_\_\_
  13. Los cordones calefactores se aíslan a menudo con un material que puede soportar
  14. Algunos cables cuentan con blindajes para proteger los conductores encerrados contra campos \_\_\_\_\_o \_\_\_\_\_externo indeseables.
  15. En un cable coaxial, todos los conductores tienen un \_\_\_\_\_común.
5. ¿Cómo se determina el área milipulgada circular de un alambre redondo?
  6. ¿Qué se entiende por capacidad de corriente de un alambre?
  7. ¿Por qué se estañan algunos alambres?
  8. ¿Para qué se emplea el alambre para conexiones?
  9. ¿Por qué es importante que los cordones eléctricos sean flexibles?
  10. Mencione tres tipos de cordones eléctricos y establezca el propósito para el cual cada uno de ellos se usa comúnmente.
  11. Describa el cable coaxial.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Establezca la diferencia entre un alambre macizo y un alambre trenzado.
2. ¿Qué se entiende por cable?
3. Defina y describa la American Wire Gage.
4. ¿Cómo se utiliza un calibrador para alambres?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Reúna muestras de todos los tipos de alambres y cables que pueda. Móntelos en un tablero e identifique cada uno. Exhíbalos en su clase. Describa para qué se usa cada uno de ellos. Los comerciantes locales y fabricantes pueden proporcionarle pequeñas muestras de alambres y cables.

## Unidad 26 Herramientas y dispositivos de alambrado

---

El *alambrado* manual incluye el empleo de alambres para conectar las terminales de tomas de corriente y otros dispositivos de punto en punto. Los circuitos integrados y los circuitos impresos han reducido en gran parte la necesidad de alambrar manualmente. Sin embargo, el alambrado manual aún se emplea en la fabricación, reparación y servicio de muchos productos. Para realizar el alambrado manual en forma correcta, se deben conocer los tipos de alambres y también estar familiarizado con las herramientas y dispositivos de alambrado que se emplean en los circuitos. Tal conocimiento ayuda a efectuar un nuevo alambrado o un trabajo de reparación de manera eficiente y ordenada.

### PINZAS

Las pinzas son herramientas esenciales para el alambrado; existen muchos tipos. Los tres tipos que se analizan a continuación se utilizan por lo regular cuando se trabaja con alambres.

**Pinzas de corte.** Las pinzas de corte se utilizan sólo para cortar alambres [Fig. 26-1A). Nunca deben emplearse para sujetar o hacer muescas, hojas metálicas, puesto que pueden dañarse las quijadas de corte. Pueden dañarse también si se emplean para cortar hierro templado o alambres de acero. Como en el caso de otros tipos de pinzas, las pinzas de corte se clasifican de acuerdo con su longitud. Los tamaños comunes son de 4, 5 y 6 pulg (102, 127 y 152 mm).

**Pinzas de punta.** Se utilizan principalmente para sujetar y doblar alambres pequeños; algunas veces tienen quijadas de corte (Fig. 26-1B). Las quijadas, relativamente débiles, de estas pinzas pueden deformarse si se emplea demasiada presión para sujetar objetos. Los tamaños usuales son de 5 y 6 pulg (127 y 152 mm).

Debido a la forma de la punta o quijada de sujeción, las pinzas de punta son muy útiles para doblar alambre en forma de espiral. Esto se realiza a menudo al amarrar el extremo de un alambre en una terminal de tornillo. Las pinzas que tienen quijadas de sujeción más largas y delgadas que las de punta se denominan a menudo pinzas de punta de aguja.

**Pinzas de corte lateral.** Las pinzas de corte lateral se conocen también como pinzas de electricista. Esta herramienta cuenta con quijadas de sujeción y corte reforzadas, las cuales son muy útiles para doblar, prensar y cortar alambres gruesos (Fig. 26-1C). Los tamaños comunes son de 6, 7 y 8 pulg (152, 178 y 203 mm).

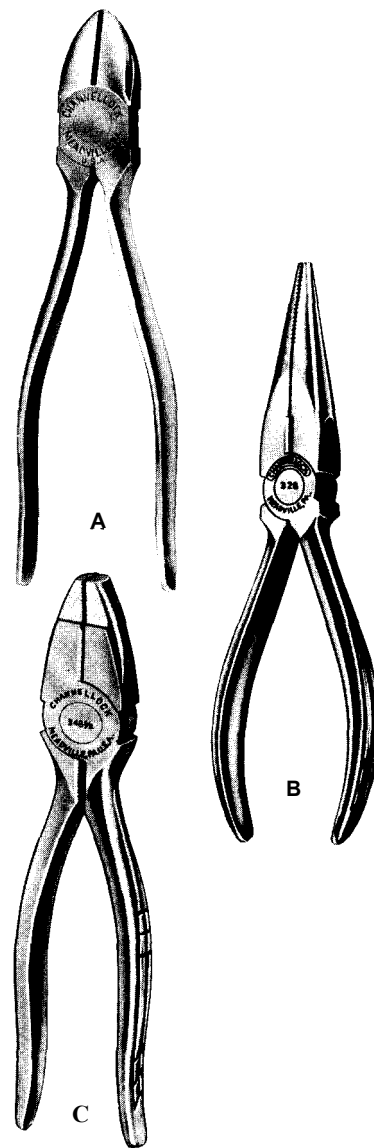


Fig. 26-1. Pinzas: (A) de corte; (B) de punta; (C) de corte lateral (Channellock, Inc.).

## PELADORES DE CABLE

Los peladores de cable son herramientas que se emplean para quitar el aislamiento de alambres que se unirán o conectarán.

**El pelador de alambre básico.** En la figura 26-2A se muestra un pelador de alambre sencillo. Para emplear esta herramienta, apriete ambas cuchillas hasta que corten a través del aislamiento del alambre. Después separe la herramienta del alambre en tal forma que quite el aislamiento. Cuando utilice este tipo de pelador de alambre tenga cuidado de no presionar ambas cuchillas más de lo necesario para cortar a través del aislamiento. De otra manera, las cuchillas pueden cortar dentro del alambre y dejarlo a punto de romperse.

Otro tipo común de pelador de alambre se muestra en la figura 26-2B. Al remover el aislamiento con esta herramienta, es importante utilizar la medida de corte de separación adecuada para evitar que se dañen los alambres.

**Pelador de alambre automático.** Para utilizar un pelador de alambre automático, coloque el alambre en la medida de in-

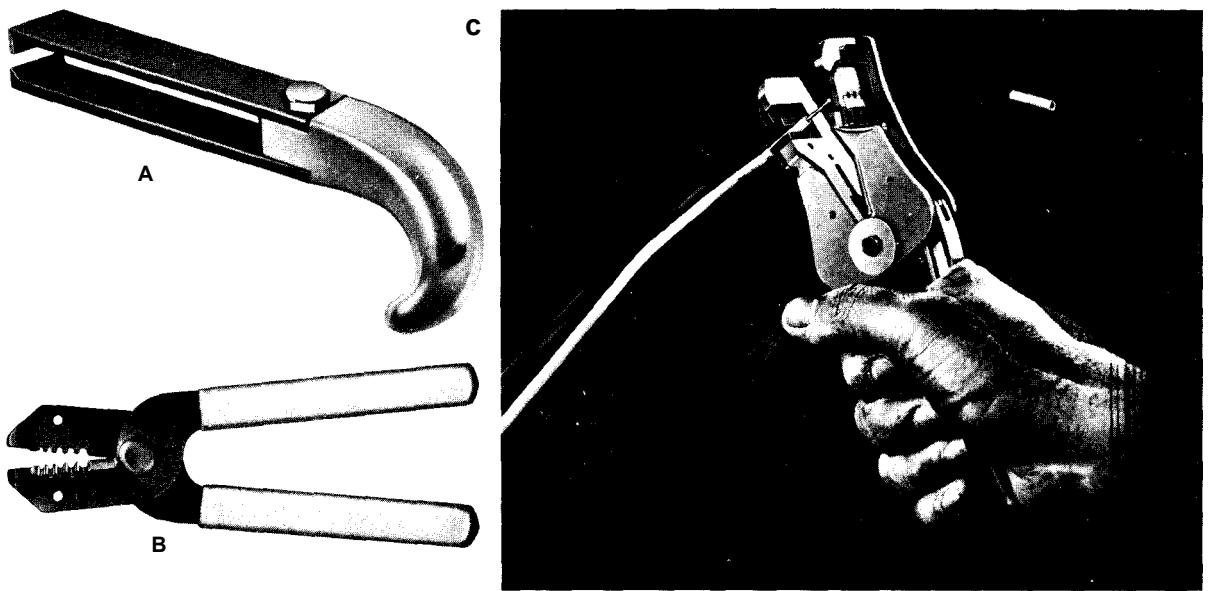


Fig. 26-2. Peladores de alambre: (A) pelador básico; (B) pelador tipo muesca; (C) utilización del pelador de alambre automático (Ideal Industries, Inc.).

cisión adecuada de las quijadas de corte y posteriormente oprima las manijas. Esto causará que se separen las quijadas. Las quijadas de corte cortarán a través del aislamiento y al mismo tiempo las quijadas de sujeción quitarán el aislamiento del alambre (Fig. 26-2C). Los peladores de alambre automáticos son muy útiles para quitar el aislamiento de plástico duro o de tela de los alambres. Puesto que con ellos no se requiere tirar, también son apropiados para utilizarse con alambres que tienen un extremo conectado a una terminal.

**Otros métodos para eliminar el aislamiento.** El pelador de alambre térmico implica el empleo de calor para quitar el aislamiento. Los peladores de alambre térmicos tienen "quijadas" calentadas eléctricamente, ajustables, que funden el aislamiento. En algunos alambres, incluso ciertos alambres para electroimán, el aislamiento puede eliminarse con el calor de una pistola de soldar sin necesidad de pelarlos o limpiarlos adicionalmente. A los alambres con aislamiento de esmalte o barniz a menudo se les elimina éste químicamente con un solvente para pintura.

### EMPLEO DE PINZA COMO PELADORES DE CABLE

Con un poco de práctica, usted puede aprender a utilizar las quijadas para cortar alambre de las pinzas como un pelador de alambre, particularmente en aquéllos con aislamiento plástico delgado. Para hacer esto, primero coloque un alambre entre las quijadas. En seguida aplique suficiente presión en las manijas para que las quijadas corten a través

del aislamiento. Posteriormente jale las pinzas de manera que separe el aislamiento (Fig. 26-3A). Asegúrese de usar la presión exacta de manera que no corte o melle el alambre.

Cuando las pinzas se utilizan para cortar un alambre cubierto con un aislamiento de plástico duro o tela, a menudo es necesario aplastar primero el aislamiento. Con la mayor parte de las pinzas, esto puede realizarse insertando el alambre entre las manivelas, justamente detrás del punto pivote y aplicando la presión suficiente (Fig. 26-3B). De esta manera, el aislamiento sujeto a tal acción puede arrancarse del alambre o separarse con las quijadas de corte.

## CLAVIJAS Y CONECTORES

Las clavijas eléctricas proporcionan una manera conveniente para conectar dispositivos en un circuito. Esto se efectúa insertando una clavija en un conector o un receptáculo alambrado en el circuito.

**Clavijas de conexión.** Se emplean con cordones eléctricos y de servicio para realizar las conexiones en las tomas de corriente. En muchos productos, se utilizan clavijas de conexión moldeadas (Fig. 26-4A); en otros se fijan a un cordón por medio de contactos de presión o terminales de tornillo. Las clavijas de conexión con terminales de tornillo se alambren como se muestra en la figura 26-4B. Para efectuar esto, primero quite alrededor de 1/2 pulg (12 mm) del aislamiento de cada uno de los alambres del cordón. Después tuerza apretadamente cada extremo desnudo del alambre trenzado de manera que las trenzas formen un paquete compacto. Aplique soldadura en las puntas para evitar que éstas se separen, pues de otra forma, una trenza suelta podría causar un corto circuito. Enrolle cada alambre alrededor de un tornillo terminal en el sentido del movimiento de las agujas de reloj. En esta forma el alambre se mantendrá bajo la cabeza del tornillo mientras se aprieta éste.

Cuando el espacio lo permita y la clavija de conexión no tenga un sujetador para el cordón, amarre los dos alambres en un nudo de Underwriters. Con ello se evitará que los alambres se separen de las terminales de tornillo si se tira del cordón (Fig. 26-5).

**Clavijas y conectores tipo plátano.** Se usan por lo común para conectar terminales de prueba en instrumentos y para otras conexiones (Fig. 26-6). Los hilos de conexión se fijan en las clavijas por medio de tornillos de sujeción, de presión o con soldadura.

**Clavijas y conectores de punta.** Se emplean con instrumentos de prueba (Fig. 26-7A) y, debido a que son pequeños, se utilizan en lugares donde no cabrían otros tipos de dispositivos de conexión.

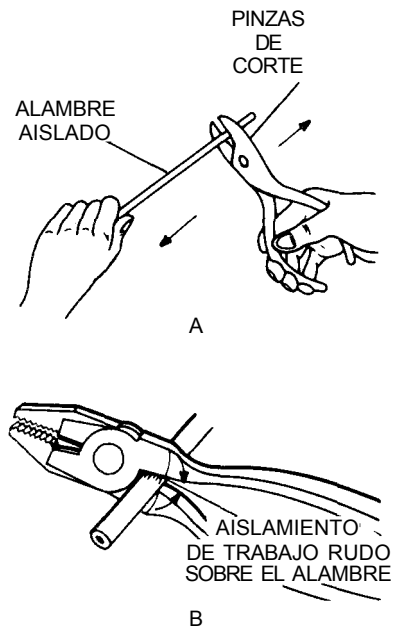


Fig. 26-3. Cómo se usan las pinzas como peladores de alambre.

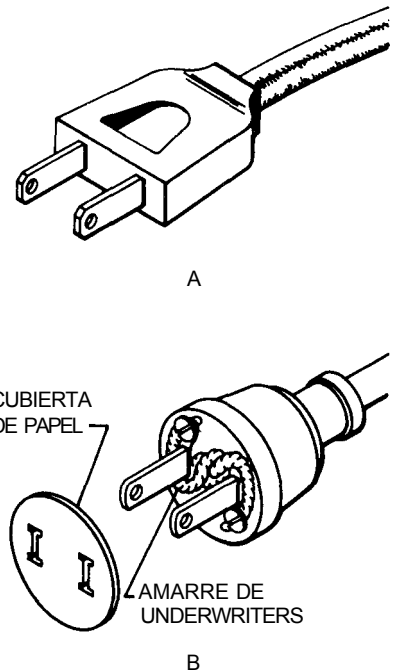


Fig. 26-4. Clavijas de conexión o toma corrientes: (A) clavija moldeada; (B) clavija con terminales de tornillo.



Fig. 26-5. Formación de un nudo aceptado por la Underwriters.

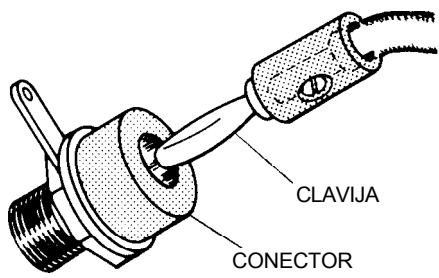
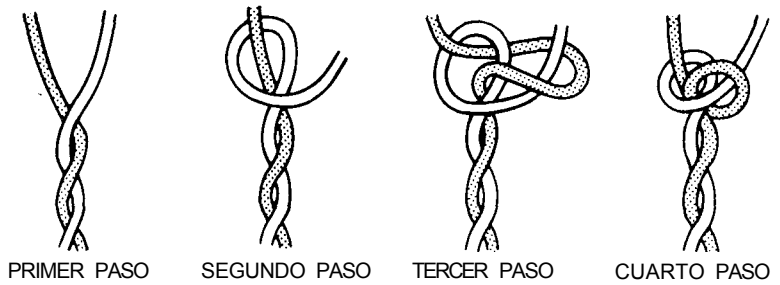


Fig. 26-6. Clavija y conector tipo plátano.

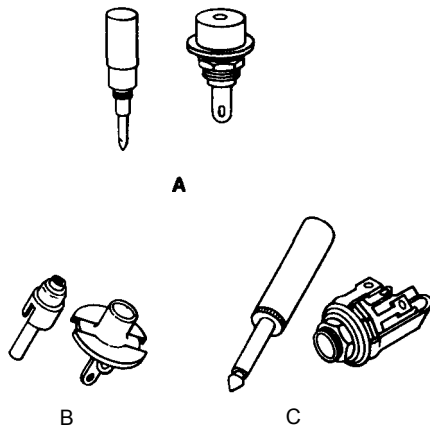


Fig. 26-7. Clavijas y conectores (A) de punta; (B) fonográficos; (C) para audífonos.

**Clavijas y conectores fonográficos.** Se emplean con frecuencia para conectar la salida de una cápsula fonocaptora en la entrada de un amplificador y para efectuar otras conexiones en línea de audio (Fig. 26-7B). Estos dispositivos se conectan por lo general mediante soldadura en cables blindados.

**Clavijas y conectores para audífonos.** Los dispositivos estándar de este tipo se emplean para conectar audífonos en receptores de radio y amplificadores de audio (Fig. 26-7C). El extremo de la clavija y la toma de corriente del conector estándar de estos dispositivos tienen un diámetro de 1/4 de pulg (6.35 mm).

Las clavijas y conectores miniatura para audífonos se emplean para el mismo propósito; presentan una estructura similar, pero la terminal y la toma de corriente tienen un diámetro de 1/8 de pulg (3.18 mm).

**Conectores para audífonos de circuito abierto y de circuito cerrado.** Los conectores para audífonos pueden ser de circuito abierto o circuito cerrado (Fig. 26-8A). El primer tipo permite que un circuito se complete con los contactos del conector cuando no se inserta en éste una clavija. Si, por

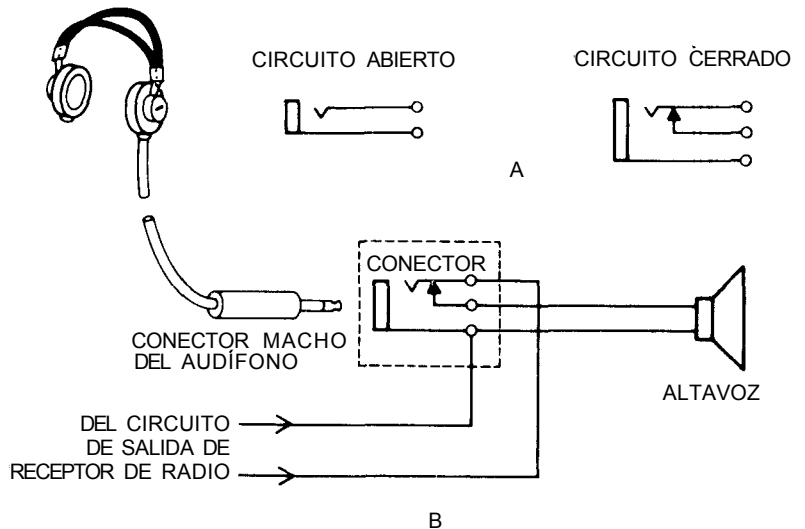


Fig. 26-8. Conectores para audífonos: (A) símbolos para conectores de circuito abierto y de circuito cerrado; (B) operación de un conector para audífonos de circuito cerrado.

ejemplo, un audifono se enchufa en un conector de circuito cerrado de un receptor de radio, el circuito se completa con el audifono. Si, por otra parte, el audifono no se enchufa en el conector, el circuito de radio se completa en el altavoz (Fig. 26-8B).

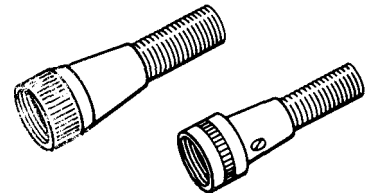


Fig. 26-9. Conectores de micrófono.

## CONECTORES DE MICRÓFONO

Se emplean para conectar en amplificadores los cables coaxiales de los cordones para micrófonos (Fig. 26-9). También se usan para conectar hilos de conexión en varios tipos de instrumentos de prueba.

## CONECTORES PARA ALAMBRES

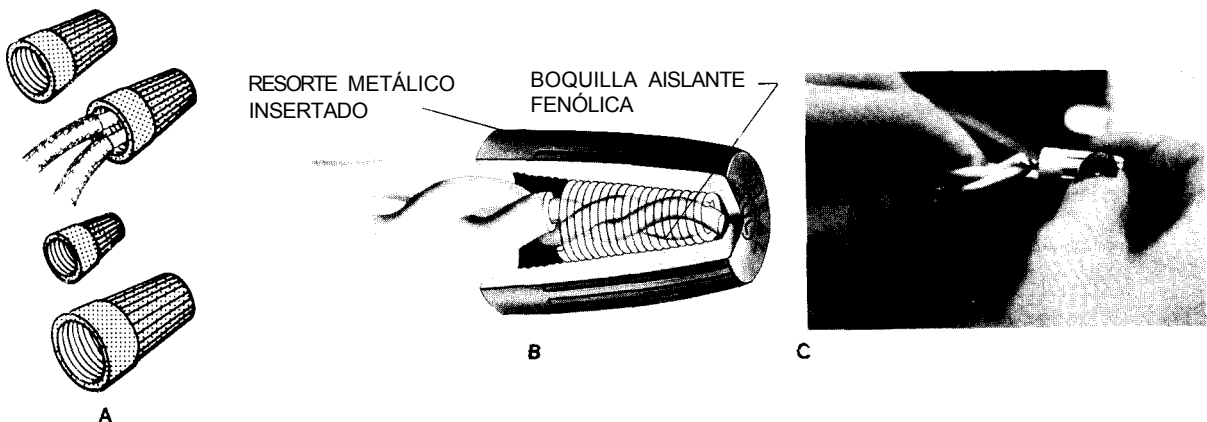
Los conectores para alambre son dispositivos que se emplean para realizar conexiones sin soldadura en sistemas de alambrado residenciales, motores y diversos aparatos (Fig. 26-10A).

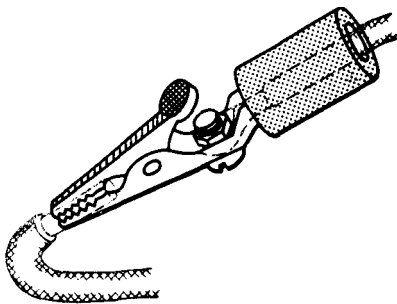
Para emplear un conector para alambre, corte aproximadamente  $\frac{3}{8}$  de pulg (10 mm) del aislamiento de los extremos de los alambres que se conectarán. Colóquelos dentro del conector para alambre y atornille éste firmemente sobre ellos (Fig. 26-10B). Los conectores de alambre se encuentran en diferentes tamaños; el tamaño necesario depende del número y calibres de los alambres que se conectarán. En la figura 26-10C se muestran dos alambres que se están insertando en un conector para alambre.

## BROCHES

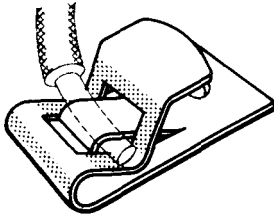
Varios tipos de broches se utilizan para realizar conexiones temporales de alambres en los circuitos. El broche caimán tiene quijadas accionadas por resorte, las cuales permiten

Fig. 26-10. Conectores para alambres.





A

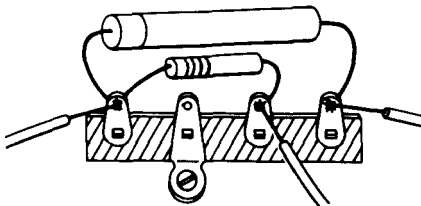


B

fig. 26-11. Broches: (A) caimán; (B) Fahnestock.



A



B

fig. 26-12. Puentes de conexiones.

realizar una conexión firme de alambre en un punto terminal (Fig. 26-11A): se emplean con puntas de prueba de instrumentos y con otros sistemas de alambrado provisionales.

Los broches *Fahnestock* tienen una palanca de resorte que se oprime mientras se inserta un alambre en su cerrojo (Fig. 26-11B). Para obtener una buena conexión en este caso, un alambre debe limpiarse perfectamente antes de insertarse. Los broches *Fahnestock* se emplean con frecuencia para realizar conexiones provisionales en modelos experimentales.

## PUNTES DE CONEXIONES Y LENGÜETAS

Un puente de conexiones para lengüetas se compone de lengüetas para conexión soldada y de una o varias lengüetas de montaje, fijadas por lo general en una tira fenólica delgada (Fig. 26-12A). Éstas proporcionan terminales convenientes para conexión soldada para alambres e hilos de conexión de componentes (Fig. 26-12B). Siempre que sea posible, las conexiones soldadas deben realizarse en puentes de conexiones.

Las lengüetas terminales o para alambre se utilizan para conectar alambres en terminales de tornillo; pueden ser o no ser para conexión soldada (Fig. 26-13A y 26-13B). Las lengüetas sin soldadura se fijan en los extremos de los alambres con una herramienta para terminales o engarzadura, como se muestra en la figura 26-13C.

## DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN Y AMARRE

Se emplean para mantener los alambres y cables fijos en un lugar; con ellos el trabajo es más ordenado y se reduce la tensión mecánica de los alambres individuales.

Las grapas para cable se elaboran con metal o plástico (Fig. 26-14A) y se emplean para asegurar los alambres y cables en superficies de metal, madera o plástico.

Las grapas aislantes son una especie de alambre o grapa para cable con una abrazadera aislante. Se utilizan para asegurar los alambres y cables en superficies de madera (Fig. 26-14B).

Las cintas plásticas para amarre se emplean para asegurar un manojo de alambres y cables (Fig. 26-14C). Los alambres y cables por lo general también se amarran o unen en conjunto con una gruesa cuerda para cableado como se muestra en la figura 26-14D.

## TABLETAS PARA CONEXIONES

En los primeros días de la radio una tabla de madera se empleaba como base para montar componentes. Los broches

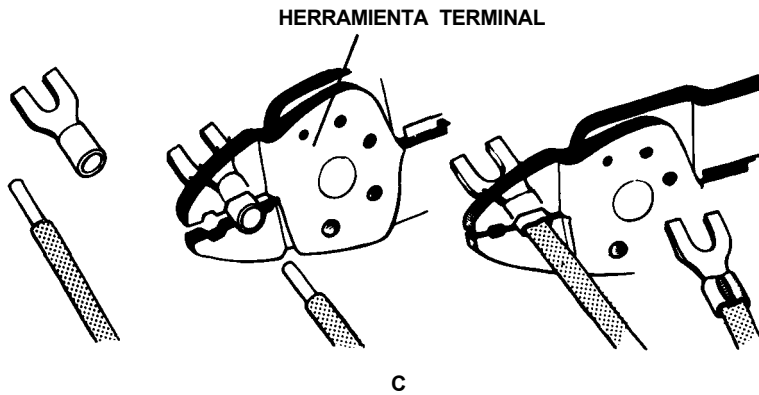
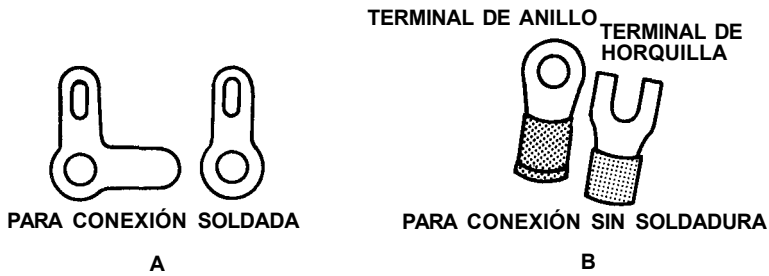


Fig. 26-13. Lengüetas terminales o de alambre: (A) para conexión soldada; (B) para conexión sin soldadura; (C) empalme de una lengüeta para conexión sin soldadura en el extremo de un alambre con una herramienta terminal o engarzadora.

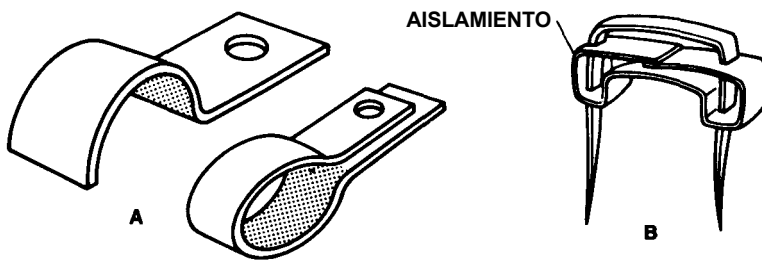
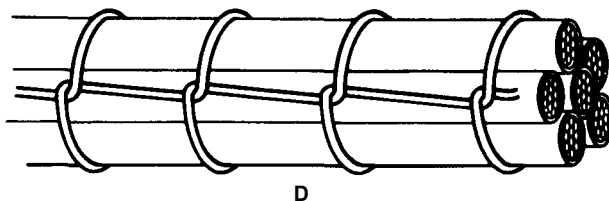
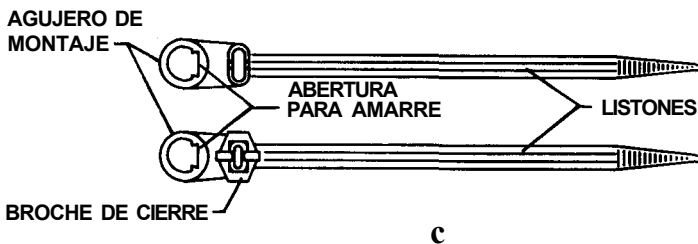


Fig. 26-14. Dispositivos de sujeción y amarre: (A) sujetadores de cable; (B) grapa aislante; (C) cintas plásticas para amarre; (D) cables para amarre.



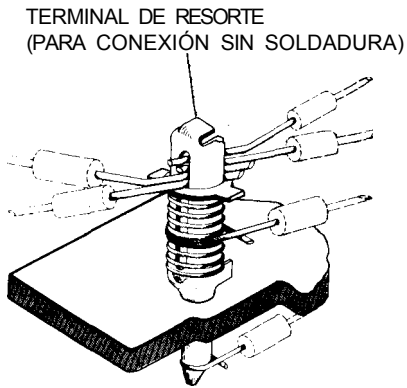


Fig. 26-15. Terminal de resorte para conexión sin soldadura (Vector Electronic Company Inc.).

Fahnestock, sujetos firmemente en la tabla con tornillos para madera, proporcionaban una manera conveniente para realizar conexiones provisionales. Esto facilitó la experimentación con circuitos diferentes. La tabla de madera, debido a su apariencia, se denominó tableta o tablero para conexiones. Las tabletas modernas presentan diversas formas.

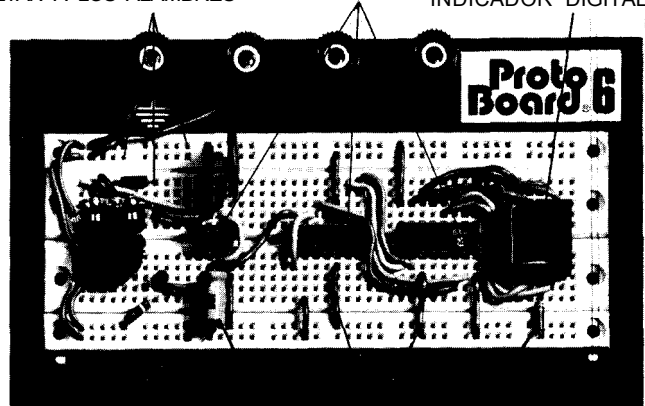
**Conexiones sin soldadura.** En la figura 26-15 se muestra una terminal de resorte para conexiones sin soldadura. Montada en una tableta para conexiones, este tipo de terminal permite conectar varios hilos de conexión de diferentes componentes en una sola terminal. Generalmente se montan varias terminales en una sola tableta para conexiones.

La tableta para conexiones mostrada en la figura 26-16 utiliza alambres macizos para conexiones ordinarias. El calibre del alambre puede variar entre el no. 22 y el no. 30 de la AWG. Los puentes de conexión de alambre se miden de punto a punto; deben usarse hilos de conexión cortos. Alrededor de 3/8 de pulg (10 mm) de aislamiento debe pelarse de los alambres. Los extremos desnudos de alambre se introducen en un agujero en la tabla que contiene un broche o presilla de resorte plano. Éste sujeta firmemente al alambre, efectuando la conexión sin soldadura. Cinco de estos broches de resorte se ubican en una línea de cinco agujeros. De esta manera cualquier hilo de conexión introducido en un agujero se conecta en forma automática con todos los demás agujeros en la línea. Por tanto, cinco conexiones, llamadas punto de amarre, pueden realizarse en cualquier línea de cinco agujeros. Nótese que tanto circuitos discretos como integrados pueden conectarse en la tableta para conexiones sin soldadura. Los

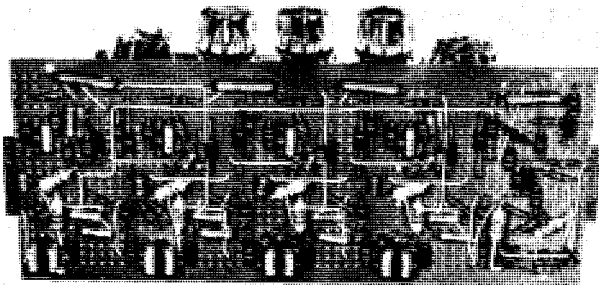
Fig. 26-16. Circuito contador de décadas con indicador digital alambrado en una tableta para conexiones sin soldadura (Continental Specialties Corporation).

PERFORACIONES QUE CONTIENEN  
PRESILLAS PLANAS DE RESORTES  
QUE SUJETAN A LOS ALAMBRES

CIRCUITOS  
INTEGRADOS  
INDICADOR DIGITAL



PUENTES DE  
CONEXIÓN DE  
ALAMBRE  
COMPONENTES  
DISCRETOS



TABLERO DE CIRCUITO

Fig. 26-17. Componentes montados en un tablero de circuito preperforado (Vector Electronics, Inc.).

*circuitos* discretos se componen de elementos conectados por medio de hilos de conexión. Los circuitos integrados contienen muchos componentes interconectados en un solo bloque de material.

**Conexiones soldadas.** En la figura 26-17 se muestra un tablero de circuitos preperforado. Ese tablero se fabrica con un material f enólico y se encuentra en varios tamaños. Los tableros de circuito preperforado son una base conveniente para montar y alambrear elementos de circuitos; se utilizan a menudo como una tableta para conexiones. Algunas veces se introducen en un agujero puntas o terminales especiales (Fig. 26-18), las cuales forman puntos de contacto convenientes para soldar los hilos de conexión de los componentes.

Los tableros de circuito impresos sobrantes de los fabricantes constituyen otra tableta de conexiones muy útil y barata. Pueden encontrarse en muchos almacenes que expenden componentes electrónicos y de radio. La mayor parte de estos tableros no tienen componentes soldados; si los tienen, pueden desoldarse y quitarse. Separe los componentes cuidadosamente de manera que puedan utilizarse otra vez.

Aunque el circuito en el tablero no sea el que usted desee como circuito experimental, puede modificarlo. En la figura 26-19 se muestra un tablero formado a partir de un tablero de circuito impreso sobrante. El circuito es un oscilador de radiofrecuencia (rf) experimental; los componentes se sueldan a cualquier circuito impreso útil. De igual manera, los agujeros de montaje preperforados pueden usarse para montar el circuito. Nótese que un portatubo se emplea en lugar de un portacristal ordinario, y también que los puentes de conexión de alambres se utilizan para modificar el circuito impreso anterior y, así, cubrir las necesidades específicas. El empleo de tableros de circuitos impresos y componentes viejos ahorra tiempo y dinero. Además, evita la corrosión de los circuitos.

**Ventajas de los circuitos en tabletas para conexiones.** Las tabletas para conexiones dan oportunidad a los técnicos e ingenieros en electrónica de diseñar, construir y probar circuitos en forma rápida. Se emplean para realizar prototipos industriales o primeros modelos de circuitos para verificar si

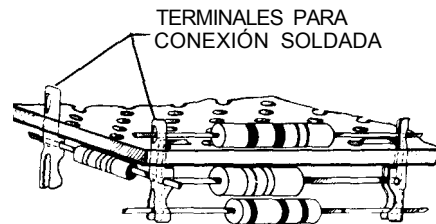


Fig. 26-18. Empleo de terminales insertadas necesarias para conexiones soldadas (Vector Electronic Company Inc.).

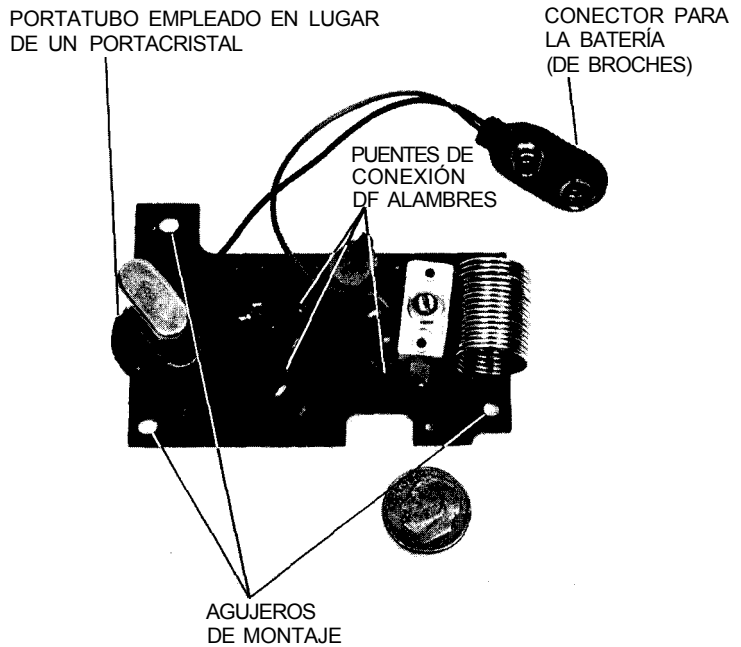


Fig. 26-19. Circuito experimental de un oscilador de rf montado en un tablero de circuito impreso de desecho.

funcionan como se había planeado. Después de **realizarse** completamente, un prototipo se reorganiza según sea necesario antes de fabricar el producto final.

Las tabletas para conexiones pueden ayudarle a construir circuitos en forma más rápida, fácil y económica. También pueden ayudarle en la prueba y mejoramiento de su circuito.

## CINTAS, DISPOSITIVOS Y MATERIALES AISLANTES

El aislamiento se utiliza para evitar contactos eléctricos inconvenientes. Las *cintas aislantes* se elaboran con plástico, hule o tela, por lo general de 3/4 de pulg (19 mm) de ancho [Fig. 26-20]. La cinta de plástico es más delgada que la de hule o tela; también es más adhesiva y tiene una mayor rigidez dieléctrica. La cinta aislante elaborada de tela revestida negra usualmente se denomina *cinta aislante*.

**Portaconductores** Los portaconductores de plástico o tubo *aislante* proporciona una forma muy conveniente de aislar alambres (Fig. 26-21); su medida se especifica casi siempre por medio de su diámetro interior y del calibre del alambre más grande que puede contener.

**Arandelas aislantes.** Las de hule o plástico se emplean para proteger alambres y cordones que deben atravesar agujeros en un metal (Fig. 26-22). Su tamaño lo determina el diámetro del agujero de montaje en el cual ajustan exactamente.



Fig. 26-20. Cintas para aislamiento eléctrico: (A) cinta plástica; (B) cinta aislante; (C) cinta aislante con hule (B.F. Goodrich Company).

**Arandelas de fibra.** Las arandelas de fibra con pestaña se utilizan para aislar, de superficies metálicas, dispositivos como conectores y tornillos de montaje (Fig. 26-23A). La pestaña de la arandela aísla al dispositivo de la superficie interior del agujero de montaje. En la figura 26-23B se muestra el empleo de una arandela de pestaña y una arandela plana de fibra para aislar una clavija tipo plátano de un chasis metálico. Los diámetros interior y exterior de la pestaña de una arandela usualmente determinan el tamaño de la misma.

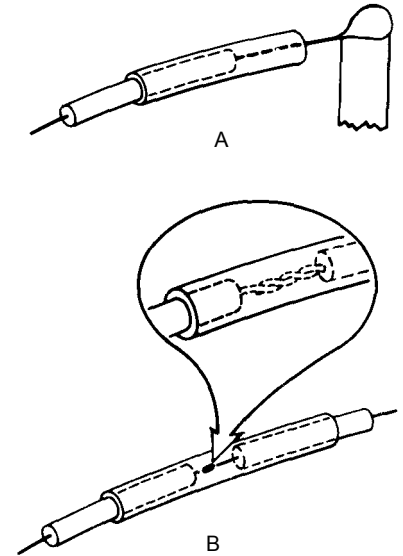
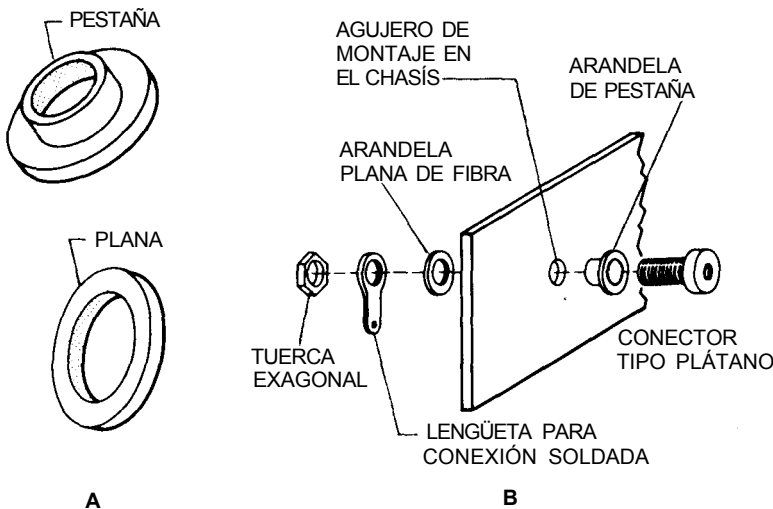


Fig. 26-21. (A) Empleo de portacables para cubrir un alambre expuesto en un punto terminal; (B) portacable para cubrir una unión.

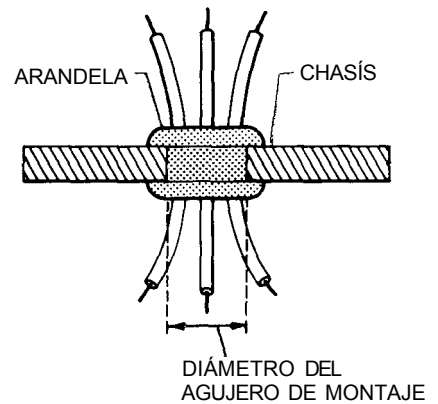
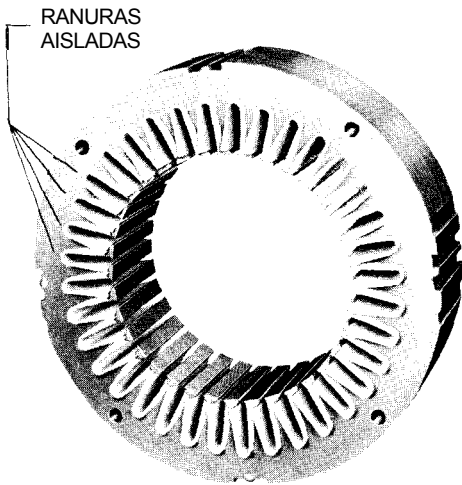


Fig. 26-22. Una arandela aislante empleada para proteger los alambres que atraviesan un agujero en un chasis.

Fig. 26-23. Arandelas de fibra: (A) arandelas planas y de pestaña; (B) empleo de una arandela plana y una de pestaña.





**Fig. 26-24.** Papel aislante utilizado para trazar las ranuras de devanado en el estator de láminas de un motor eléctrico (Brook Motor Company).

**Papeles, telas y barnices aislantes.** El papel de hilo o algodón\* y el papel kraft, ambos de varios espesores y formas, se emplean a menudo como aislamiento en máquinas, como motores y generadores (Fig. 26-24]. Los papeles y telas aislantes elaborados con fibra de vidrio, lino, seda o algodón barnizado también se emplean para aislar los devanados de las bobinas de transformador, de los núcleos metálicos alrededor de los cuales se devanan. El lino barnizado se conoce como cambray barnizado.

Además de aplicarse en papeles y telas, los barnices aislantes se usan para fortalecer el aislamiento de alambres para electroimán y para reparar el aislamiento defectuoso en estos y otros alambres. Se aplican por inmersión, aspersión o pintura con brocha. Los barnices aislantes se secan al aire o al mantenerse a una temperatura de entre 220 y 270 °F (104 a 132 °C) durante varias horas.

## MARCADORES DE ALAMBRES

Se emplean marcadores para identificar alambres, cables y terminales en diversos sistemas de alambrado; mediante los marcadores es posible encontrar y seguir rápidamente los alambres en un circuito. En alambres y terminales también son muy útiles para probar ciertos circuitos y sustituir alambres en los mismos.

Muchos alambres, individuales o en cables se identifican por colores. Para un marcado adicional, se emplean etiquetas con una letra o número (Fig. 26-25A). En la figura 26-25B se muestran otras formas de marcar alambres.

## CONEXIÓN ENROLLADA DE ALAMBRE Y DESENCOLLADO

Se denomina conexión *enrollada* de alambre la conexión eléctrica que se realiza devanando firmemente un alambre alrededor de una terminal metálica. Este proceso se usa porque el proceso de soldado es lento y presenta algunas desventajas. Por ejemplo, para soldar se requiere calor, lo cual puede ser peligroso para un trabajador y para los componentes que se están soldando. Una conexión soldada ocupa mucho espacio. Los circuitos electrónicos modernos son muy compactos y en ellos se dispone de poco espacio. Por otra parte, desoldar una conexión es difícil. La conexión enrollada de alambre y el desenrollado satisface las necesidades de muchos circuitos electrónicos modernos.

\* N del HT El papel de hilo o lino se fabrica a base de algodón. Es el más caro, fuerte y resistente a la decoloración y al deterioro por envejecimiento.

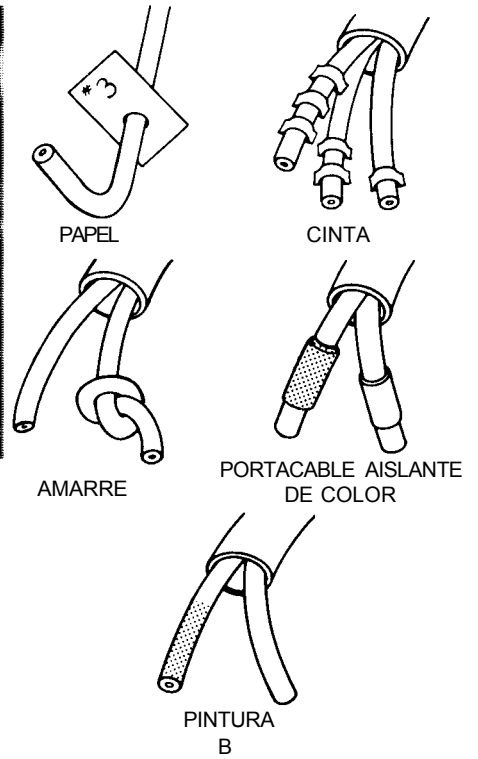
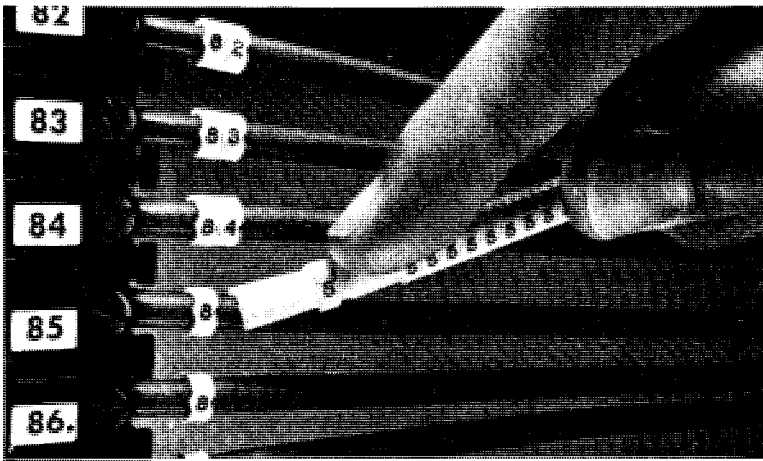
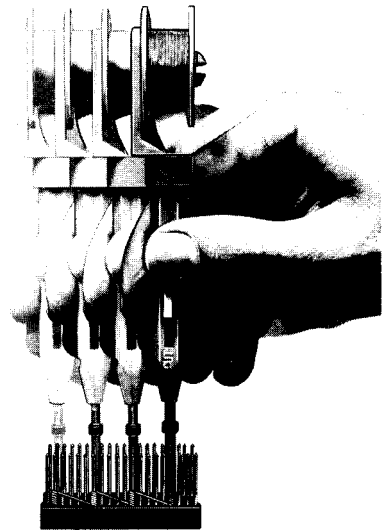
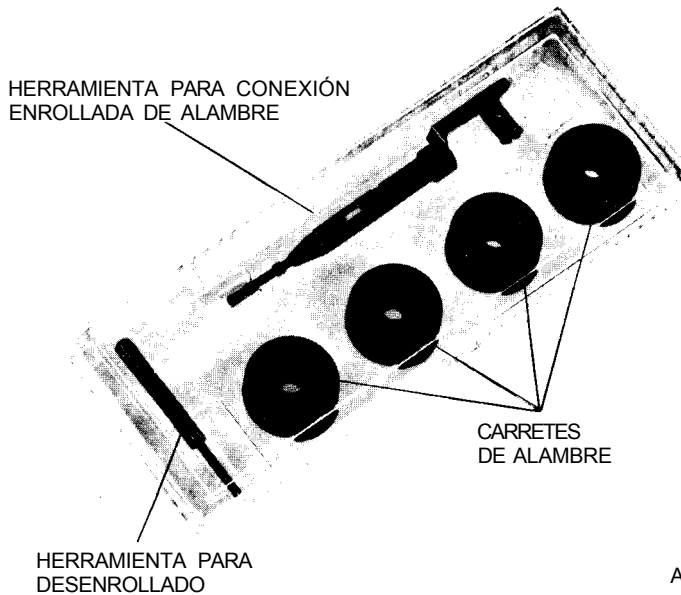


Fig. 26-25. Marcado de alambres: (A) utilización de un mango de abrazaderas para marcar (W. H. Brady Company); (B) otros métodos prácticos de marcar alambre.

Fig. 26-26. (A) Herramientas de conexión enrollada de alambre y desenrollado; (B) empleo de la herramienta para conexión enrollada de alambre (OK Machine and Tool Corporation).



A

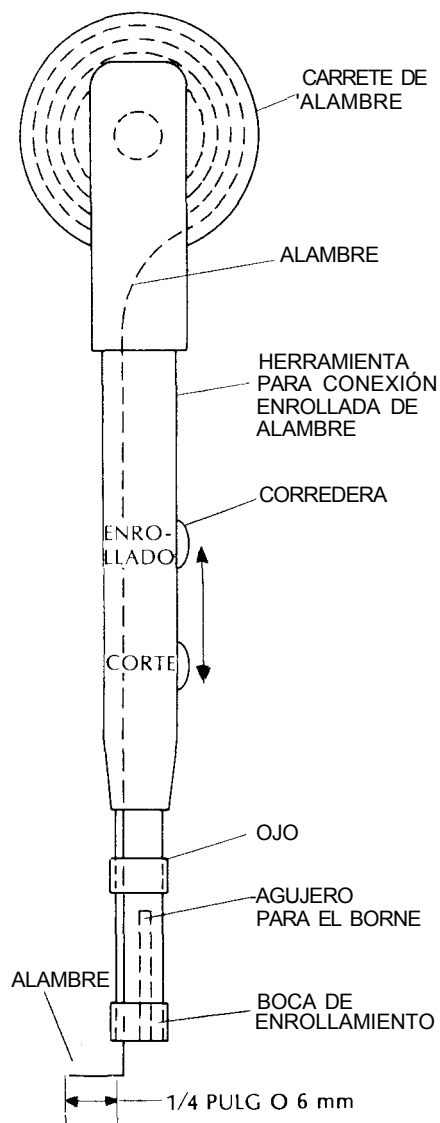


Fig. 26-27. Alambre insertado en la herramienta para conexión enrollada.

**Borne.** Para efectuar una conexión enrollada de alambre, se necesita un borne que tenga por lo menos dos bordes afilados. La mayor parte de los bornes tiene cuatro bordes afilados y los que se emplean en la conexión enrollada de alambre son generalmente cuadrados de 0.025 pulg (0.64 mm) por lado. Casi siempre se utiliza para este tipo de conexión alambre macizo de cobre aislado del no. 26 al no. 32 de la AWG (0.40 a 0.20 mm).

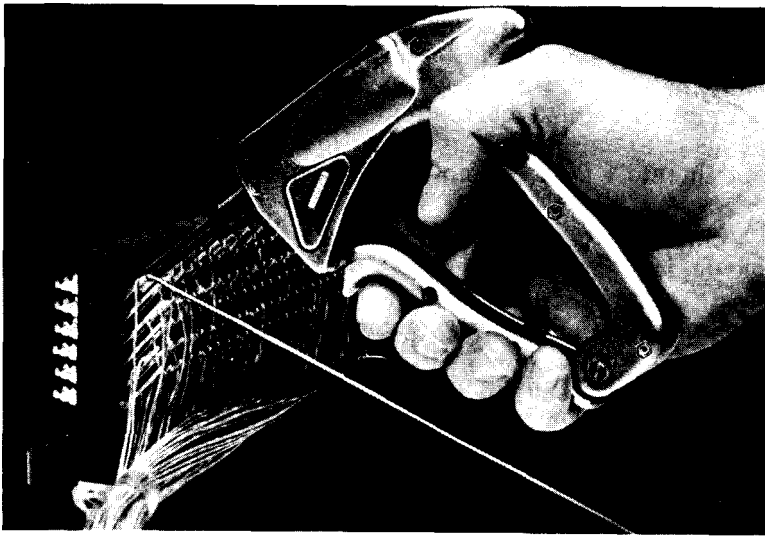
**Herramientas de enrollado y desenrollado.** En la figura 26-26A se muestra un paquete que contiene una herramienta para conexión enrollada de alambre, una para desenrollado y cuatro carretes de alambre. En la figura 26-26B se ilustran cuatro conexiones enrolladas de alambre realizadas en cuatro bornes; cada conexión enrollada se efectúa en forma separada y, en consecuencia, la herramienta se mueve al siguiente borne sin cortar o pelar el alambre.

La herramienta para conexión enrollada de alambre que se muestra en la figura 26-26 utiliza un alambre de cobre macizo con un aislamiento especial que puede ser perforado por las esquinas afiladas de los bornes. Por esto, el alambre de cobre desnudo del no. 26 al no. 32 de la AWG (0.40 a 0.20 mm) se usa en forma común para la conexión enrollada de alambre.

**Empleo de la herramienta para conexión enrollada de alambre.** Cuando emplee una herramienta de este tipo, asegúrese que esté diseñada para enrollar alrededor de los bornes que se estén utilizando. Para enrollar, debe mover la corredera hacia la posición de "enrollado"; después alimentar el alambre a través del agujero central en el cuerpo de la herramienta, del ojo y de la boca de enrollado. Deje que sobresalga aproximadamente 1/4 de pulg (6 mm) de alambre de la boca de enrollado (Fig. 26-27).

Coloque la herramienta sobre el borne y gírela en la dirección del movimiento de las agujas del reloj entre 8 y diez vueltas; mantenga una presión constante pero moderada sobre la herramienta mientras la esté girando. Durante esta acción, el alambre bajará desde el carrete y se enrollará firmemente alrededor de la terminal. Para efectuar una conexión punto a punto, levante la herramienta de la primera terminal y colóquela sobre la siguiente; repita el giro en la dirección del movimiento de las agujas del reloj, de tal modo que efectúe otra conexión. Para cortar el alambre, mueva la corredera hacia la posición de "corte" y gire la herramienta en la dirección del movimiento de las agujas del reloj. De esta manera se cortará el alambre cercano a la terminal.

**Desenrollado.** Para desenrollar una conexión, coloque la herramienta de desenrollado sobre el borne de conexión enrollada de manera que engrane con él y gírela en dirección contraria a las agujas del reloj. Esto causará que el alambre se libere por sí mismo. Así, la conexión se elimina fácilmente.

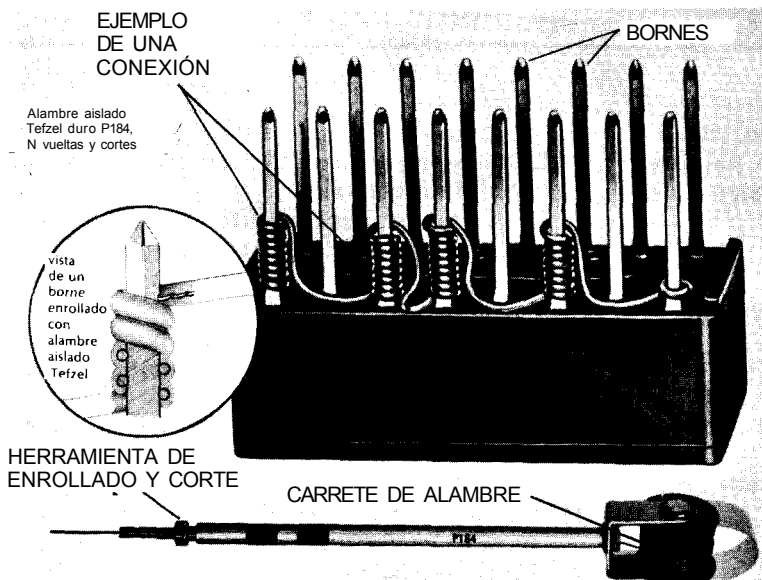


**Fig. 26-28.** Conexión enrollada que emplea una herramienta de acción rápida (OK Machine and Tool Corporation).

Debido a que el enrollado mella o lastima al alambre, éste debe desecharse y para el enrollado utilizarse sólo alambre nuevo.

La conexión enrollada de alambre y el desenrollado facilitan cambiar las conexiones en un circuito. Por tal motivo, estos métodos se emplean con frecuencia en el desarrollo de circuitos prototipo en tabletas para conexiones.

**Tipos de herramientas para conexión enrollada de alambre.** Existe una variedad de herramientas de enrollado y desenrollado. En la figura 26-28 se muestra una herramienta



**Fig. 26-29.** Conexión enrollada de alambre con una herramienta que corta el aislamiento antes de la conexión (Vector Electronic Company, Inc.).

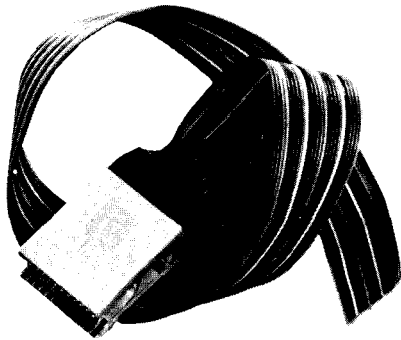


Fig. 26-30. Conector de pruebas para circuitos integrados (CI) con cable prealambrado (Continental Specialties Corporation).

de acción rápida. Otro tipo de herramientas para conexión enrollada de alambre que rasga el aislamiento del alambre justo antes de enrollarlo se muestra en la figura 26-29. Antes de emplear algunas herramientas de enrollado se deben pelar los extremos del alambre. Por lo general, se pela aproximadamente 1 pulg (25 mm) de aislamiento.

**Ventajas de la conexión enrollada.** Éstas son algunas ventajas de la conexión enrollada: 1) una conexión enrollada puede quitarse con la misma facilidad con que fue realizada; 2) el empleo de las herramientas es sencillo y requiere poco entrenamiento; 3) la conexión puede efectuarse en espacios angostos; 4) las conexiones son confiables; 5) es tan durable como la mayor parte de las conexiones; 6) la conexión enrollada es económica.

### CONECTOR DE PRUEBAS PARA CI

Un circuito integrado (CI) puede verificarse convenientemente con un *conector* de pruebas para CI. En la figura 26-30 se muestra un conector de prueba con un cable prealambrado; se sujeta como un gran gancho para colgar ropa en las terminales del circuito integrado. Este conector de prueba hace contacto con 24 terminales; 12 de cada lado de un circuito integrado. El cable, semejante a una cinta, lleva los hilos de conexión lejos del área de trabajo, lo cual es conveniente para probar el circuito integrado o conectarlo a otro dispositivo.

---

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completan correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Las pinzas de corte deben usarse únicamente para \_\_\_\_\_ alambres.
2. Las pinzas de corte lateral también se conocen como pinzas \_\_\_\_\_.
3. El tamaño de las pinzas se da por medio de su \_\_\_\_\_.
4. El \_\_\_\_\_ es una herramienta para quitar el aislamiento de alambres.
5. Las clavijas de conexión se fijan en un cordón por medio de \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
6. El nudo de \_\_\_\_\_ se emplea para evitar que los alambres se desprendan en una clavija de conexión.
7. El conector para audífonos \_\_\_\_\_ permite que se complete un circuito mediante los contactos del conector cuando no se inserta en éste una clavija.
8. Un conector \_\_\_\_\_ es un dispositivo que se emplea para realizar conexiones sin soldadura.
9. Una herramienta para terminales o engarzadura se emplea para fijar las \_\_\_\_\_ en los extremos de los alambres.
10. Las cintas plásticas para amarre se utilizan para asegurar un \_\_\_\_\_ de amarres y cables.

11. Los circuitos \_\_\_\_\_ se fabrican con componentes separados conectados por medio de hilos de conexión.
12. Un \_\_\_\_\_ es empleado por los técnicos e ingenieros en electrónica para diseñar, construir y probar circuitos o prototipos rápidamente.
13. La cinta aislante elaborada con tela negra revestida se llama \_\_\_\_\_.
14. La tubería aislante plástica se conoce como \_\_\_\_\_.
15. Los alambres y cordones que atraviesan agujeros en metal se protegen con \_\_\_\_\_.
16. Los barnices aislantes se secan con \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
17. Los circuitos integrados pueden revisarse convenientemente con un \_\_\_\_\_.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Mencione tres tipos comunes de pinzas. Describa para qué se utilizan.
2. ¿Cómo se determina el tamaño de las pinzas?
3. ¿Cuáles son las normas que debe seguir cuando emplea un pelador de alambre?
4. Describa cómo se quita el aislamiento de los alambres con las quijadas de corte de pinzas ordinarias.
5. ¿Cómo se emplean las clavijas de conexión? Describa cómo se amarran los alambres en las terminales de tornillo de una clavija.
6. ¿Por qué se emplea un nudo de Underwriters en las clavijas de conexión?

7. Mencione tres tipos comunes de clavijas y conectores. Explique cómo se utilizan.
8. Explique la diferencia entre los conectores para audífonos de circuito abierto y de circuito cerrado.
9. ¿Cuál es el propósito de un conector de micrófono?
10. ¿Qué es un conector de alambre? ¿Cómo se emplea?
11. ¿Cómo se emplean los puentes de conexión y las lengüetas?
12. Mencione tres elementos comunes de sujeción y amarre.
13. Enumere las ventajas de desarrollar circuitos prototipo en tabletas para conexiones.
14. ¿Cómo se atan los alambres y cables?
15. ¿Cómo se emplean los tableros de circuito preperforados?
16. Describa dónde y cómo se utiliza la tubería aislante (tubo).
17. ¿Qué es una arandela aislante? ¿Por qué se utiliza?
18. Describa los actuales tipos de herramientas para conexión enrollada de alambre y desenrollado.

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Dé una demostración con varios tipos de herramientas y dispositivos de alambrado. Mencione cómo se emplea cada uno.
2. Escriba un informe acerca de cómo se emplea la conexión enrollada de alambre y el desenrollado en la industria electrónica actual.

## Unidad 27 Soldadura

---

La soldadura es el proceso de unir metales con otro metal; su punto de fusión es bajo. Dicho metal recibe el nombre de soldadura. En electricidad y electrónica, los metales que se unen son generalmente alambres de cobre, lengüetas, puntos terminales y similares. El propósito principal de la soldadura eléctrica, denominada soldado blando, es establecer un buen contacto eléctrico entre las superficies soldadas.

## SOLDADURA Y FUNDENTE

La soldadura empleada en electricidad y electrónica por lo general tiene la forma de un alambre. Este alambre de soldadura tiene uno o más núcleos de resinas fundentes (Fig. 27-1). Cuando la soldadura se funde, el fundente fluye sobre las superficies por soldar y actúa como un limpiador que elimina las capas de óxido de la superficie. Estos óxidos se producen cuando el oxígeno y el aire se combinan químicamente con el metal; deben retirarse puesto que la soldadura no se adhiere en superficies cubiertas por ellos.

Un fundente ácido nunca debe usarse cuando se sueldan alambres de cobre. El ácido produce corrosión en el cobre, la cual da como resultado una débil unión soldada y una alta resistencia entre los alambres conectados.

Composición y punto de fusión de la soldadura. La soldadura blanda es una aleación de estaño y plomo; en general existe en composiciones del 40% de estaño y 60% de plomo, 50% de estaño y 50% de plomo o 60% de estaño y 40% de plomo. La segunda de las tres tiene el punto de fusión más bajo, el cual varía entre 360 y 370°F (182 a 188°C). Una soldadura con bajo punto de fusión permite soldar con menos calor. De esta manera se reduce el peligro de dañar los componentes o el aislamiento, condición muy importante cuando se sueldan conexiones de componentes semiconductores.

Soldadura eutéctica. La soldadura eutéctica está compuesta en un 63% por estaño y en un 37% por plomo; de todas las combinaciones de estaño y plomo es la que tiene el menor punto de fusión, 360°F (182°C).

Medida. Además de la composición, las soldaduras se especifican por el diámetro o por un calibre de la AWG. Las soldaduras más usuales tienen diámetros de 1/16 de pulg o 3/32 de pulg (1.59 o 2.38 mm).

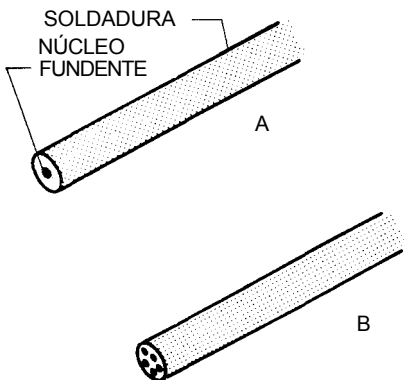
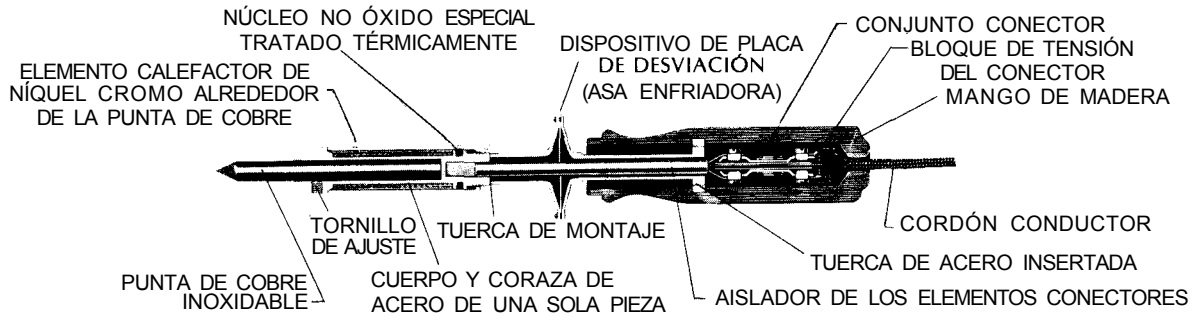


Fig. 27-1. Soldadura de núcleos: (A) un solo núcleo; (B) multinúcleo.

## CAUTINES

El cautín es una herramienta que se utiliza para fundir la soldadura. En un cautín eléctrico se genera calor debido al paso de una corriente a través de un elemento calefactor, que en general consiste en una bobina devanada con un alambre de alta resistencia (Fig. 27-2). La cantidad de calor que se genera es proporcional a la potencia nominal del elemento calefactor. Para el trabajo eléctrico y electrónico, la potencia nominal de los cautines varía de 25 a 100 watts. Los cautines de gran capacidad que se emplean para soldar alambres de muy alto calibre o para soldar alambres en objetos grandes pueden tener un wattaje nominal de 250 watts o mayor. Una regla



general es seleccionar un cautín que no produzca más calor del necesario para el trabajo.

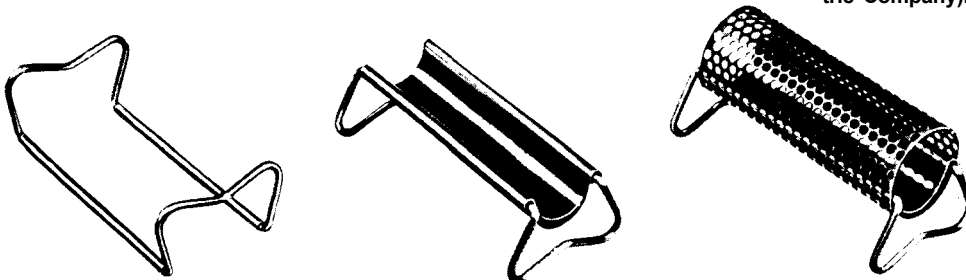
Fig. 27-2. Características de la estructura de un cautín eléctrico típico (American Electrical Heater Company).

**Soportes para cautines.** Siempre se debe mantener el cautín caliente en un portaherramientas o soporte mientras no se esté utilizando (Fig. 27-3). Esto evita que las superficies de trabajo se carbonicen o quemen por haber colocado el cautín en forma inconveniente. Los soportes encerrados en una protección metálica perforada ofrecen la mejor defensa contra las quemaduras de piel o ropa. Un cautín puede provocar un incendio si se maneja en forma inadecuada. Por tal motivo, se debe ser muy cuidadoso cuando se emplee cualquier cautín.

**Puntas.** Las puntas de los cautines son de diferentes formas y por lo general se fabrican de cobre (Fig. 27-4). Sin embargo, algunas son niqueladas o blindadas para reducir la corrosión. La mayor parte de los cautines tienen puntas reemplazables que se atornillan en la boquilla cilíndrica o se sujetan con un tornillo de ajuste.

Después de cierto tiempo, la punta de un cautín se cubrirá de una capa delgada de óxido. Esto reduce la cantidad de calor que se transfiere del cautín a la punta. El óxido provocará también que la punta se pegue en el cautín. Para evitar que lo anterior suceda, una punta debe quitarse del cautín después que se ha usado durante un tiempo y limpiarse con lija antes de volver a utilizarse. Cuando coloque una punta en un cautín, asegúrese de haberla introducido completamente en la boquilla del mismo.

Fig. 27-3. Portacautines (Hexacon Electric Company).





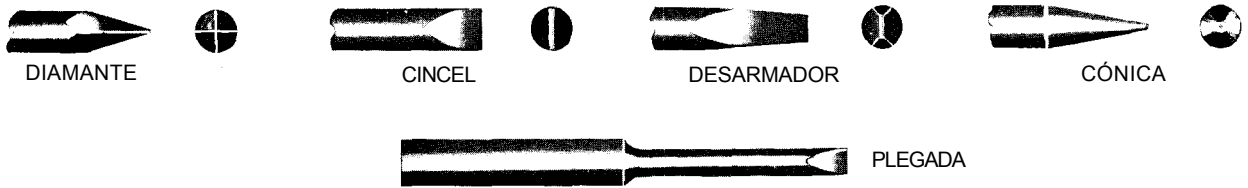


Fig. 27-4. Puntas de caudines (American Electrical Heater Company).

Estañado y limpieza. La punta de una pistola de soldar debe estañarse antes de utilizarse; esto incluye fundir una delgada capa de soldadura sobre su superficie [Fig. 27-5A]. De esta manera, se logra conducir más calor de la punta hacia la superficie que se está soldando. Después de estañar la punta, debe eliminarse toda soldadura remanente sobre ella frotándola con cuidado sobre una esponja húmeda suave (Fig. 27-5B).

Las caras o superficies planas de la punta después de haberse utilizado por algún tiempo se cubren con el residuo quemado del fundente de la soldadura. Este cubrimiento reduce la cantidad de calor entregada a la superficie que se está soldando. Cuando utilice un caudín, conserve siempre la punta limpia y brillante frotándola sobre una esponja húmeda, procedimiento necesario para un buen trabajo de soldadura. Una punta galvanizada nunca debe limpiarse con una lima o cepillo de alambre, debido a que puede dañarse su recubrimiento protector.

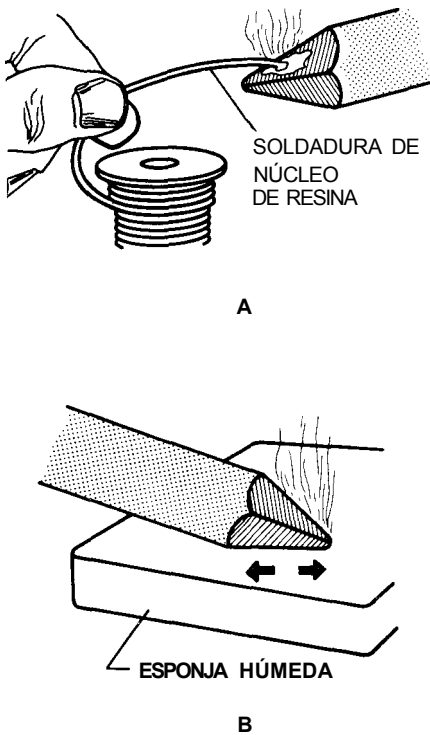


Fig. 27-5. Preparación de la punta del caudín para su empleo: (A) estañado; (B) eliminación del exceso de soldadura.

## PISTOLAS PARA SOLDAR

Una pistola para *soldar* es una herramienta fundidora de soldadura que cuenta con un transformador reductor. Este aplica un bajo voltaje a través de la punta. La corriente que atraviesa la punta produce suficiente calor para fundir la soldadura (Fig. 27-6). La pistola se controla con un interruptor de disparo de encendido y apagado. El interruptor tiene a menudo dos posiciones de disparo, que permiten dos niveles de calor de operación. Los wattajes nominales para los dos niveles podrían ser, por ejemplo, 100 y 140. Después de colocar el interruptor en la primera posición de disparo, la punta en pocos segundos se calienta a la temperatura para la soldadura. Para soldar, ponga la punta en el metal y alimente un poco de soldadura en la misma para liberar el fundente. Después aplique soldadura en el punto de trabajo hasta que fluya libremente. Retire inmediatamente la pistola y suelte el disparador. La segunda posición de disparo genera más calor para trabajos más pesados. La mayor parte de las pistolas de soldar tienen una o más lámparas que se encienden cuando se oprime el disparador. Las lámparas iluminan las superficies que se están soldando e indican que la pistola está en operación.

Las pistolas de soldar cuentan con puntas reemplazables que presentan diversas formas. Éstas se estañan y limpian de la misma manera que las utilizadas con los cautines.

Una pistola para soldar con una punta abierta, como la que se muestra en la figura 27-6, nunca debe emplearse **para soldar** dispositivos semiconductores, como transistores y circuitos integrados, debido a que un intenso campo **magnético** rodea la punta. Dicho campo puede desordenar seriamente la disposición atómica dentro de los dispositivos, dañándolos o arruinándolos.

## PREPARACIÓN DE ALAMBRES PARA LA SOLDADURA

En casi todos los trabajos de soldadura, deberá quitarse alrededor de 1/2 pulg (13 mm) de aislamiento del alambre. Los alambres a los cuales se les ha quitado el aislamiento por lo general están suficientemente limpios para la soldadura. Sin embargo, alambres desnudos, como los de los hilos de conexión de capacitores y resistores, pueden recubrirse con aceite, impurezas o una capa de óxido. Dichos alambres deben limpiarse con un borrador de tinta, lija fina o la hoja de una navaja (Fig. 27-7). Al limpiar cualquier alambre, debe tener cuidado de no mellarlo o quitar demasiado cobre.

Después de quitar el aislamiento de un alambre trenzado, todas las trenzas deben torcerse para formar un manojo sólido. Esto evitará que una trenza suelta entre en contacto con otros alambres y cause un corto circuito.

Algunos alambres para electroimán se revisten con un aislamiento que puede quemarse cuando se sueldan. En este caso siempre debe quitarse el aislamiento con una lija fina, una navaja o un solvente químico.

**Estañado.** Los alambres de cobre desnudos siempre deben estañarse antes de la soldadura. De este modo el soldado es más rápido, efectivo y requiere menos calor. Los alambres preestañados pueden soldarse con frecuencia más rápidamente si se reestañan antes de realizar el proceso.

Un alambre puede estañarse en forma rápida usando un portacautín como se muestra en la figura 27-8. Para ello, primero funda un poco de soldadura sobre la punta del cautín; ponga el alambre en contacto con la soldadura y funda una pequeña cantidad de soldadura adicional en la punta, girando el alambre hasta que toda su superficie quede cubierta con una delgada capa.

La mayor parte de las terminales y lengüetas en las cuales se sueldan alambres son preestañadas y no requieren más estañado. Cualquier superficie desnuda sobre la cual se realizará una conexión soldada debe estañarse de antemano.

**Cable coaxial.** En la figura 27-9 se muestra cómo preparar para la soldadura un cable coaxial blindado cuando la malla

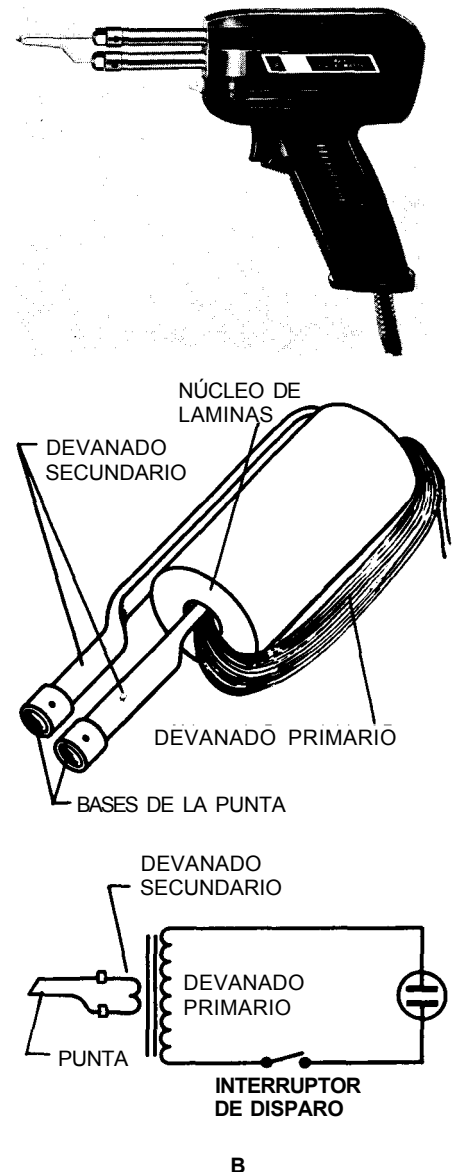


Fig. 27-6. (A) pistola típica para soldar; (B) detalles de la estructura y diagrama esquemático de una pistola para soldar común (Cortesía de Weller Electric Corporation).



Fig. 27-7. Limpieza de un alambre con una lija.

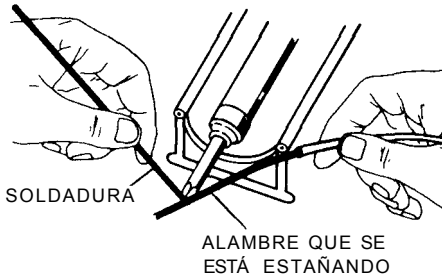


Fig. 27-8. Empleo de un portacautín al estañar un alambre.

Fig. 27-9. Preparación para la soldadura de un cable coaxial blindado.

de blindaje debe conectarse en un circuito. Al trabajar con un cable coaxial tenga cuidado de no dañar el aislamiento entre el blindaje y el conductor interior. Esto es de particular importancia cuando se suelda con hilo de conexión en el blindaje. Si se aplica demasiado calor a tal unión, el aislamiento puede fundirse lo suficiente para provocar un corto circuito entre ésta y el conductor interior.

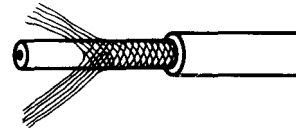
## SOLDADURA DE ALAMBRES EN LENGÜETAS

Un alambre que se soldará en una lengüeta primero debe fijarse mecánicamente a ella para mantenerse en el lugar adecuado (Fig. 27-10A). Si el alambre es el hilo de conexión de un dispositivo semiconductor, como un diodo o un transistor, únale un sumidero o disipador de calor (Fig. 27-10B).

A continuación funda un poco de soldadura en la punta del cautín o pistola. Apoye la punta en un lado de la unión (Fig. 27-10C). La soldadura fundida permitirá que se conduzca más calor de la punta hacia la unión. Caliente esta última brevemente y después apoye un pedazo de alambre de soldadura en el otro lado de la lengüeta hasta que se funda una pe-



1. QUITE APROXIMADAMENTE 1 1/2 PULG DE FORRO EXTERIOR.

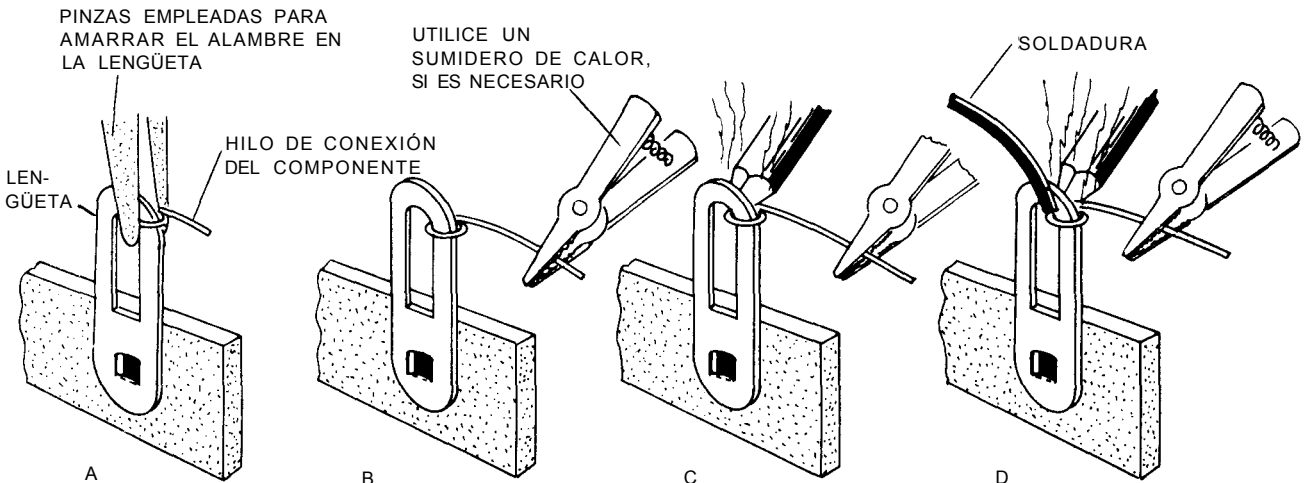


2. DESPEJE LA MALLA DEL BLINDAJE CON UN PUNZÓN PARA TRAZAR U OTRA HERRAMIENTA PUNTIAGUDA.



3. TUERZA TODA LA MALLA DESTEJIDA Y QUITA UN PEDAZO DEL AISLAMIENTO QUE CUBRE AL CONDUCTOR.

Fig. 27-10. Soldadura de un alambre en una lengüeta.

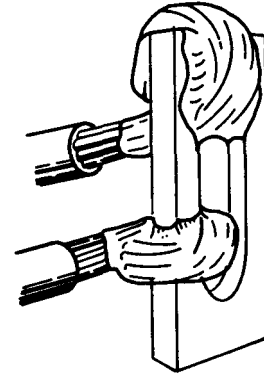
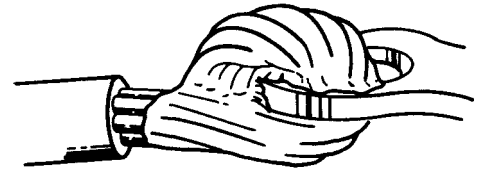


queña cantidad (Fig. 27-10D). Deje fluir esta soldadura por toda la unión. Mantenga la punta en el lugar un tiempo largo y posteriormente sepárela de la unión. Una vez enfriada ésta, quite el sumidero de calor.

Emplee sólo la soldadura suficiente para cubrir todas las superficies de la unión sin encubrir la forma de la misma (Fig. 27-11). Esto le permitirá inspeccionarla y evitará además que un exceso de soldadura provoque un corto circuito con los alambres o terminales cercanos.

No mueva ni toque un alambre recién soldado hasta que la soldadura haya enfriado lo suficiente. Si mueve una conexión caliente, la soldadura repentinamente se tornará menos brillante. Una unión soldada de color opaco indica que no se empleó suficiente calor. Tal unión, denominada comúnmente unión soldada fría, no brinda un buen contacto eléctrico.

Maneje siempre con cuidado un cautín o pistola para no quemar el aislamiento o dañar los componentes. El aislamiento quemado o carbonizado presenta un mal aspecto y además puede producir un corto circuito o una conexión a tierra.

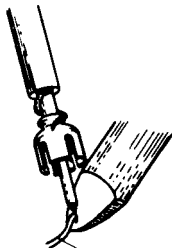


## SOLDADURA DE ALAMBRE EN TERMINALES HUECAS

La soldadura de alambre en una terminal hueca, como una clavija fonográfica, se muestra en la figura 27-12. Para soldar, primero funda una pequeña cantidad de soldadura en la punta del cautín o pistola. Mantenga la punta de la clavija en el lugar apropiado hasta que la soldadura se haya extendido sobre ella. Posteriormente añada más soldadura si es necesario. Debe cortarse o limarse cualquier exceso de soldadura o alambre que se extienda más allá de la punta de la clavija. Esto evita que la clavija se pegue cuando se inserte en un conector.

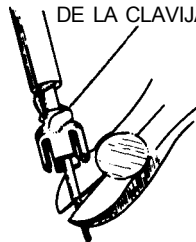
Fig. 27-11. Uniones soldadas que muestran la cantidad correcta de soldadura que debe emplearse.

MANTÉNGALO  
VERTICALMENTE



SOLDADURA

BLINDAJE SOLDADO  
EN EL CUERPO  
DE LA CLAVIJA

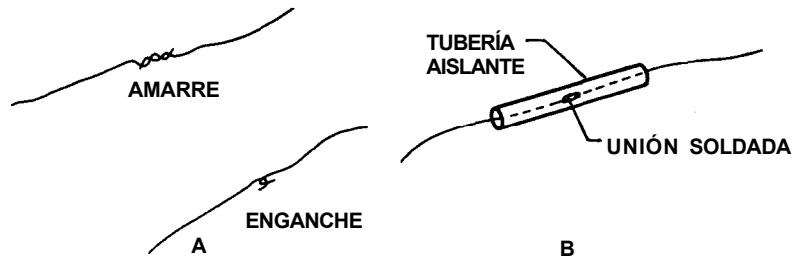


QUITE EL  
EXCESO DE ALAMBRE  
Y SOLDADURA

APLIQUE SOLDADURA EN EL EXTREMO  
CALENTADO DE LA PUNTA DE LA  
CLAVIJA. LA SOLDADURA FLUIRÁ HACIA  
ARRIBA DEL EXTREMO POR ACCIÓN CAPILAR

Fig. 27-12. Soldadura de un alambre en un dispositivo con terminal hueca, como una clavija fonocaptora.

**Fig. 27-13.** Soldadura de dos alambres entre sí: (A) los alambres se amarran o enganchan firmemente para proporcionar resistencia mecánica antes de la soldadura; (B) la unión soldada cubierta con una tubería aislante.



## SOLDADURA ENTRE ALAMBRES

Los alambres se sueldan por lo general en puntos terminales, como lengüetas. Sin embargo, algunas veces es necesario o deseable soldar dos alambres entre sí sin lengüeta. Los alambres primero se amarran o enganchan firmemente entre sí (Fig. 27-13A) para soldarse después.

La unión soldada debe ser lo más corta posible y cubierta con un portacables u otro aislamiento (Fig. 27-13B). El portacables establece un aislamiento eléctrico de la unión y produce un trabajo mejor presentado.

---

### APRENDIZAJE PRÁCTICO

27. Prácticas con la soldadura. La soldadura se efectúa para asegurar buenas conexiones eléctricas. Los siguientes trabajos de soldadura le darán experiencia en esta importante actividad de alambrado.

#### MATERIALES NECESARIOS

- 1 puente de conexiones de tres o cuatro lengüetas
- 1 clavija fonocaptora
- 6 pulg (150 mm) de alambre aislado sin estaño, de cualquier calibre comprendido entre el no. 18 y el no. 22 de la AWG (entre 1.00 y 0.63 mm)
- 18 pulg (460 mm) de alambre aislado estañado y sin estaño, de cualquier calibre entre el no. 18 y el no. 22 de la AWG (entre 1.00 y 0.63 mm)
- 6 pulg (150 mm) de cable para micrófono
- cautín, 40 o 60 watts
- alambre de soldadura, núcleo de resina

#### Procedimiento

Efectúe uno o más de los siguientes trabajos de soldadura.

1. Estañar un alambre (Fig. 27-8).
2. Soldar dos alambres entre sí (Fig. 27-13).

3. Soldar alambres en las lengüetas de un puente de conexiones (Fig. 27-10).
4. Soldar un cable para micrófono en una clavija fonográfica (Fig. 27-12).

Después de terminar estos trabajos muéstrelos a su instructor para que los apruebe. El puente de conexiones puede montarse convenientemente en una tableta para conexiones.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El fundente de la soldadura se emplea como un limpiador para eliminar cualquier cubierta\_\_\_\_\_de la superficie que se soldará.
2. Nunca emplee un fundente\_\_\_\_\_cuando suelde alambres de cobre.
3. La soldadura blanda generalmente es una aleación de\_\_\_\_\_y\_\_\_\_\_.
4. El punto de fusión de la soldadura 60/40 varía aproximadamente entre\_\_\_\_\_y\_\_\_\_\_°F.
5. Los alambres de soldadura más comunes tienen diámetros de\_\_\_\_\_o\_\_\_\_\_pulg.
6. La capacidad eléctrica de un cautín o una pistola se determina por medio de su\_\_\_\_\_nominal.
7. Al realizar un trabajo de soldadura, siempre es conveniente emplear un cautín o pistola que no produzca más\_\_\_\_\_del necesario.
8. La punta de un cautín o pistola se estaña recubriendo su superficie con\_\_\_\_\_.
9. Los alambres de cobre desnudos deben siempre\_\_\_\_\_antes de soldarse.
10. Un alambre que se soldará en una lengüeta primero se fija\_\_\_\_\_a ella para mantenerlo en el lugar apropiado.
11. Una unión soldada sobre la cual no se aplicó suficiente calor se denomina unión soldada\_\_\_\_\_.
12. Siempre se debe manejar un cautín o pistola con cuidado para no quemar el\_\_\_\_\_o\_\_\_\_\_los componentes.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina el proceso de soldadura.
2. Describa el alambre de soldadura que se emplea en los trabajos de soldadura eléctricos y electrónicos comunes.
3. ¿Cuál es el propósito del fundente?
4. ¿Por qué nunca se usa un fundente ácido cuando se sueldan alambres de cobre?
5. ¿Cómo se especifica la capacidad eléctrica de un cautín?
6. ¿Cuál es el propósito de un portacautín?
7. ¿Por qué es importante conservar bien estañada la punta de un cautín?
8. ¿Cómo se limpia la punta de un cautín?
9. ¿Por qué se estaña un alambre antes de la soldadura?
10. Describa el procedimiento para soldar un alambre en una lengüeta.
11. ¿Qué se entiende por una unión soldada fría?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral acerca de los tipos de materiales y procesos de soldadura que se emplean en el alambrado.
2. Dé una demostración sobre la forma correcta de soldar varios tipos comunes de trabajos.

# Unidad 28 Construcción de un chasis metálico

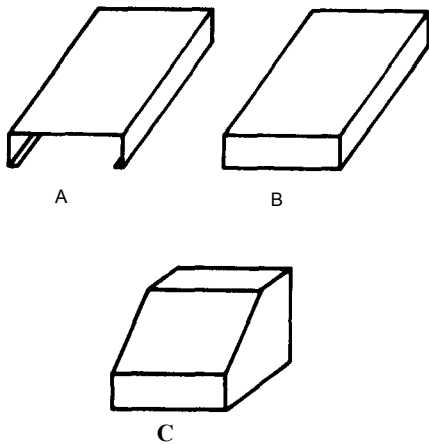


Fig. 28-1. Tipos de chasis: (A) extremo abierto; (B) caja; (C) tablero con inclinación.

Una hoja metálica se emplea en la construcción de un chasis para montar y delimitar un grupo de componentes (Fig. 28-1). Esta unidad es muy útil para realizar un proyecto que requiera montar componentes en un chasis de hoja metálica. El diseño y construcción de esta tarea ofrecen una experiencia interesante y provechosa. Además, se conocerá cómo emplear varias herramientas y dispositivos.

Las láminas u hojas metálicas que se emplean con mayor frecuencia en la construcción de un chasis o bastidor son de aluminio y acero galvanizado. Una hoja metálica galvanizada se forma con acero dulce y un recubrimiento de zinc.

El espesor de hojas metálicas ferrosas como las de hierro y acero se especifica por medio de un número de calibre de la United States Standard (USS). Un metal *ferroso* es el que se elabora con hierro o que contiene hierro. El espesor de hojas metálicas no ferrosas como el cobre y el aluminio suele determinarse mediante un calibre de la American Wire Gage (AWG). En ambos casos, conforme aumenta el número de calibre, disminuye el espesor del metal. Por ejemplo, una hoja metálica del no. 10 (0.135 pulg o 3.43 mm) tiene un espesor mayor que una del no. 12 (0.105 pulg o 2.69 mm). Las hojas metálicas que se utilizan más en la fabricación de un chasis tienen calibres comprendidos entre el no. 14 y el no. 20 (entre 0.080 pulg o 2.03 mm y 0.035 pulg o 0.89 mm).

## DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DEL CHASÍS

Un diagrama de distribución del chasis o bastidor muestra el tamaño de la hoja metálica que se empleará, la ubicación y forma de las horadaciones que se perforarán o taladrarán y los lugares donde se doblará el metal (Fig. 28-2). El diagrama casi siempre se dibuja a escala; de esta manera, sus características principales pueden compararse entre sí mediante una relación apropiada.

El diagrama debe dibujarse con esmero. Se deben considerar todos los componentes del circuito que se usarán con el chasis. Un buen inicio al realizar el diagrama de distribución consiste en arreglar los componentes en un modelo o patrón adecuado sobre una hoja de papel blanca. Esta hoja representa al chasis (Fig. 28-3). El diseño de un chasis representa una buena experiencia para resolver problemas de diseño que pueden tener varias soluciones.

## UBICACIÓN DE COMPONENTES

No existen reglas para colocar los componentes de un circuito sobre un chasis. Sin embargo, se debe tomar en cuenta lo siguiente para determinar su ubicación.

1. Los transformadores, transistores y capacitores electro-líticos con forma cilíndrica se montan por lo general en la superficie superior del chasis; estos últimos en forma vertical.
2. Los interruptores, conectores de entrada y salida y las tomas de corriente se montan a menudo en la parte anterior o posterior del chasis.
3. Los ejes de potenciómetros y capacitores variables se colocan en la parte superior y al frente del chasis.
4. Los componentes relacionados deben colocarse dentro de la misma área general (por ejemplo, un transformador rectificador debe montarse cerca del interruptor de encendido y apagado, y del filtro capacitor electrolítico del circuito rectificador).
5. Todos los componentes deben colocarse de manera que las distancias de conexión sean las más cortas y que el cruzamiento de alambres sea el menor posible.
6. El chasis debe proporcionar espacio suficiente para el montaje de dispositivos de alambrado, como los puentes de conexiones o regleta de conexiones y arandelas aislantes.
7. Debe existir espacio suficiente para perforar los agujeros correspondientes a los alambres que interconectarán a los componentes entre la parte superior y por debajo del chasis.
8. El chasis debe contar con la altura necesaria para que los componentes montados por debajo no sobrepasen la altura interior.

pulg.	mm.
$\frac{1}{4}$	6
$\frac{5}{16}$	8
$\frac{3}{8}$	10
$\frac{1}{2}$	13
$\frac{3}{4}$	19
$\frac{7}{8}$	22
$1\frac{1}{8}$	28
$1\frac{1}{2}$	38
$1\frac{3}{4}$	44
$2\frac{3}{4}$	70

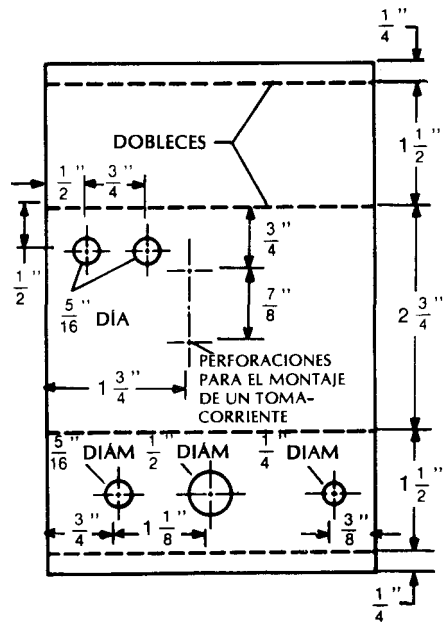
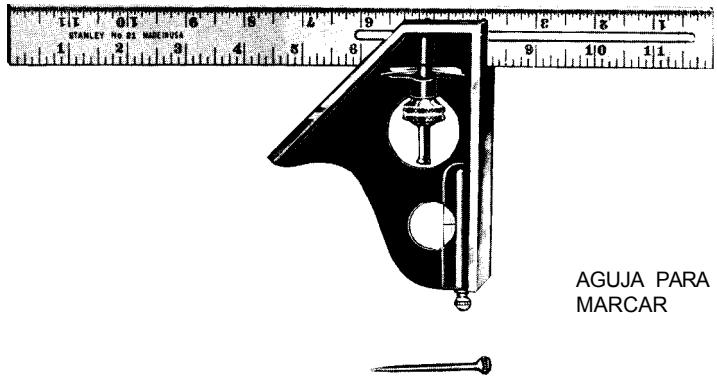


Fig. 28-2. Diagrama de distribución de un chasis. Las medidas métricas se dan arriba.



Fig. 28-3. Un estudiante diseña el orden de los componentes en una hoja de papel, antes de realizar un diagrama de distribución para un chasis de lámina.





AGUJA PARA  
MARCAR

Fig. 28-4. Combinación de una escuadra y una aguja para marcar.

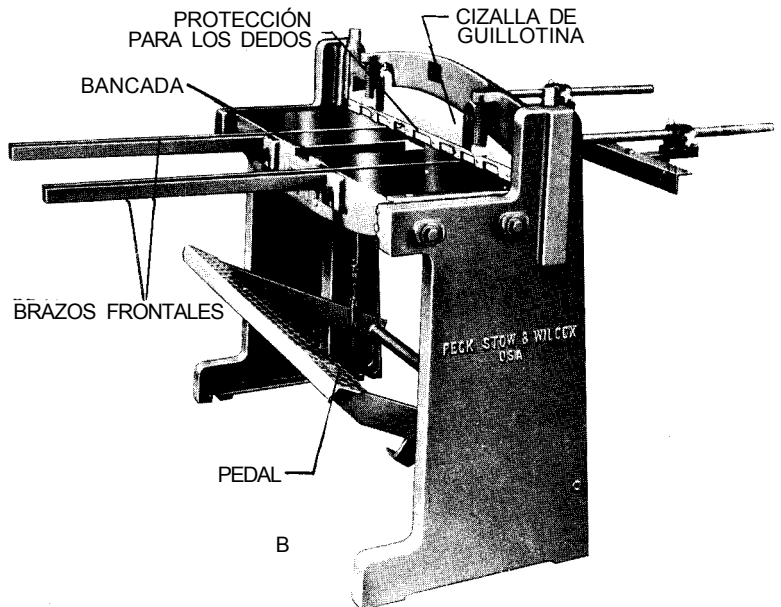
## CORTE DE LA HOJA METÁLICA VIRGEN

Después de preparar el diagrama de distribución del chasis, se debe seleccionar la hoja o plancha delgada metálica. El metal debe tener el espesor necesario para soportar los componentes sin sufrir deformaciones. Probablemente se tenga que cortar la hoja para el chasis de una hoja grande de metal después de dibujar sobre ella el diagrama de distribución. Un lápiz de punta suave o una aguja para marcar o gramil y una escuadra pueden emplearse para trazar la distribución (Fig. 28-4).

Fig. 28-5. Corte de una hoja metálica: (A) tijeras para lámina; (B) cizalla de corte a escuadra (Fotografía de la cizalla, cortesía de The Peck, Stow, and Wilcox Company).



LÍNEA DE CORTE  
TRAZADA



mejor definidos. Sin embargo, cuando se utiliza, se tiene que cortar totalmente toda la hoja, lo cual puede ocasionar que se desperdicie demasiada lámina.

## DISPOSICIÓN DE LA HOJA METÁLICA VIRGEN

Una vez cortada la lámina virgen, transfiera a ella la información del diagrama de distribución. Dicha información por lo regular incluye la ubicación de las líneas para los dobleces y las de corte para ranuras, el contorno de orificios cuadrados o rectangulares y los centros de los agujeros. La transferencia puede realizarse con un lápiz de punta suave o una aguja para marcar o un gramil. Los centros de los agujeros pueden marcarse con un punzón; después tales marcas deben agrandarse con un punzón de mayor diámetro (Fig. 28-6). Al usar esta herramienta, debe aplicarse presión suficiente para producir una hendidura fina en la superficie del metal sin causarle una protuberancia del otro lado.

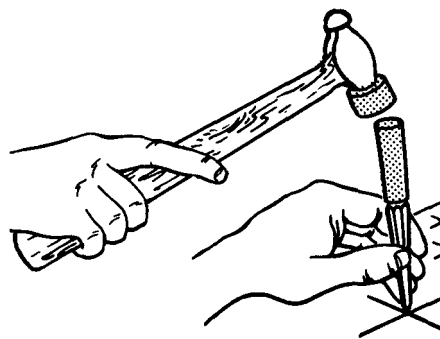


FIG. 28-6. Marcado del centro de una perforación en una lámina.

## PERFORACIONES

Agujeros de hasta 1/2 pulg (12.7 mm) de diámetro sobre una lámina se hacen con brocas para metal (Fig. 28-7) usando un taladro eléctrico portátil o una prensa taladradora (Fig. 28-8).

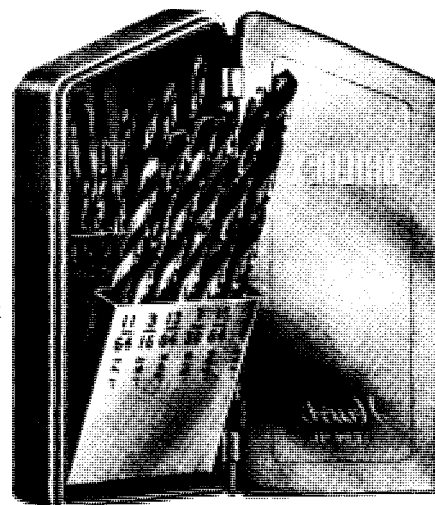


Fig. 28-7. Conjunto de brocas para metal.

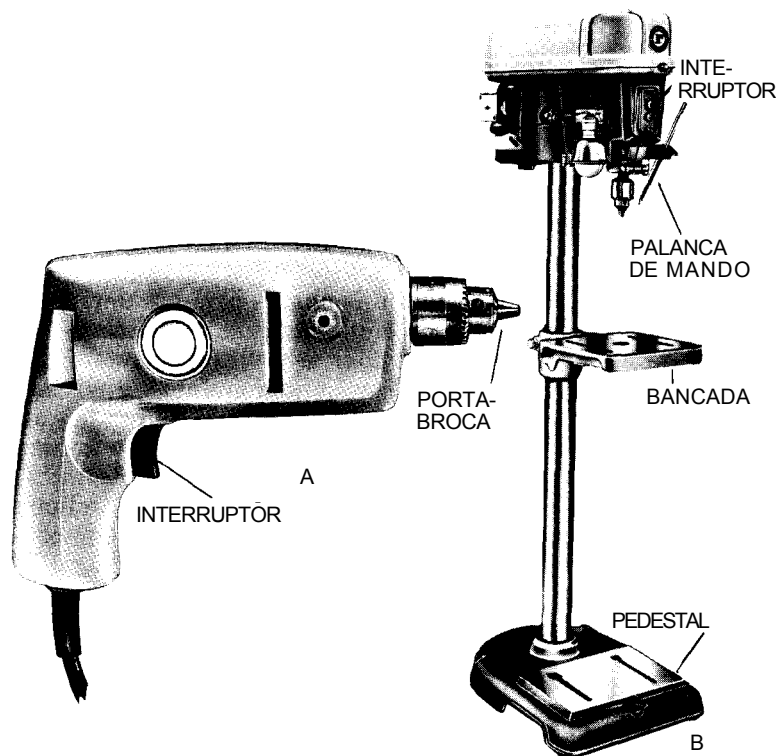


Fig. 28-8. (A) Taladro eléctrico portátil; (B) prensa taladradora (Rockwell Manufacturing Company).

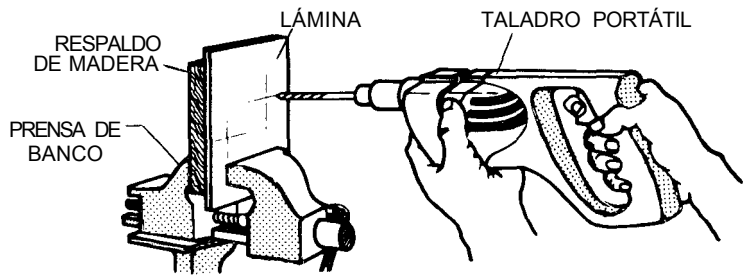


Fig. 28-9. Empleo de un respaldo de madera cuando se perfora una lámina con un taladro eléctrico portátil.

Las máquinas deben operar con velocidades medias y con la presión suficiente para que la broca perforé el metal. El diámetro de la broca se muestra por medio de una fracción, un número entero o una letra marcados en su cuerpo.



**PRECAUCIÓN:** Perte siempre anteojos de seguridad mientras perfora agujeros en una lámina. Nunca trate de perforar un agujero a menos que el metal esté sujeto firmemente.

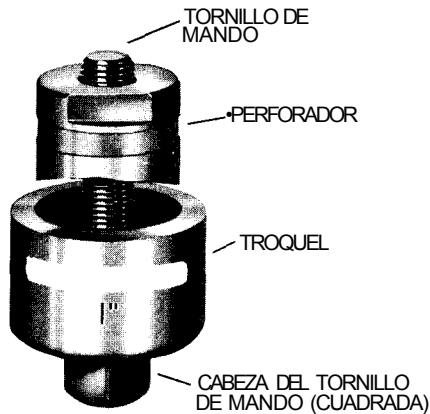


Fig. 28-10. Perforador de chasis para efectuar agujeros de una pulgada (25 mm) de diámetro.

## PERFORADOR DE CHASÍS

El perforador de chasis es una herramienta que corta en forma bien definida y precisa agujeros en una lámina (Fig. 28-10). Los perforadores de chasis para orificios redondos se encuentran en tamaños que van de 1/2 a 3 1/8 de pulg (12.7 a 79.4 mm) de diámetro; también existen cuadrados y de otras formas.

Para emplear un perforador de chasis, primero perforé con una herramienta de diámetro un poco más grande que el del tornillo de mando del perforador, a través del metal. En seguida monte la herramienta con la hoja metálica intercalada entre el troquel y el perforador. El tornillo de mando atraviesa el troquel y se enrosca en el perforador. Gire la tuerca del tornillo de mando con una llave de tuercas. Esto obliga que los bordes de corte del perforador atraviesen la lámina hasta llegar al troquel. En esta forma se corta un agujero del mismo tamaño y forma que los del perforador.

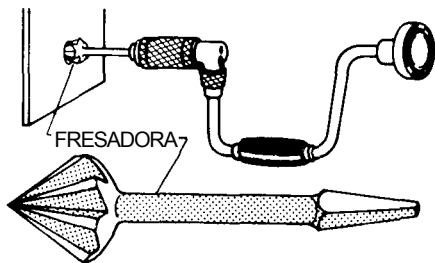


Fig. 28-11. Broca de avellanar empleada como una fresadora.

## LIMAS Y FRESADORAS

Los bordes rugosos de una hoja metálica pueden alisarse con una lima plana. Una lima entrefina o de segundo corte de 10 o 12 pulg (254 o 305 mm) es la más adecuada.

Las limas metálicas redondas, a menudo llamadas limas de cola de rata, son muy útiles para eliminar las rebabas de los bordes de los agujeros y para agrandarlos.

Las rebabas también pueden eliminarse con una broca de avellanar, empleada con un berbiquí (Fig. 28-11). Otro tipo de fresadora, la fresadora *cónica*, es muy útil para agrandar agujeros en láminas. Al usar esta herramienta, emplee justamente la presión necesaria para permitir que sus bordes de corte eliminen virutas delgadas de metal de los bordes de la horadación.

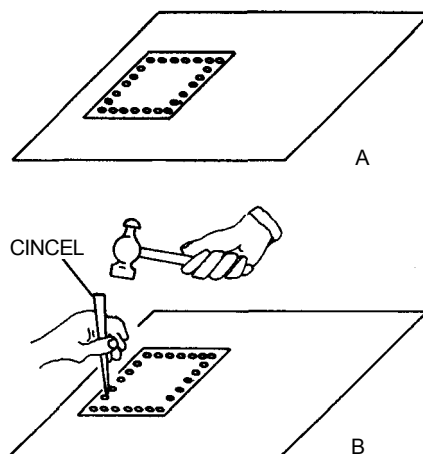


Fig. 28-12. Realización de una gran abertura en una lámina.

## PERFORACIONES GRANDES

Una gran abertura en una hoja metálica virgen puede efectuarse perforando primeramente pequeños agujeros cercanos entre sí a lo largo del contorno de la abertura [Fig. 28-12A). El pedazo que se quitará se corta completamente con un cincel (Fig. 28-12B). Cuando realice esto, golpee el cincel con el martillo lo suficiente para cortar a través del metal sin causarle una protuberancia del otro lado. Emplee una tabla o una placa de un metal blando bajo la lámina durante el corte. Posteriormente alise los bordes del agujero con una lima.

## FORMADO DEL CHASÍS

Una vez realizados el corte y las perforaciones en el chasis virgen, la lámina se encuentra lista para darle la forma deseada o efectuar los dobleces necesarios. Dos máquinas se emplean en este caso: la plegadora de cajas y depósitos y la

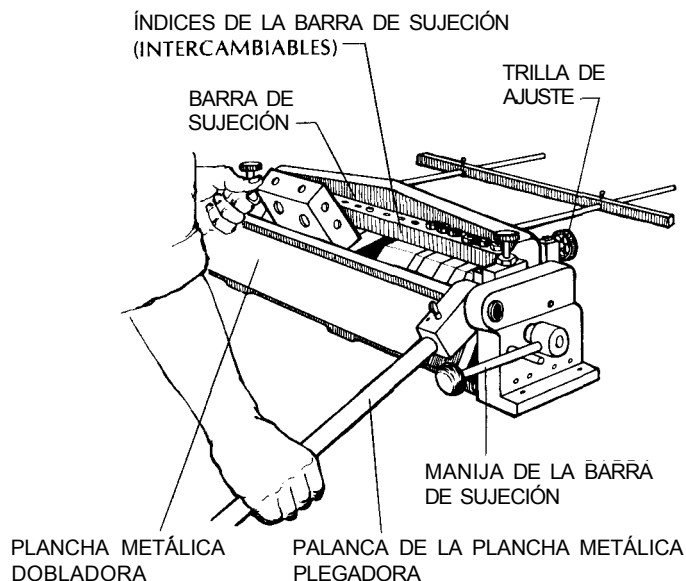
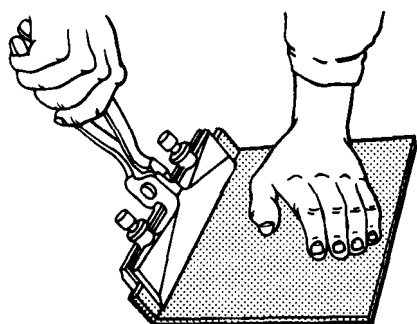
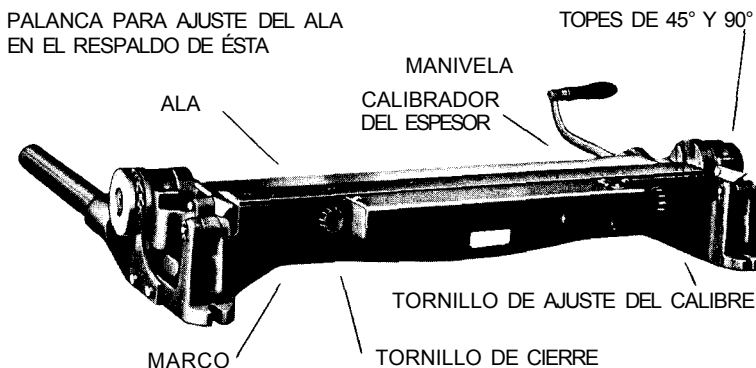


Fig. 28-13. Partes principales de una dobladura de cajas y bastidores.

**Fig. 28-14** Partes principales de una dobladura de piezas metálicas (The Peck, Stow, and Wilcox Company).



**Fig. 28-15.** Realización de un reborde o pestaña con una dobladora manual.

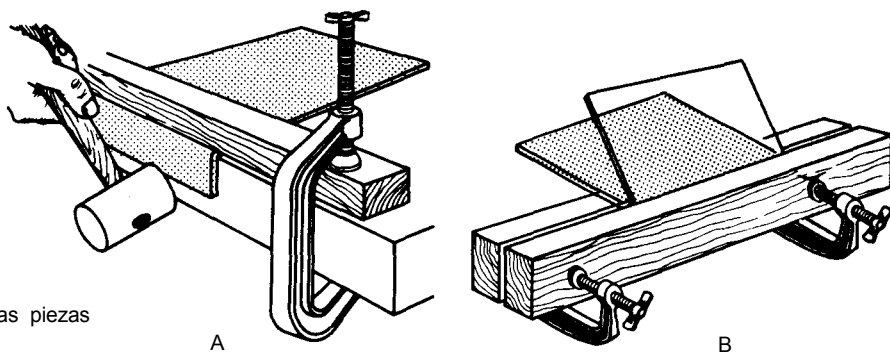
plegadora de piezas *metálicas* (Figs. 28-13 y 28-14). Con práctica, mediante estas máquinas podrá realizar casi cualquier forma que desee.

**Dobladora manual.** La dobladora *manual* es una herramienta conveniente para efectuar dobleces o rebordes (pestañas) simples en láminas (Fig. 28-15); puede ajustarse para hacer rebordes de hasta 1 pulg (25 mm).

**Otras formas de doblar una hoja metálica.** Puede lograrse un doblez en ángulo recto (90°) de una lámina sujetando el chasis virgen sobre el borde de una mesa de trabajo y golpeando la parte que se doblará con un mazo (Fig. 28-16A). Un doblez de hasta 90° puede realizarse también fijando la hoja metálica entre pedazos de madera para obtener, con un mazo, el ángulo deseado (Fig. 28-16B).

### ACABADO DEL CHASÍS

Puede dársele al chasis metálico un acabado atractivo y de bajo precio. Para ello se estría la superficie exterior con estropajo de acero grueso, lija de grano medio o cepillo de alambre. Si se desea pintar la superficie, pueden aplicarse



**Fig. 28-16.** Doblando pequeñas piezas de lámina.

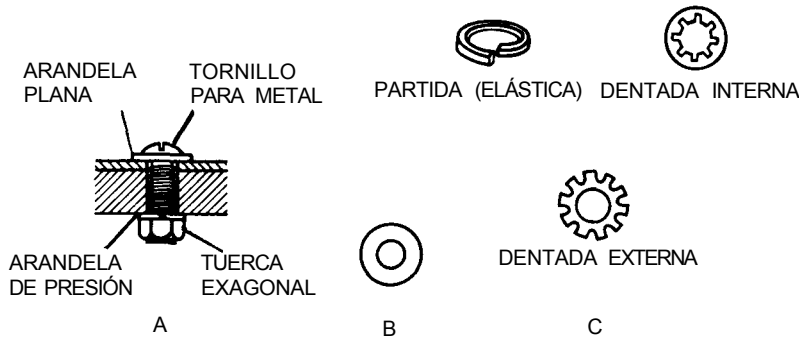


Fig. 28-17. Tornillos para metal y arandelas metálicas: (A) conjunto completo; (B) arandela plana; (C) tipos de arandelas de presión.

muchos tipos de pintura con brocha o pistola. Una de éstas, al secarse, produce una superficie rugosa muy atractiva. Considere siempre las conexiones a tierra del chasis (conexiones eléctricas en el chasis) antes de aplicar cualquier acabado, ya que la mayor parte de estos materiales actúan como aisladores.

## TORNILLOS PARA METALES

Se emplean con tuercas y arandelas de presión para montar componentes en el chasis de la hoja metálica (Fig. 28-17). Un tipo especial de tuerca de tornillo para metales, denominada contratuerca, cuenta con un asiento plástico. En condiciones normales, esto evita que la tuerca se afloje y elimina el uso de una arandela de presión. Aunque, en general los tornillos para metales son metálicos, se emplean a menudo tornillos de Nylon en los montajes de circuitos eléctricos y electrónicos para aislar las piezas metálicas sin protección. Los tornillos para metal pueden ser de acero o latón ordinarios y tener una cubierta de níquel o cadmio para impedir la corrosión.

La medida usual de un tornillo para metales en Estados Unidos se determina por medio del diámetro y longitud de la parte de la rosca y por el número de filetes por pulgada. Para medidas menores a 1/4 de pulg, el diámetro se especifica mediante un número de calibre, como 4, 6, 8, 10 o 12. Cuanto mayor sea el calibre, más grande será el diámetro; 6-32 RH-1 pulg es un ejemplo de una especificación completa para un tornillo para metal. En este caso, el 6 indica el diámetro; 32, los hilos por pulgada; RH significa cabeza redonda y 1 pulg representa la longitud de la rosca. Otras medidas comunes son 4-40, 8-32 y 10-32. Las medidas métricas de un tornillo para metal se especifican mediante su medida nominal (diámetro mayor de la base y la separación o paso entre hilos). Ambas medidas se dan en milímetros. Se incluye la letra M adelante de la medida nominal para hacer referencia al sistema métrico, y se emplea el signo de multiplicación entre la medida nominal y el número de hilos por unidad de longitud. Un ejemplo sería M6 x 1. Esta medida es próxima a la

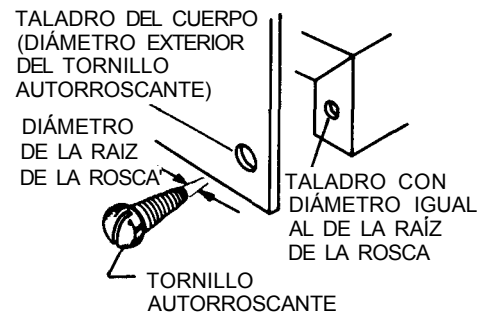
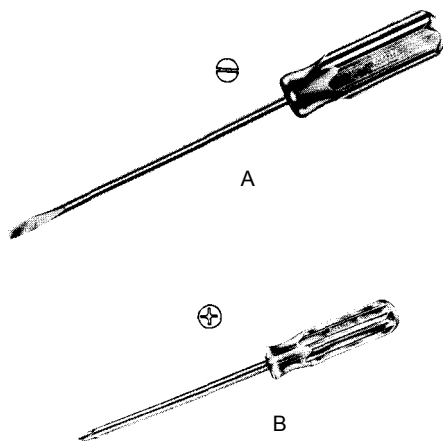


Fig. 28-18. Empleo de un tornillo autorroscante.



**Fig. 28-19.** (A) Destornillador común; (B) destornillador con cabeza Phillips (Xcelite, Incorporated).

medida estándar 1/4-20. Para una explicación más amplia de las medidas métricas de las roscas, véase cualquier manual del sistema métrico decimal.

## TORNILLOS AUTORROSCANTES

Los tornillos autorroscantes son una clase de tornillos para lámina. Se emplean para montar componentes sobre un chasis o bastidor y para fijar los tableros y otros elementos en el mismo. Estos tornillos forman la rosca en el agujero en el cual se atornillan (Fig. 28-18). Su medida se especifica mediante un número que indica el diámetro y la longitud de la parte de la rosca.

## DESTORNILLADOR

Los destornilladores del tipo estándar se emplean con tornillos de cabeza ranurada (28-19A). El tamaño se especifica casi siempre con el diámetro y longitud de la hoja.

Los *destornilladores* con cabeza Phillips se emplean con tornillos de cabezas del mismo tipo. Con estos destornilladores puede sujetarse más firmemente que con los del tipo estándar (Fig. 28-19B). El tamaño se determina normalmente por medio de un número, como 1, 2, 3, o 4. Conforme aumenta dicho número, mayor es la cabeza del destornillador.

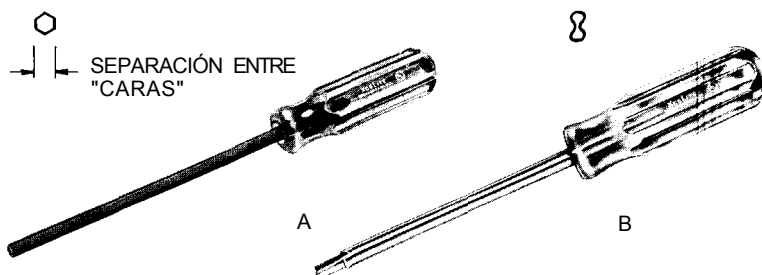
Los destornilladores hexagonales o Alien encajan en los agujeros de forma similar que los que se utilizan como prisionero o ajuste (Fig. 28-20A). El tamaño se especifica con la longitud de la hoja y la distancia entre sus caras planas o lados paralelos.

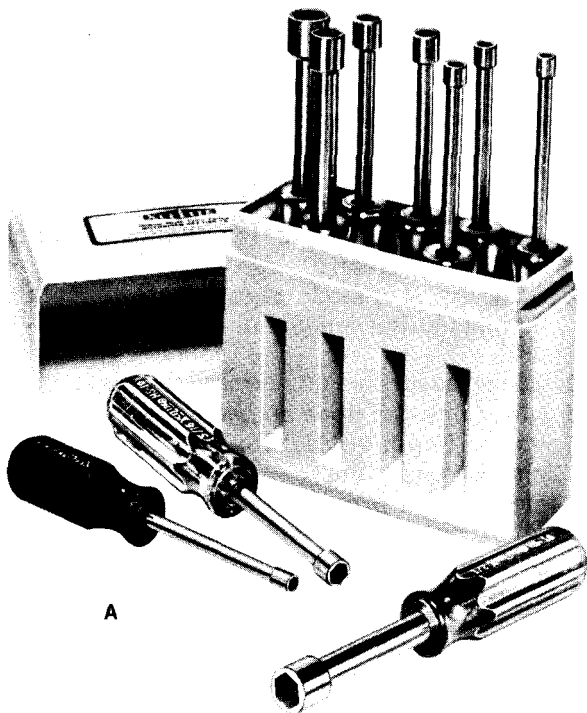
Los destornilladores de cabeza de embrague o de acoplamiento se emplean con tornillos de la misma forma para apretar más fuerte (Fig. 28-20B). Se especifican de acuerdo con la punta y el diámetro de la hoja.

## DESTORNILLADORES DE TUERCAS

Esta clase de herramienta cuenta con un vástago y un mango semejante a los de un destornillador ordinario, y con cabeza

**Fig. 28-20.** Destornilladores especiales: (A) destornillador exagonal o Alien; (B) destornillador de cabeza de embrague o de acoplamiento (Xcelite, Incorporated).





A

Color del mango	Tamaño	
	pulg	milímetros
negro	$\frac{3}{16}$	4.76
café	$\frac{7}{32}$	5.55
rojo	$\frac{1}{4}$	6.35
naranja	$\frac{9}{32}$	7.14
ámbar	$\frac{5}{16}$	7.94
verde	$\frac{11}{32}$	8.73
azul	$\frac{3}{8}$	9.53

B

**Fig. 28-21** Destornilladores de cabeza hueca para tuercas: (A) conjunto típico de destornilladores de tuercas; (B) código de colores que se emplea con los destornilladores para tuercas (Cortesía de Xcelite, Incorporated).

hueva exagonal que se emplea con tornillos de cabeza exagonal y tuercas de la misma forma (Fig. 28-21A). El tamaño para un destornillador de tuercas lo determina la distancia entre las caras planas o cualesquiera dos lados paralelos de su punta hueca. Algunos fabricantes de herramienta marcan con colores los mangos para identificar con más facilidad el tamaño (Fig. 28-21B).

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completan correctamente las siguientes afirmaciones:

- Una hoja metálica galvanizada o lámina consta de una base de \_\_\_\_\_ dulce recubierta con \_\_\_\_\_.
- El espesor de una hoja metálica se especifica mediante un número de calibre \_\_\_\_\_ o un número de calibre \_\_\_\_\_. Conforme aumenta el número de calibre, \_\_\_\_\_ el espesor del metal.
- Un diagrama de distribución de un chasis o bastidor muestra la \_\_\_\_\_ de la lámina que se empleará, la \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ de las perforaciones que se harán y las partes del metal \_\_\_\_\_.
- Una hoja metálica o lámina suele cortarse con \_\_\_\_\_ o con \_\_\_\_\_.
- Los centros de los agujeros que se hacen a través de la lámina deben marcarse con un \_\_\_\_\_.
- El diámetro de una broca para metal se especifica mediante un \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
- Siempre debe portar \_\_\_\_\_ mientras perfora.
- Nunca intente perforar en una hoja metálica a menos que esté firmemente \_\_\_\_\_.



9. Con frecuencia se cortan a través de una hoja metálica agujeros de  $1/2$  a  $31/8$  de pulg (13 a 79 mm) de diámetro con un perforador\_\_\_\_\_.
10. La\_\_\_\_\_ y la\_\_\_\_\_ son dos herramientas comunes que se emplean para alisar los bordes de las perforaciones en una hoja metálica.
11. Todas las operaciones de corte y perforación deben realizarse en un chasis virgen antes de\_\_\_\_\_ o\_\_\_\_\_ a su forma final.
12. La\_\_\_\_\_ y la\_\_\_\_\_ son dos máquinas empleadas para doblar y dar forma a una hoja metálica.
13. La dobladora manual se emplea para realizar\_\_\_\_\_ o\_\_\_\_\_ sencillos en una lámina.
14. La medida normal de un tornillo para metal se especifica por medio del\_\_\_\_\_ de su parte de la rosca, el\_\_\_\_\_ de hilos por pulgada y la\_\_\_\_\_ de la rosca.
15. Los tornillos autorroscantes son un tipo de tornillos\_\_\_\_\_.
16. El tamaño de un destornillador para tuercas se determina mediante la distancia entre las\_\_\_\_\_ de su punta hueca.
3. Describa el primer paso para realizar un diagrama de distribución para el diseño de un chasis.
4. Mencione cinco reglas generales para determinar la ubicación de los componentes en un chasis.
5. ¿Con qué debe agrandar los agujeros marcados con el punzón?
6. ¿Cómo se determina la medida de una broca para metal?
7. Describa el método seguro para perforar en una lámina con un taladro eléctrico portátil.
8. ¿Cómo se emplea un perforador para chasis?
9. Mencione dos tipos de herramientas fresadoras. Explique el propósito con que se emplea cada una.
10. Describa el proceso para cortar una gran abertura en una hoja metálica.
11. Mencione dos máquinas que se empleen para doblar y dar forma a una hoja metálica.
12. ¿Para qué se emplea la dobladora manual?
13. ¿Cómo se especifica la medida normal de un tornillo para metal?
14. ¿Qué son los tornillos autorroscantes?

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cómo se especifica el espesor de una hoja metálica o lámina?
2. Describa un diagrama de distribución de un chasis o bastidor.

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Demuestre el empleo de las herramientas utilizadas en el trabajo con una hoja metálica. Incluya en la demostración los tipos comunes de tornillos y destornilladores.

# Electricidad en el trabajo

## Unidad 29 Lámparas e iluminación

La energía puede convertirse en energía luminosa de varias maneras. La lámpara de filamento de carbono, inventada por Thomas Edison en 1879, fue el primer dispositivo práctico productor de luz mediante electricidad. Desde entonces, se han desarrollado muchos tipos de lámparas y otros dispositivos para iluminación.

### LÁMPARA INCANDESCENTE

La palabra incandescente significa "luminiscencia por calor intenso". En una lámpara incandescente la corriente que fluye a través de su filamento de tungsteno provoca que éste se torne incandescente o se caliente hasta la temperatura del blanco (Fig. 29-1).

Cuando se fabrica una lámpara incandescente se desaloja casi todo el aire de la ampolla de vidrio antes de sellarla. Esto se realiza para evitar que el oxígeno entre en contacto con el filamento y lo queme rápidamente. Una mezcla de los gases nitrógeno y argón se introduce en la ampolla para reducir la evaporación que experimenta el filamento debido a su alta temperatura. De esta manera se alarga la vida de la lámpara.

La vida de las lámparas incandescentes de uso general doméstico varía de 750 a 1 500 horas. La vida promedio de una lámpara se especifica en el envase de cartón de la misma.

Watts y lumens. Las lámparas incandescentes tienen una diversidad de formas y tamaños (Fig. 29-2). La medida eléctrica de una lámpara incandescente de servicio general se expresa en watts y en lumens. La potencia nominal indica la cantidad de energía eléctrica que la lámpara emplea; el

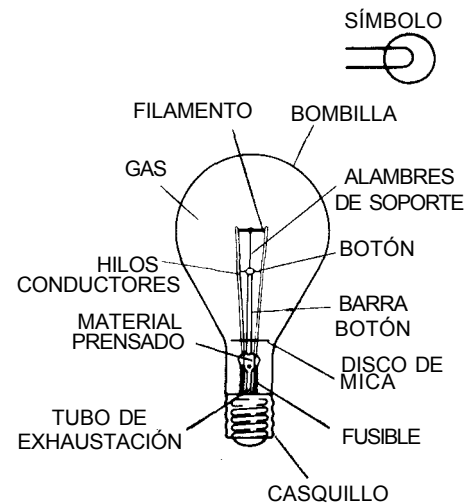
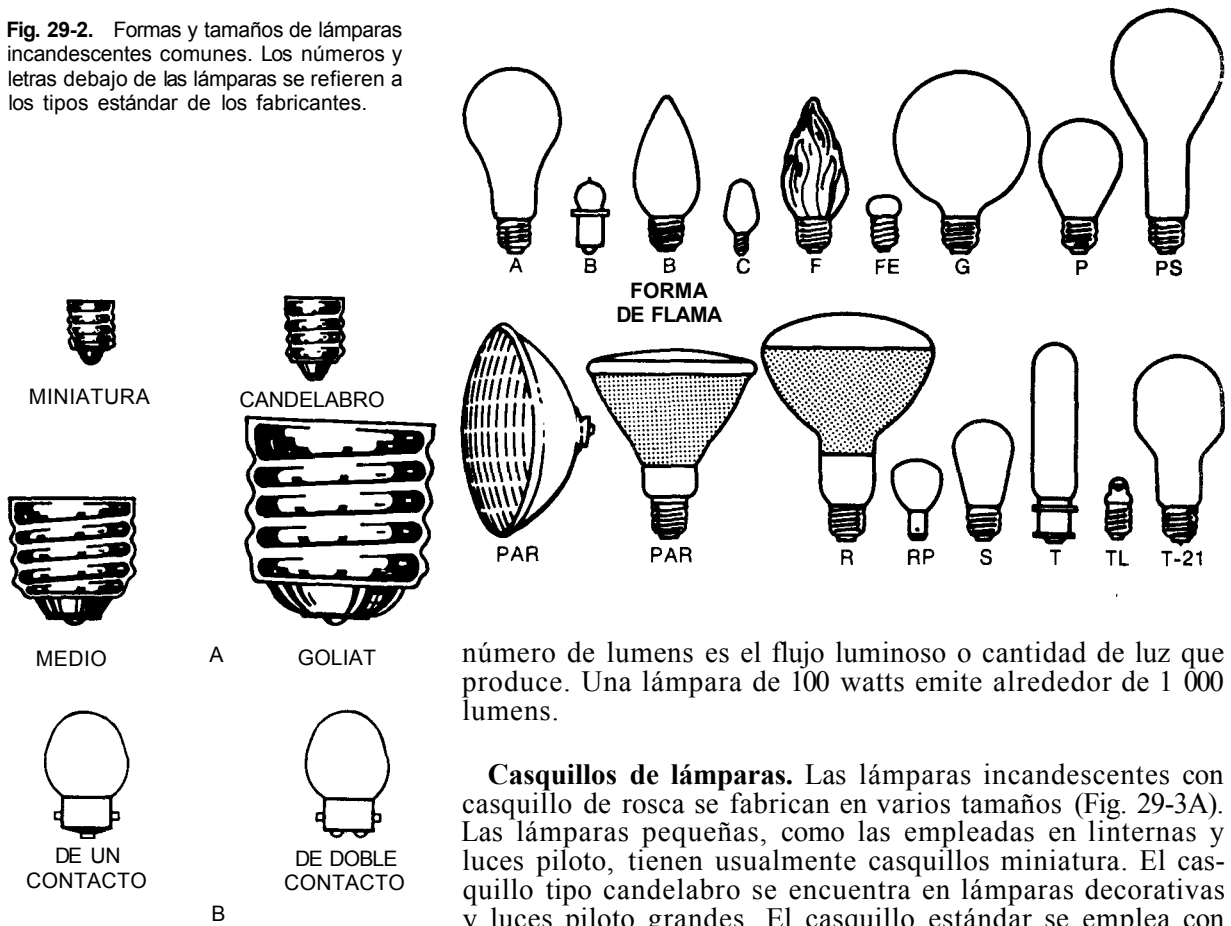
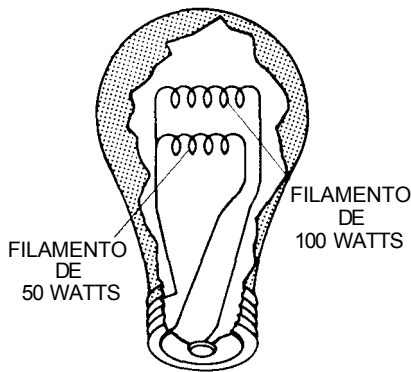


Fig. 29-1. Estructura de una lámpara incandescente típica de propósito general.

**Fig. 29-2.** Formas y tamaños de lámparas incandescentes comunes. Los números y letras debajo de las lámparas se refieren a los tipos estándar de los fabricantes.



**Fig. 29-3.** Casquillos de lámparas incandescentes: (A) rosca; (B) bayoneta.



**Fig. 29-4.** Lámpara de tres intensidades.

número de lumens es el flujo luminoso o cantidad de luz que produce. Una lámpara de 100 watts emite alrededor de 1 000 lumens.

**Casquillos de lámparas.** Las lámparas incandescentes con casquillo de rosca se fabrican en varios tamaños (Fig. 29-3A). Las lámparas pequeñas, como las empleadas en linternas y luces piloto, tienen usualmente casquillos miniatura. El casquillo tipo candelabro se encuentra en lámparas decorativas y luces piloto grandes. El casquillo estándar se emplea con lámparas de propósito general especificadas para 300 watts o menos. El casquillo goliat o portalámpara grande se utiliza con lámparas que tienen un wattaje mayor a 300 watts. Las lámparas especificadas para más de 1 500 watts tienen casquillos especiales.

Las lámparas con casquillo miniatura o de tipo de candelabro tienen a menudo un casquillo de bayoneta (Fig. 29-3B). Para instalar esta clase de lámpara alinee las patas del casquillo con las muescas o ranuras del portalámpara; en seguida oprima la lámpara y gírela en el sentido de las agujas del reloj hasta que se trabé.

### LÁMPARA DE TRES INTENSIDADES

Una lámpara de tres intensidades puede producir tres flujos luminosos; se emplea en portalámparas de piso y mesa y cuenta con dos filamentos separados. En una lámpara de 50-100-150 watts por ejemplo, uno de los filamentos es de 50 watts y el otro de 100 watts (Fig. 29-4). El alambre común de los filamentos se conecta en el cascarón, la rosca del casqui-

llo. El hilo de conexión de uno de los filamentos se conecta a un anillo en el fondo del casquillo. El hilo de conexión del otro filamento se conecta en el contacto central del casquillo aislado eléctricamente del otro. Un selector en el portalámpara conecta uno de los filamentos o ambos al circuito. De esta manera, la lámpara puede operarse a 50,100 o 150 (50 + 100) watts.

## LÁMPARA DE DESTELLO

La *lámpara* de destello, empleada con las cámaras fotográficas, es un tipo especial de lámpara incandescente. Produce un gran flujo luminoso en un tiempo muy corto. La bombilla de la lámpara contiene oxígeno puro y delgadas tiras de aluminio o magnesio (Fig. 29-5).

El filamento de tungsteno de la lámpara se fabrica de modo que se quema con una chispa cuando se establece una corriente a través de él. La chispa enciende el aluminio o el magnesio, los cuales se queman de una manera muy rápida en el oxígeno. Esto produce un flujo de luz muy brillante que dura sólo una fracción de segundo.

## LÁMPARA FLUORESCENTE

La lámpara fluorescente pertenece a un grupo de fuentes luminosas conocidas como lámparas de descarga eléctrica. En éstas se genera energía luminosa por el paso de una corriente a través de un gas. La lámpara fluorescente típica es un tubo de vidrio sellado en cada uno de sus extremos; también con-

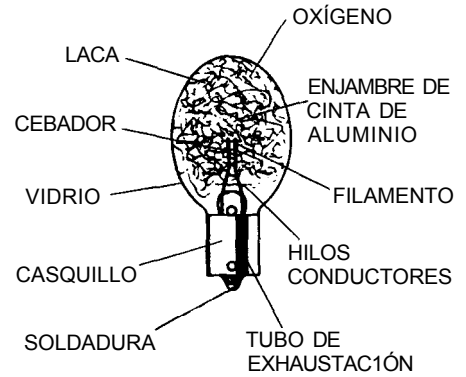


Fig. 29-5. Lámpara común de destellos (General Electric Company).

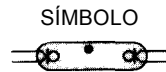
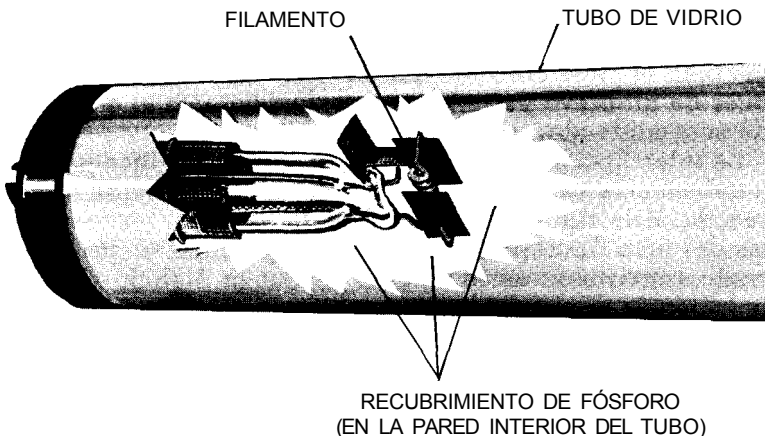


Fig. 29-6. Vista de un extremo de una lámpara fluorescente de precalentamiento (Westinghouse Electric Corporation).



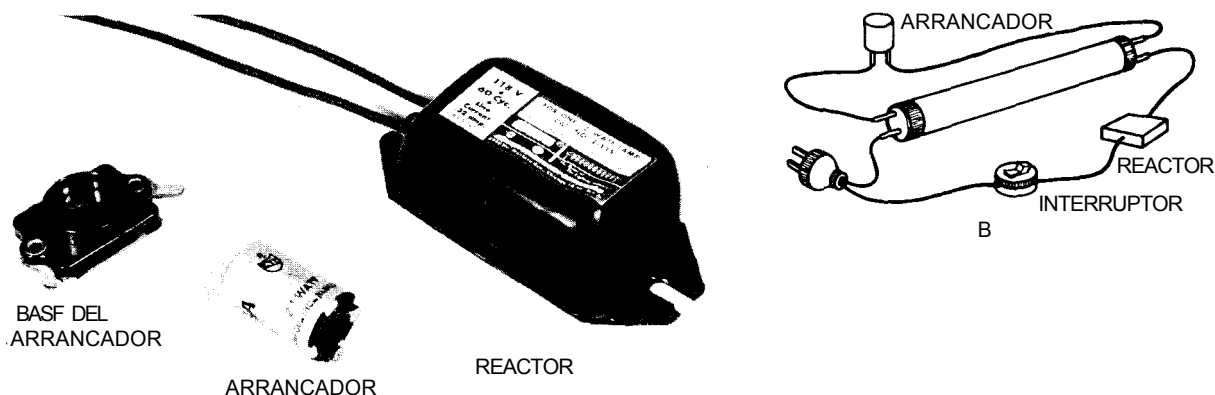


Fig. 29-7. Circuito de la lámpara fluorescente precalentada: (A) componentes auxiliares; (B) circuito completo de la lámpara.

tiene un filamento de tungsteno. La superficie interior del tubo se recubre con una sustancia química llamada fósforo (Fig. 29-6]. Durante la construcción de la lámpara, la mayor parte del aire se desaloja del tubo. En su interior se encierra una pequeña cantidad de gas argón y de mercurio.

Circuito de la lámpara. Para operar la que se denomina lámpara fluorescente precalentada, debe usarse un reactor (bobina de inductancia) y un electrodo de encendido (Fig. 29-7A). El reactor es una bobina de alambre aislado para electroimán devanado alrededor de un núcleo de hierro. El *electrodo* de encendido actúa como un interruptor que automáticamente se apaga cuando su elemento móvil, una cinta bimetalica, alcanza determinada temperatura. Los interruptores de cinta bimetalica (termostatos) se estudian en la Unidad 33.

En el circuito de la lámpara, se conectan en serie los filamentos, el reactor y el electrodo de encendido (Fig. 29-7B). Cuando se acciona el interruptor de la lámpara, se establece una corriente a través del circuito y calienta a los filamentos. Como resultado, aumenta la temperatura en la lámpara. Esto provoca que el mercurio se gasifique. La corriente calienta también la cinta metálica del electrodo de encendido. Después de un breve periodo de precalentamiento el electrodo de encendido abre el circuito.

La interrupción repentina de la corriente produce por autoinductancia varios miles de volts entre las terminales del reactor. Este alto voltaje aparece también entre las terminales del tubo fluorescente. El alto voltaje ioniza el gas encerrado, convirtiéndose en un buen conductor. Debido a su alta inductancia el reactor limita también la corriente en el circuito de la lámpara a un valor seguro.

En una lámpara fluorescente de encendido instantáneo, un transformador elevador produce el alto voltaje necesario para ionizar el gas. La mayor parte de las lámparas de encen-

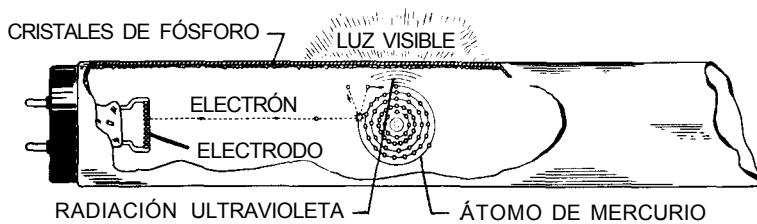


Fig. 29-8. Cómo se produce la luz en una lámpara fluorescente (Westinghouse Electric Corporation).

dido instantáneo cuenta con casquillos con una sola terminal o espiga.

**Cómo se genera la luz.** La corriente que fluye a través de la mezcla de gas ionizada en la lámpara excita a los átomos de mercurio (Fig. 29-8). Su energía se libera en forma de luz *ultravioleta*, la cual es invisible. Cuando esta luz incide sobre la superficie interior de la lámpara, el fósforo brilla o *emite luz fluorescente*. Este brillo es la luz visible producida por la lámpara fluorescente.

**Rendimiento.** Las lámparas fluorescentes han estado disponibles desde 1938 y en la actualidad son una fuente de luz muy común en casas, comercios, oficinas, fábricas y escuelas. Su rendimiento es una de las principales razones de su popularidad. Una lámpara fluorescente consume mucho menos energía en forma de calor que una lámpara incandescente. El sistema moderno de la lámpara fluorescente (el cual incluye un reactor o transformador) es capaz de producir aproximadamente tres veces más luz que una lámpara incandescente con la misma potencia nominal.

## LÁMPARA DE MERCURIO

La lámpara de mercurio o de vapor de mercurio se emplea mucho para producir grandes intensidades de luz (Fig. 29-9). Esta clase de lámparas se usa para iluminar calles, puentes, parques y otros lugares donde deben instalarse a una altura elevada del nivel del piso. El tubo de arco o bombilla interior de esta lámpara se fabrica con cuarzo o cristal de roca; contiene gas argón y una pequeña cantidad de mercurio. La bombilla exterior regula y mantiene la temperatura de la bombilla interior mientras trabaja la lámpara.

Para encender la lámpara, un alto voltaje de un transformador, denominado reactor, se aplica al electrodo principal inferior y al electrodo de encendido próximo a él. Lo anterior produce una descarga luminosa entre estos electrodos que calienta al mercurio, provocando que se evapore. El vapor de mercurio presenta una trayectoria de baja resistencia para la corriente que fluye a través del tubo de arco desde uno de los

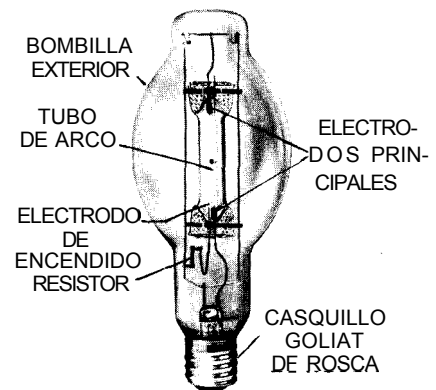


fig. 29-9. Lámpara de vapor de mercurio (Westinghouse Electric Corporation).

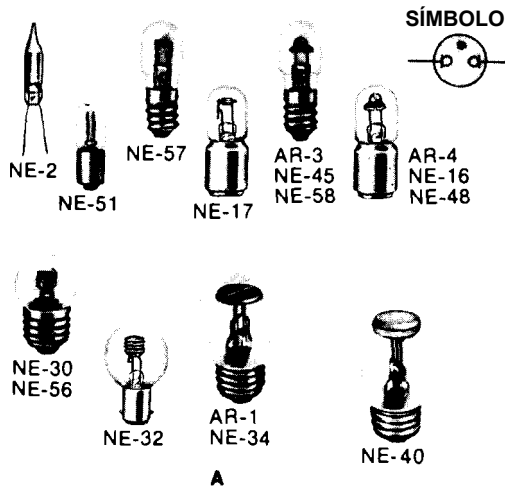


Fig. 29-10. Lámparas luminiscentes de neón y argón: (A) ambos electrodos; (B) parecen brillar cuando la lámpara opera con votaje alterno. Los números y letras debajo de las lámparas se refieren a los tipos estándar de los fabricantes (General Electric Company).

electrodos al otro. La corriente produce" el efecto de un arco brillante, que es la fuente de luz.

## LÁMPARAS LUMINISCENTES

En una lámpara luminiscente o de efluvios, dos electrodos se colocan próximos entre sí en una ampolla de vidrio sellado que contiene gas argón o neón (Fig. 29-10A). Cuando se aplica el voltaje de cc apropiado a los electrodos, algunos electrones de valencia de los átomos del gas ganan suficiente energía para escapar de sus átomos padres. Como consecuencia de esta ionización se generan iones positivos en su paso por el gas. Cuando estos iones se mueven hacia el electrodo negativo, algunos chocan y recuperan electrones. Esto ocasiona que se libere energía en forma de luz visible cerca del electrodo negativo. Al operar una lámpara luminiscente con un voltaje alterno, los electrodos son alternativamente negativos y positivos. El cambio sucede tan rápido como para dar la impresión de que ambos electrodos brillan al mismo tiempo (Fig. 29-10B).

El voltaje necesario para encender una lámpara luminiscente se denomina voltaje de encendido, *cebada* o ionización. El voltaje de encendido de una lámpara luminiscente ordinaria es aproximadamente de 60 volts.

Las lámparas luminiscentes de neón de 1/25 a 3 watts de capacidad se emplean como luces piloto y de prueba. Encender al instante cuando se les aplica el voltaje correcto es una de sus ventajas. Por esta razón las lámparas luminiscentes se emplean muy a menudo como indicadores de alta velocidad. Cuando operan a 120 volts, las lámparas luminiscentes pequeñas como la de neón NE-2 requieren un resistor limitador de corriente. Este resistor tiene una resistencia aproximada

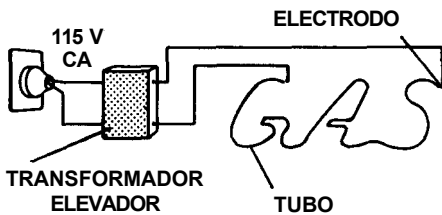
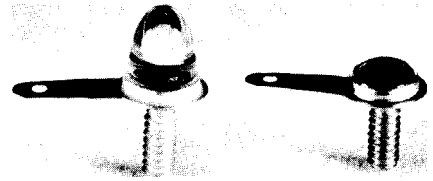


Fig. 29-11. Transformador elevador que se emplea en los letreros de neón.

de 10 000 ohms y se conecta en serie con uno de los hilos de conexión o terminales de la lámpara. El resistor puede conectarse externamente o puede estar contenido dentro del conjunto indicador luminoso. Las lámparas luminiscentes más grandes cuentan casi siempre con bobinas limitadores de corriente de alta resistencia en sus casquillos o bases.



**Fig. 29-12.** Estos diodos emisores de luz que se fabrican con fosforo arseniuro de galio difundido tienen una vida útil muy larga. Operan a 1.65 volts y 50 miliamperes (Monsanto Commercial Product Company).

## LETREROS DE NEÓN

En un letrero de neón, se encierra un electrodo en cada extremo de un tubo de vidrio lleno de gas neón. Cuanto más largo sea el tubo, más alto será el voltaje que deberá aplicarse entre los electrodos para ionizar el gas lo suficiente. En los letreros de neón comunes, puede ser necesario un voltaje de 10 000 volts o más. Un transformador elevador suministra este alto voltaje (Fig. 29-11).

Pueden obtenerse luces de colores diferentes empleando argón, helio o una mezcla de estos y otros gases. Se obtienen también diferentes colores utilizando tubos de vidrio pintados o recubiertos en su superficie interior.

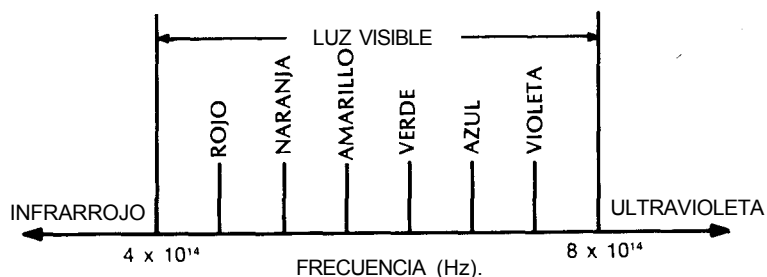
## DIODOS EMISORES DE LUZ

Los diodos emisores de luz (LED: light-emitting diodes) son dispositivos semiconductores que se utilizan en muchos productos como luces piloto y luces indicadoras (Fig. 29-12).

Un tipo de diodo emisor de luz es un arreglo de juntura p-n, en la cual el elemento básico es arseniuro de galio. Cuando la juntura se polariza directamente, los electrones de la región n se mueven a través de la juntura hasta la región p. Ahí se recombinan con huecos, y como consecuencia, el área de la juntura radia energía en forma de luz visible o infrarroja.

## LÁSER

La palabra láser se deriva de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificación de luz por emisión



**Fig. 29-13.** Región del espectro de frecuencias de las radiaciones de luz visible. Algunas veces se denomina espectro electromagnético de la luz.



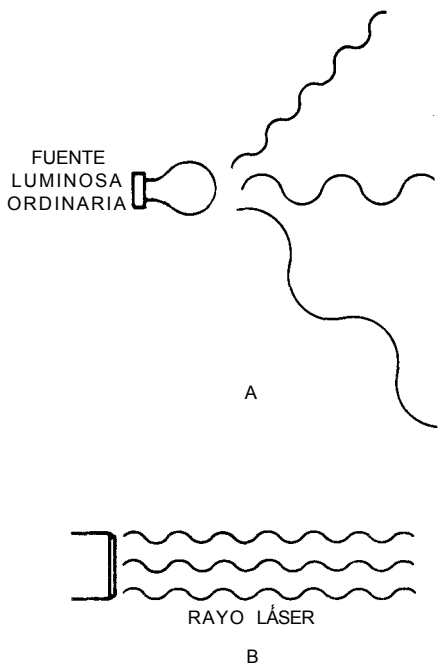


Fig. 29-14. Patrones de radiación luminosa: (A) luz incoherente; (B) radiación de luz coherente de un rayo láser.

estimulada de radiación). Así, un sistema láser es un medio para producir y amplificar luz.

La luz es una forma de energía electromagnética radiada por una fuente de energía. Salvo que su gama de frecuencias es mucho mayor. Sus propiedades son semejantes a las de las ondas electromagnéticas radiadas de la antena de un transmisor de radio o televisión.

El color de la luz depende de la frecuencia o frecuencias de la radiación que incide en el sentido de la visión. El intervalo de frecuencias de la luz visible se extiende aproximadamente desde 400 millones de MHz (rojo), hasta 700 millones de MHz (violeta) (Fig. 29-13).

**Luz incoherente.** La luz que produce una lámpara incandescente común se compone de radiaciones electromagnéticas de una amplia gama de frecuencias. En consecuencia, la luz visible de una lámpara en realidad se forma a partir de una combinación de colores. El ojo ve esto como luz blanca, denominada luz incoherente o policromática. El que se di-

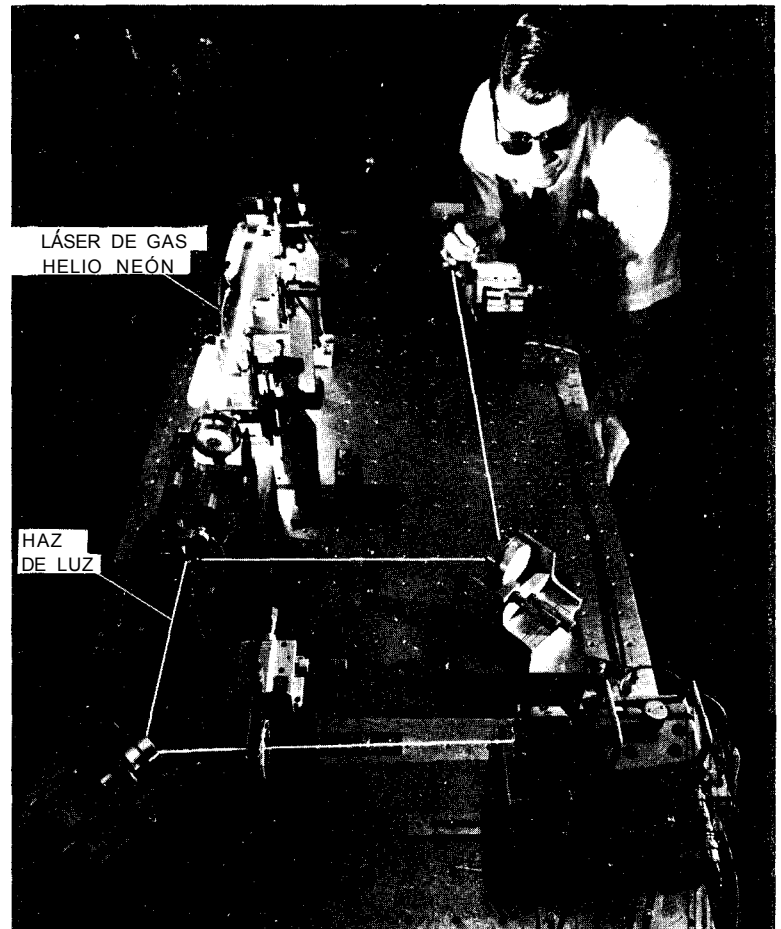


Fig. 29-15. Rayo láser empleado en un experimento de comunicaciones ópticas (Bell Telephone Laboratories).

funda muy rápidamente después de abandonar la fuente es una característica importante de este tipo de luz (Fig. 29-14A). Como consecuencia pierde gran parte de su energía cuando viaja una gran distancia.

Luz coherente. La luz producida por un láser se compone de radiaciones que tienen casi la misma frecuencia. Además, están en fase o sincronía entre sí (Fig. 29-14B). Se denomina luz coherente y una característica muy importante de la misma es el no difundirse o dispersarse mucho, aun cuando esté alejada de su fuente. Por tal motivo, la luz permanece altamente concentrada. Por lo tanto incide en un blanco con una gran intensidad de energía.

Haz del láser. La salida de un láser es un haz de luz concentrado (Fig. 28-15). El color del haz depende del tipo de láser empleado. Un haz de láser puede modularse con señales eléctricas diferentes a lo largo de extensas distancias. Por esta razón, puede usarse en sistemas de comunicación (la modulación se explica en la Unidad 40). Se emplea también para localizar objetos y medir sus distancias desde puntos fijos. Haces más potentes se emplean para cortar metal, soldar y realizar cortes quirúrgicos.

Operación. El principio de funcionamiento de un láser se basa en que los electrones de los átomos pueden "pasar" de un nivel de energía a otro aplicando energía externa. Los electrones que "saltan" de un nivel de energía al siguiente superior se dice que están excitados. Los electrones excitados tienden a desexcitarse y regresar a sus niveles de energía originales cuando se deja de aplicar a sus átomos energía externa. Cuando esto ocurre en ciertos materiales, se libera energía en forma de luz.

Entre los materiales de láseres que se comportan en esta forma están las barras de rubí, combinaciones de gases y tipos especiales de junturas p-n semiconductoras. En varios sistemas láser el material se arma en una *cavidad óptica*, la cual cuenta con extremos semejantes a espejos.

La energía que se emplea para excitar los electrones en el láser se denomina energía de bombeo. En el láser de rubí, la energía de bombeo es luz visible suministrada por una lámpara; en el de gas, un campo electrostático de alta frecuencia, y en el semiconductor, por lo general un alto voltaje de cc.

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La palabra incandescente significa "\_\_\_\_\_ por calor intenso".
2. El filamento de una lámpara incandescente común se fabrica con\_\_\_\_\_.
3. Los gases nitrógeno y argón se introducen en la bombilla de una lámpara incandescente para reducir la\_\_\_\_\_ del\_\_\_\_\_.
4. La vida de una lámpara incandescente de uso general varía por lo general entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ horas.
5. El número de lumens nominales indica el \_\_\_\_\_ de luz que una lámpara produce.
6. Los cuatro tipos principales de casquillos de lámparas son: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
7. La lámpara fluorescente pertenece a un grupo de fuentes luminosas conocido como \_\_\_\_\_.
8. Una lámpara fluorescente de encendido instantáneo se enciende con un\_\_\_\_\_.
9. Un diodo emisor de luz produce luz cuando su juntura p-n se polariza\_\_\_\_\_.
10. La palabra láser se deriva de la frase\_\_\_\_\_.
11. El rayo láser es un ejemplo de luz\_\_\_\_\_.

1. Defina la palabra incandescente. Explique el funcionamiento de una lámpara incandescente.
2. Mencione las dos unidades que se emplean para indicar la capacidad de las lámparas incandescentes de uso general.
3. Describa la estructura de un tubo de lámpara fluorescente común.
4. Nombre los elementos de un circuito de lámpara fluorescente precalentada y explique cómo funcionan.
5. ¿Con qué propósito se emplean las lámparas de mercurio?
6. ¿Qué se entiende por voltaje de encendido de una lámpara luminiscente?
7. ¿Por qué debe usarse un transformador elevador con un letrero de neón?
8. Explique el origen del término láser.
9. ¿Qué factor determina el color de la luz visible?
10. Explique la diferencia entre la luz coherente e incoherente.
11. ¿Qué se entiende por la energía de bombeo de un sistema láser?

**ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO**

1. Prepare un escrito o un informe oral acerca de la naturaleza de la luz visible.
2. Prepare un escrito o un informe oral del desarrollo y aplicaciones de los láseres.

**Unidad 30 Generación de reacciones químicas**

Una reacción química por lo general produce cambios en los materiales que toman parte en ella. Por ejemplo, cuando el oxígeno reacciona con el hierro, se forma una nueva sustancia llamada óxido de hierro (herrumbre). Al quemarse un papel, se convierte en cenizas y humo. En cada caso, cambia la constitución de las moléculas de la sustancia. Se producen nuevas sustancias que poseen propiedades diferentes.

Las reacciones químicas originadas cuando se aplica energía eléctrica a una sustancia resultan del movimiento de cargas a través de ésta. Un líquido que se ioniza para formar iones positivos y negativos y que puede conducir estas cargas se denomina *electrólito*.

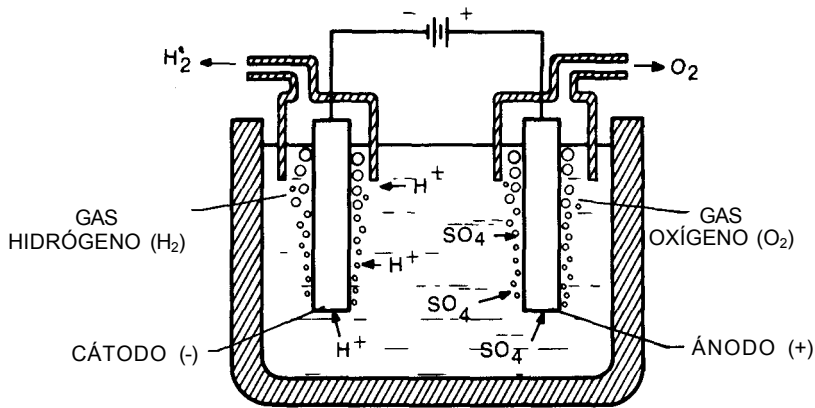


Fig. 30-1. Producción de los gases hidrógeno y oxígeno por medio de la electrólisis.

En esta unidad, se explica cómo los electrolitos provocan cambios químicos mediante un proceso conocido como electrólisis. Este proceso se usa ampliamente en la industria para producir ciertos gases y compuestos químicos, para la galvanoplastia, refinación del cobre y para extraer metales, como el aluminio y el magnesio, de sus minerales.

## ELECTRÓLISIS DEL AGUA

El agua pura es un conductor muy pobre de la electricidad debido a que no se ioniza fácilmente. Sin embargo, cuando se le añaden ciertos compuestos químicos, la solución se vuelve un buen conductor. Aplicando un voltaje a tal solución, se produce un proceso denominado electrólisis. En éste el agua se descompone en sus dos elementos químicos, los gases hidrógeno y oxígeno.

En un proceso industrial para generar gases hidrógeno y oxígeno, se añade ácido sulfúrico al agua pura. Cada molécula del ácido se ioniza en dos iones hidrógeno positivos ( $H^+$ ) y un ion sulfato negativo que cuenta con dos cargas negativas ( $SO_4$ ). Los iones hidrógeno positivos son atraídos por el cátodo (electrodo negativo), y al mismo tiempo, los iones negativos sulfato, por el ánodo (electrodo positivo) (Fig. 30-1). En el cátodo cada ion hidrógeno obtiene un electrón, por lo cual se convierte en un átomo de hidrógeno neutro. El hidrógeno, como es gas, sale de la solución y se colecta en el cátodo. En el ánodo los iones sulfato negativos depositan sus electrones excedentes y se vuelven neutros. Sin embargo, el sulfato reacciona una vez más con el hidrógeno del agua formando de nuevo ácido sulfúrico. El oxígeno en el agua, el cual permanece después que el hidrógeno se ha separado, sale a través de la solución y se colecta en el ánodo. Este proceso continúa conforme se recicla el ácido sulfúrico durante las etapas de ionización y de sulfatos.



Fig. 30-2. Unidad para galvanoplastia en una planta industrial (Pioneer-Central Division of Bendix Aviation Corporation).

## GALVANOPLASTIA

La *galvanoplastia* es una especie de electrólisis que se emplea para revestir (recubrir) un material base (con frecuencia un metal) con una capa delgada de otro metal. Los metales base pueden ser hierro, acero, latón o metales similares. La galvanoplastia puede realizarse en ellos con uno o más metales, los cuales incluyen cadmio, cromo, cobre, oro, plata y estaño.

El revestimiento de cadmio protege al metal base contra la corrosión (Fig. 30-2). El cromo se emplea para mejorar la apariencia de los metales base y para proporcionar una superficie mucho más dura. El revestimiento de cobre se utiliza por lo general para proporcionar un subrevestimiento sobre el cual se depositan otros metales. El revestimiento de oro se usa con propósitos decorativos y para mejorar la conductividad de los puntos de contacto en algunos equipos eléctricos. El revestimiento de estaño se emplea en superficies que probablemente tendrán contacto con alimentos y para facilitar la soldadura de superficies.

Solución para la galvanoplastia. La galvanoplastia requiere usar una solución o electrólito que contenga un compuesto del metal con que se revestirá. En el caso del cobre, por ejemplo, el electrólito se compone principalmente de una solución de agua y sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ).

Operación básica. La estructura y operación de un conjunto básico para electrodeposición de cobre se muestra en la fi-



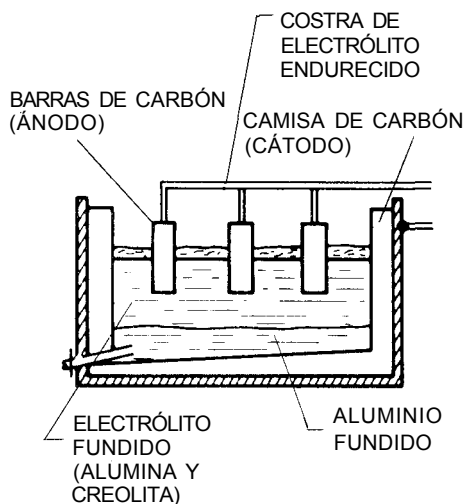


Fig. 30-4. Estructura básica de un horno electrolítico empleado para producir aluminio.

indica la densidad de iones. Por esta razón, un arreglo práctico para galvanoplastia cuenta con medidores que muestran la corriente en el circuito externo y el voltaje al cual éste opera. El circuito contiene también controles para ajustar la corriente galvanoplástica de acuerdo con los diferentes metales que se empleen como revestimiento.

## EXTRACCIÓN DE METALES DE SUS MINERALES

La producción de aluminio es el proceso más común en el cual la electrólisis se emplea para extraer metales de sus minerales. El primer paso en la producción de aluminio es convertir el mineral (bauxita) en un polvo blanco llamado alúmina (óxido de aluminio). Posteriormente, en un método conocido como proceso *Hall*, la alúmina se disuelve en creolita fundida (fluoruro de sodio y aluminio) para formar el electrolito. El calor necesario para conservar el electrolito líquido lo produce la corriente necesaria para la electrólisis. Barras de carbón y una camisa de carbón constituyen el cátodo y el ánodo de lo que se conoce como *horno electrolítico* (Fig. 30-4).

Por causa de la ionización, están presentes en el electrolito iones de oxígeno negativos y iones de aluminio positivos. Los iones de aluminio son atraídos por el cátodo. Ahí obtienen electrones y se descargan para formar átomos de aluminio. El aluminio fundido se colecta después en el fondo del horno y se saca.

Otros metales se extraen de sus minerales por medio de la electrólisis. Entre ellos magnesio, sodio, potasio y cesio.

## APRENDIZAJE PRACTICO

28. Construcción de un reóstato de agua salada. Este tipo de reóstato no se emplea en circuitos prácticos. Éste, sin embargo, muestra claramente el efecto de la ionización en una solución líquida.

### MATERIALES NECESARIOS

- 1 vaso de *vidrio* o plástico, de *tamaño medio*, *lleno con agua*, de *preferencia destilada*
- 2 *láminas de cobre o aluminio*, 1/2 x 2 1/4 pulg (13 x 57 mm)
- 1 *lámpara piloto*, no. 46
- 1 *portalámpara miniatura*, *cosquillo de rosca*
- sal común de mesa en un *cedazo*
- 1 *varilla de vidrio* o plástico para *agitar*

2 baterías de 6 volts o una fuente de alimentación de bajo voltaje con una corriente nominal por lo menos de 0.4 ampere  
multímetro

### Procedimiento

1. Doble las hojas metálicas y colóquelas en el vaso que contiene el agua destilada, como se muestra en la figura 30-5.
2. El multímetro se coloca en la escala de 0 a 250 mA. Conecte el circuito que se muestra en la figura 30-5. Explique por qué en estas condiciones no hay corriente en el circuito.
3. Rocíe lentamente la sal en el agua y agite. La corriente debe aumentar en forma gradual hasta un valor que ocasiona que la lámpara se ilumine débilmente.
4. Continúe agregando sal a la solución hasta que la corriente haya aumentado a 250 mA. A partir de esto la lámpara debe estar trabajando en forma normal.
5. Explique el proceso de ionización que convierte la solución no conductora en un electrólito capaz de conducir cargas iónicas.

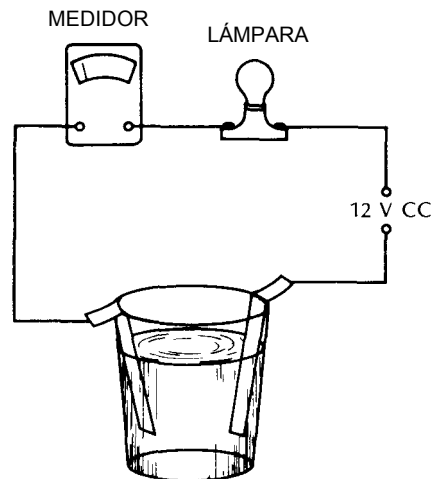


Fig. 30-5. Arreglo del vaso y circuito para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 28, "Construcción de un reóstato de agua salada".

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Una solución que producirá iones positivos y negativos se conoce como \_\_\_\_\_.
2. El agua pura es un conductor muy pobre debido a que no se \_\_\_\_\_ fácilmente.
3. Como resultado de la electrólisis el agua se descompone en los gases \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
4. El revestimiento de cadmio se realiza para proteger un metal de base contra \_\_\_\_\_.
5. Los metales extraídos de sus minerales por medio de la electrólisis incluyen \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué es un electrólito?
2. ¿Por qué el agua pura es un conductor muy pobre?
3. ¿Qué se entiende por electrólisis del agua?
4. Describa un proceso industrial que emplee la electrólisis para producir los gases hidrógeno y oxígeno.
5. Defina la galvanoplastia.
6. Nombre dos metales que se empleen como metales base en la galvanoplastia.
7. Dé las razones principales para revestir los metales base con cadmio, cromo y oro.
8. Explique el proceso de revestimiento con cobre básico.
9. Nombre tres metales extraídos comúnmente de sus minerales por medio de la electrólisis.



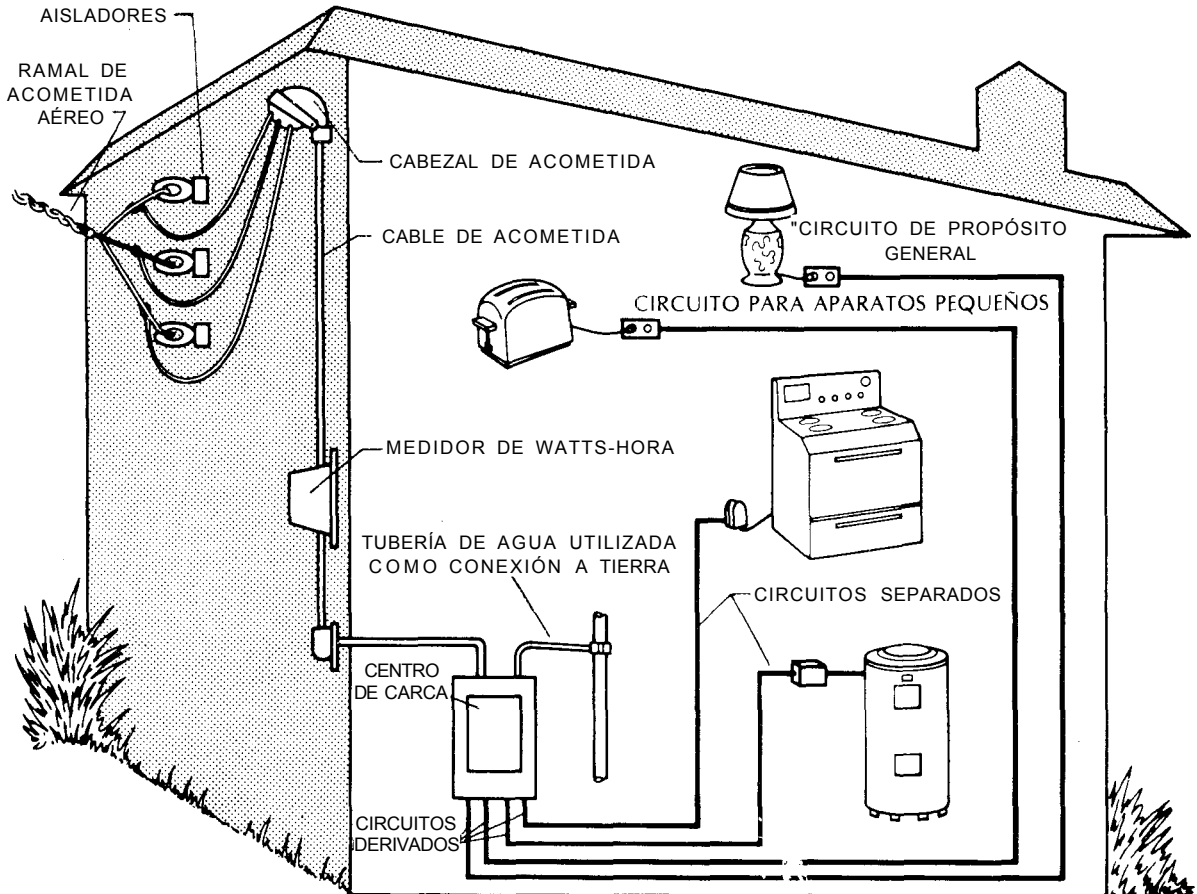
# Unidad 31 Sistemas eléctricos domésticos

El sistema eléctrico de una casa se compone de conductores, dispositivos y diversos equipos eléctricos. El propósito del sistema es distribuir la energía eléctrica por toda la construcción. Aunque en esta unidad se estudia principalmente conexiones residenciales (de casa), muchos de los mismos materiales se encuentran en los sistemas eléctricos de otras construcciones. Las partes principales de un sistema eléctrico residencial típico se muestran en la figura 31-1.

## REGLAMENTO ELÉCTRICO DE ESTADOS UNIDOS

El *National Electrical Code* es una publicación patrocinada por la National Fire Protection Association con apoyo del American National Standards Institute (ANSI). En él se incluyen recomendaciones y normas generales acerca de los materiales y métodos de alambrado. Seguir estas normas ge-

Fig. 31-1. Sistema eléctrico residencial típico.



nerales da por resultado el empleo seguro de la energía eléctrica para alumbrado, calefacción, comunicaciones y otros propósitos. El reglamento se reexamina continuamente. Una edición revisada se publica cada tres años.

El reglamento contiene los requisitos mínimos básicos necesarios para proteger tanto a personas como a propiedades contra los peligros de la electricidad. Por tal motivo, es muy útil para desarrollar normas de seguridad en todo el país. Estas normas, así como las de los reglamentos eléctricos locales, las emplean electricistas, contratistas e inspectores. El empleo de estas normas significa que el sistema de alambrado o cableado de una construcción se efectuará de manera aprobada.

## LÍNEA DE ALIMENTACIÓN O RAMAL DE ACOMETIDA

La *línea de alimentación o ramal de acometida* del sistema de conexiones o alambrado residencial es la parte que se extiende desde un punto terminal exterior de la casa hasta la línea de distribución más cercana de la compañía de suministro eléctrico. Esta línea es alimentada por un transformador de distribución, el cual reduce el alto voltaje de una línea eléctrica principal a los 115 y 230 volts que se emplean en la casa.

La línea de alimentación o el conductor de bajada de poste puede instalarse aéreo o subterráneo. El ramal de acometida subterráneo a menudo se denomina alimentación *lateral*. El transformador de distribución se monta en un poste eléctrico, a nivel del piso en una caja de concreto o bajo tierra en una bóveda (Fig. 31-2). El transformador de distribución puede suministrar energía eléctrica a varias casas.

Línea de alimentación de tres alambres. Para suministrar dos voltajes diferentes (115 y 230 volts), la línea está constituida por tres conductores (Fig. 31-3). Uno de éstos, denominado neutro, por lo general no tiene forro. Los otros dos conductores están aislados.

Operación a 230 volts. Las líneas de 230 volts instaladas en las casas se emplean para operar aparatos mayores, como estufas eléctricas, calentadores de agua y unidades de aire acondicionado. Voltajes semejantes empleados por diferentes compañías de suministro eléctrico comprenden 208, 220 y 240 volts. La razón por la que se emplean voltajes más altos para estos propósitos puede explicarse mejor considerando las expresiones de potencia.

Suponga, por ejemplo, que un aparato de 1 725 watts opera a 115 volts. La intensidad de corriente utilizada en estas condiciones es  $I = P/E$  o  $1\ 725/115 = 15$  amperes. Por otra parte, considere que el mismo aparato opera a 230 volts. La corriente en este caso es  $1\ 725/230$  o 7.5 amperes.

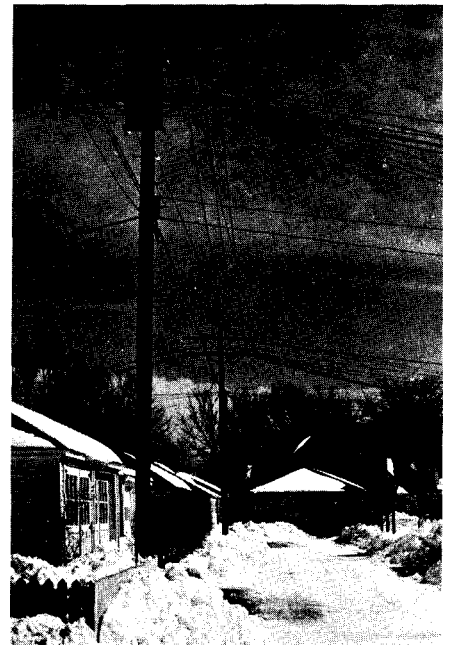


Fig. 31-2. Transformador de distribución montado en un poste eléctrico.

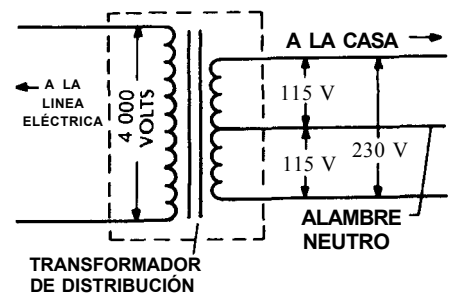


Fig. 31-3. Voltajes de un sistema de tres alambres típico empleado en casas.

Una intensidad de corriente menor (a 230 volts) presenta dos ventajas importantes. Primero, los hilos de conexión que van al aparato pueden ser más pequeños. Esto reduce el costo de instalación de los mismos. Segundo, una corriente menor produce una pérdida de potencia baja en los alambres. Según la ecuación  $P = I^2 R$ , esta pérdida es directamente proporcional al cuadrado de la corriente.

## ACOMETIDA

Los conductores de la *acometida* se extienden desde el punto en el cual los conductores de la línea de alimentación o ramal de acometida se conectan en la casa, hasta el centro de carga. Se considera por lo general que el conjunto de la acometida incluye los conductores, el medidor de watts-hora y el centro de carga. Usualmente la compañía de suministro eléctrico se asegura de conectar desde el ramal o línea eléctrica, incluyendo el medidor.

**Cable de acometida.** Cuenta con tres conductores (Fig. 31-4), uno de los cuales, el conductor neutro, no tiene forro. Éste por lo general se compone de trenzas separadas de alambre. Cuando el cable se conecta a un punto terminal, los hilos trenzados del conductor neutro se tuercen entre sí para formar un conductor de una sola trenza.

**El medidor de watts-hora.** Mide y registra la cantidad de energía eléctrica (en unidades de kilowatts-horas) en una casa. El medidor es instalado por la compañía eléctrica y le pertenece.

**El centro de carga.** El centro de carga, denominado también tablero de fusibles o de disyuntores, es la unidad a partir de la cual la energía eléctrica se distribuye a los diferentes lugares de la casa (Fig. 31-5). Contiene los fusibles y el interruptor de la línea principal. Este último puede emplearse para desconectar todos los servicios eléctricos de una casa. El centro de carga contiene también los fusibles o disyuntores (cortacircuitos automáticos) que protegen los circuitos derivados del sistema de alambrado.

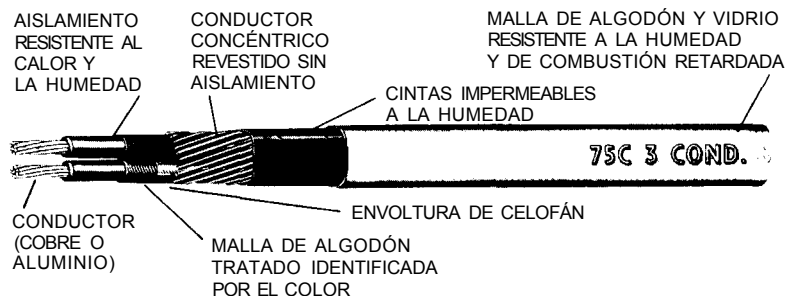


Fig. 31-4. Cable de acometida (General Electric Company).

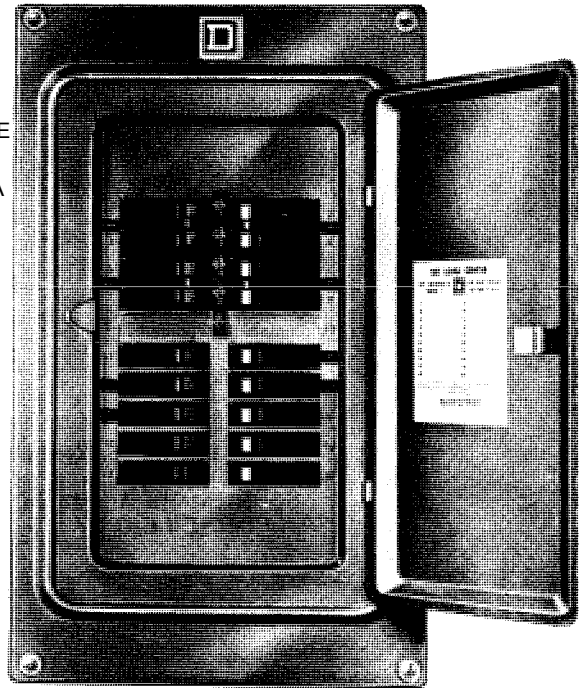


Fig. 31-5. Centros de carga: (A) tablero de fusibles; (B) tablero de ruptores de circuito (Square D Company).

La capacidad del centro de carga se diseña de acuerdo con el número de fusibles o disyuntores de circuito que pueden colocarse en él, y con su carga o consumo nominal de corriente. El tablero de fusibles que se muestra en la figura 31-5A tiene una capacidad de 60 amperes. Centros de carga más grandes, equipados con más portafusibles, tienen capacidades nominales de 100, 150, 200 o más amperes.

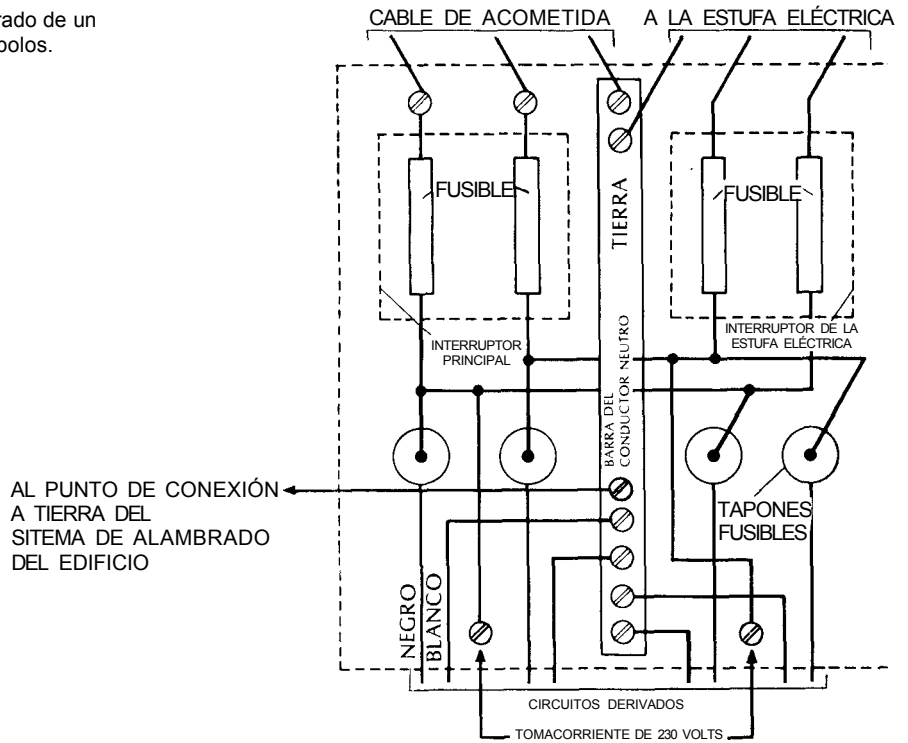
**Toma de tierra del usuario.** Para reducir el peligro de choques eléctricos y proteger contra las descargas, se conecta a tierra el conductor neutro del cable de acometida. Esto se efectúa conectándolo a la barra conductora neutra en el centro de carga. La barra conductora, a su vez, se conecta en una varilla aterrizada o en casas antiguas, a la tubería de agua.

## CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos o ramas derivadas de un sistema de conexiones residencial distribuyen la electricidad desde el centro de carga a los diferentes elementos eléctricos de la casa. Los tres tipos comunes de circuitos derivados se estudian a continuación.

**Circuitos de propósito general.** Los circuitos derivados de propósito general se emplean para iluminación y tomaco-

**Fig. 31-6.** Diagrama de alambrado de un tablero de fusibles de cuatro polos.



mentos. Éstos se destinan para hacer funcionar radios, aparatos de televisión, relojes y otros aparatos pequeños como los que se utilizan para preparar comida (por ejemplo, tostadores, parrillas, etc.). Los circuitos para iluminación se conectan por lo general con alambre del número 12 (2.00 mm) o no. 14 (1.60 mm) y se protegen con fusibles o disyuntores de 20 o 15 amperes.

Como se muestra en la figura 31-6, un alambre de cada circuito de propósito general se conecta a la barra conductora neutra del centro de carga. El alambre neutro para conexión a tierra se identifica por el color blanco. El alambre conectado directamente al fusible o al disyuntor, por lo común es negro o rojo. Este alambre del circuito se denomina con frecuencia conductor de fase o "vivo".

El alambre blanco para conexión a tierra para un circuito de propósito general de dos alambres, nunca se utiliza como una conexión de seguridad a tierra. Cuando se va a conectar a tierra el gabinete o caja de un producto que opera en dicho circuito, se emplea un tercer alambre de conexión a tierra.

**Circuitos para aparatos pequeños.** Se emplean para aparatos como refrigeradores, tostadores, parrillas, cafeteras y planchas. Para instalarlos se emplean alambres del no. 12 (2.00 mm) y se protegen con fusibles o disyuntores de 20 amperes.

**Circuitos separados.** Un circuito derivado separado se emplea generalmente para un solo equipo. Ejemplos de cir-

cuitos separados son los que se utilizan para estufas eléctricas, secadoras, calentadores de agua, sistemas de calefacción y acondicionadores de aire.

El circuito de una estufa eléctrica casi siempre es de 115 y 230 volts, de tres conductores, dos fases y el otro neutro. En cada uno de los conductores de fase hay un fusible o disyuntor. Un circuito separado de 230 volts es de dos conductores de fase y se protege con un fusible o disyuntores.

El armario de una estufa eléctrica se aterriza conectándolo al alambre neutro del circuito de tres alambres (Fig. 31-7). Sin embargo, un alambre separado para conexión a tierra se conecta también desde una terminal en el armazón de la estufa hasta un punto de conexión a tierra del sistema de alambrado. El armario, armazón o bastidor de un aparato u otro equipo que opere con un circuito de 230 volts de dos alambres, se aterriza con un alambre adicional de conexión a tierra. Este conductor se encuentra usualmente en el cable de conexión. Muchos aparatos eléctricos y herramientas que operan a 115 volts, como lavadoras, lavaplatos y taladros eléctricos, presentan el peligro potencial de choque; por tanto, utilizan un alambre de conexión a tierra separado.

**Tomacorrientes de 230 volts.** Se instalan en un tablero para conectar los circuitos derivados individuales adicionales. Cuando se emplean para un circuito de este tipo, deben instalarse fuera del tablero fusibles o disyuntores complementarios. Éstos son necesarios debido a que el circuito no está protegido con fusibles o disyuntores para circuitos derivados en el tablero.

## ALAMBRADO DE CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos derivados se instalan con varios tipos de medios de conexión aprobados para proteger al alambre contra daños mecánicos. Los sistemas de conexión residenciales más comunes se estudian a continuación.

**Cable de forro no metálico.** Por lo general cuenta con dos o tres alambres aislados y puede o no contener un alambre para conexión a tierra (Fig. 31-8). Este tipo de cable se emplea para todas las clases de trabajos de conexión en interiores; nunca se pasa dentro de cemento o yeso. El cable de forro no metálico cuenta con una cubierta completa resistente a la humedad. Ésta permite que se emplee tanto para trabajo expuesto y oculto en lugares secos, húmedos y mojados, como en paredes exteriores o interiores de ladrillo, madera o loseta.

El cable de forro no metálico se fabrica en varios tamaños, designados como 14/2, 12/2, 12/3, etc. El número a la izquierda de la diagonal corresponde al calibre de la AWG de los conductores individuales. El otro número determina el número de conductores en el cable además del alambre de conexión a tierra

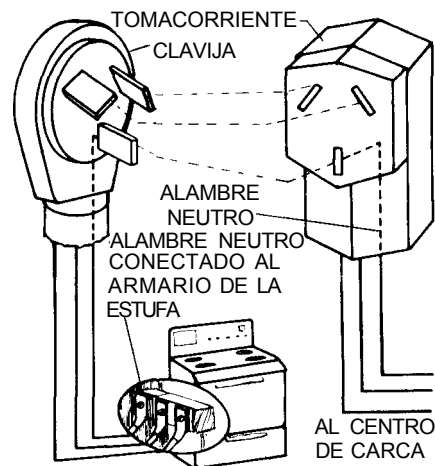


Fig. 31-7. El armario de una estufa eléctrica se conecta a tierra mediante una clavija y tomacorriente polarizados.

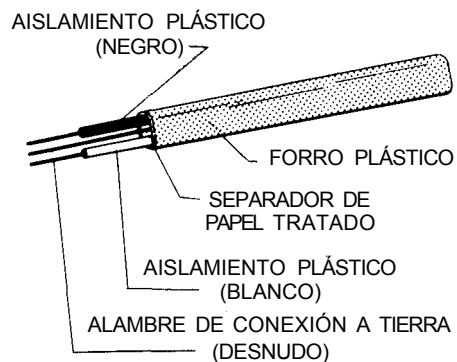


Fig. 31-8. Estructura de un cable de forro no metálico de dos conductores con un alambre de conexión a tierra.

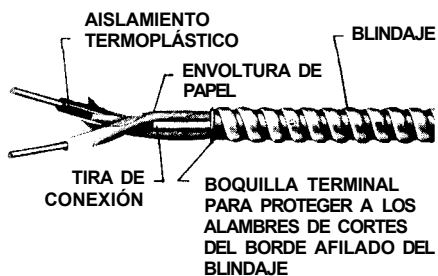


Fig. 31-9. Cable blindado (General Electric Company).

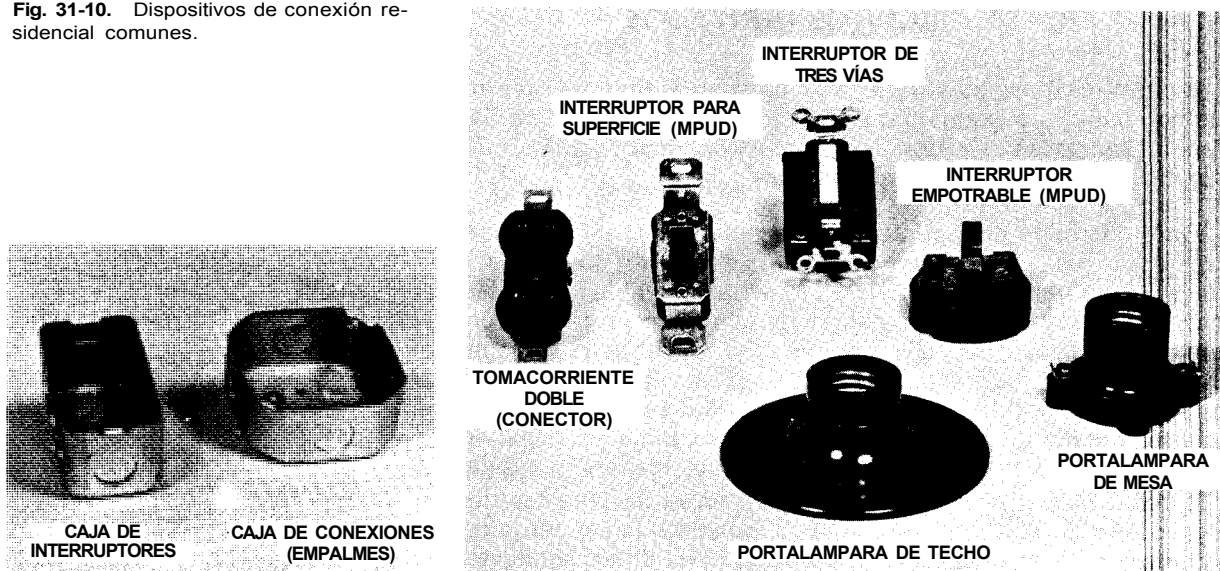
desnudo. Por tanto, un cable 12/2 tiene dos alambres aislados del número 12 de la AWG (2.00 mm).

**Cable blindado.** En este cable los alambres aislados se encuentran dentro de una funda flexible de blindaje. La funda se forma con una espiral de cinta de acero galvanizado que se entrelaza para formar una envoltura similar a un tubo. El cable contiene también una tira desnuda de conexión de cobre o aluminio en contacto con el blindaje a lo largo de toda su longitud (Fig. 31-9). El propósito de la tira de conexión es proporcionar continuidad a la tierra del circuito en caso de que el blindaje se rompa en algún punto. Esto es necesario debido a que el blindaje casi siempre es un elemento del sistema de conexión a tierra.

El cable blindado tiene el visto bueno para emplearse en lugares secos donde las conexiones del circuito derivado deben protegerse contra el desgaste o incrustarse en yeso. El cable blindado de plomo se emplea en lugares mojados y donde el aceite u otras sustancias pueden corroer el aislamiento del alambre. En este cable, los alambres aislados se cubren con un forro de plomo sobre el cual se coloca el blindaje.

**Portacables metálico (PCM).** Se instala entre dispositivos de conexión que serán conectados. Tramos individuales de alambre para construcción se insertan o introducen a través de una tubería o portacables y se conectan a los dispositivos. En tramos de tubería largos los alambres se introducen con ayuda de una *cinta guía* hecha de acero flexible.

Fig. 31-10. Dispositivos de conexión residencial comunes.



## CONDUCTORES DE ALUMINIO

El alambrado de algunos sistemas eléctricos de edificios se realiza en la actualidad con conductores de aluminio. El aluminio tiene una resistencia eléctrica más alta que el cobre. Por esta razón, los conductores de aluminio deben tener un diámetro o sección transversal mayor que los de cobre, cuando ambos puedan emplearse para el mismo propósito. Por ejemplo, el alambrado de un circuito que pudiera realizarse con conductores de cobre del no. 14 de la AWG (1.60 mm), podría alambrarse con conductores de aluminio del no. 12 de la AWG (2.00 mm).

El alambrado con aluminio requiere conectores especiales. Los dispositivos de conexión, como interruptores y tomacorrientes, también deben aprobarse para emplearse con conductores de aluminio. Los alambres y cables de aluminio que se utilizan en construcciones se identifican mediante la palabra *aluminio* o por su abreviatura, *Al*.

## DISPOSITIVOS DE CONEXIÓN

Para completar un sistema eléctrico residencial se emplean varios dispositivos de conexión o de alambrado (Fig. 31-10). Se diseñan e instalan para proporcionar un empleo y control seguros de la energía eléctrica, convenientes y funcionales.

**Cajas de interruptores.** La mayor parte de los reglamentos eléctricos requieren la instalación de interruptores empotrables en recintos metálicos. Éstos, denominados cajas de interruptores, se emplean también para montar tomacorrientes. Las cajas protegen mecánicamente a los dispositivos. Además, evitan que una chispa en el interruptor se convierta en un peligro de incendio.

**Caja de conexiones.** Éstas contienen las conexiones del alambrado del circuito derivado. Las conexiones se efectúan a menudo con conectores de alambre u otros de presión (sin soldadura, Fig. 31-11). Las cajas de conexiones o de empalme se emplean también para montar diferentes tipos de accesorios de iluminación.

**Conectores de caja.** Todos los cables que entran a una caja de interruptores o conexiones deben fijarse firmemente en la misma. Algunas cajas tienen integrados sujetadores de cable para este propósito. De otro modo, se emplean conectores de caja separados (Fig. 31-12).

**Dispositivos de conexión de superficie.** En particular son útiles para cambiar un sistema de conexión o de alambrado residencial existente (Fig. 31-13); pueden instalarse sin provocar daños al yeso o la madera de las paredes.



Fig. 31-11. Conexión de alambres con conectores de presión (Ideal Industries, Inc.).



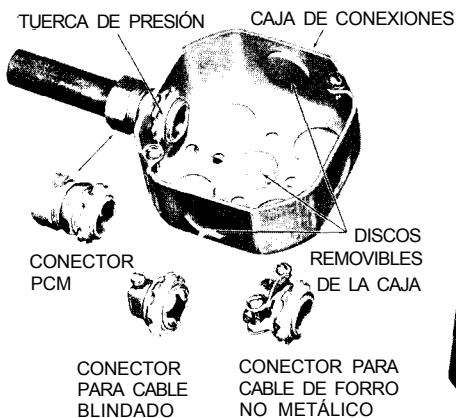


Fig. 31-12. Conectores de caja (Midwest Electric Manufacturing Company).

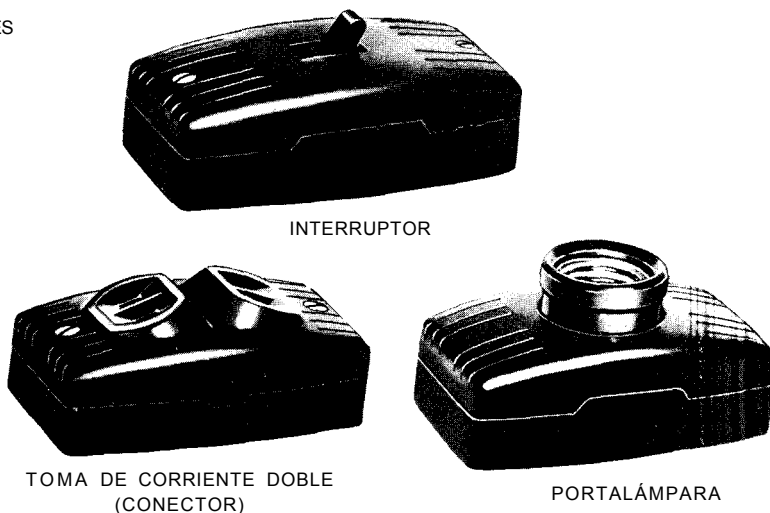


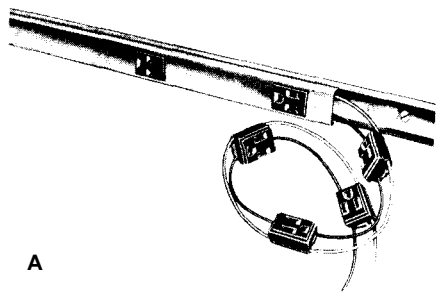
Fig. 31-13. Dispositivos de conexión de superficie (Bryant Division of Westinghouse).

**Tomacorrientes múltiple.** Se compone de un recinto metálico rectangular con alambres y tomacorrientes preinstaladas (Fig. 31-14A). Tal arreglo es una forma muy conveniente de ampliar la capacidad de conexiones existente. Además, es muy útil para colocar tomacorrientes en lugares que no podrían alcanzarse fácilmente con cable ordinario o una conexión derivada. También puede proporcionar varias tomas de corriente en un taller de reparaciones eléctricas (Fig. 31-14B).

### INTERRUPTORES DE TRES Y CUATRO VÍAS

Los interruptores de tres vías se emplean para controlar una carga desde dos puntos. Tales interruptores se emplean comúnmente en circuitos para iluminación en pasillos, escale-

Fig. 31-14. (A) tomacorriente múltiple polarizado; (B) taller de reparaciones eléctricas equipado con tomacorrientes múltiple The Wiremold Company).



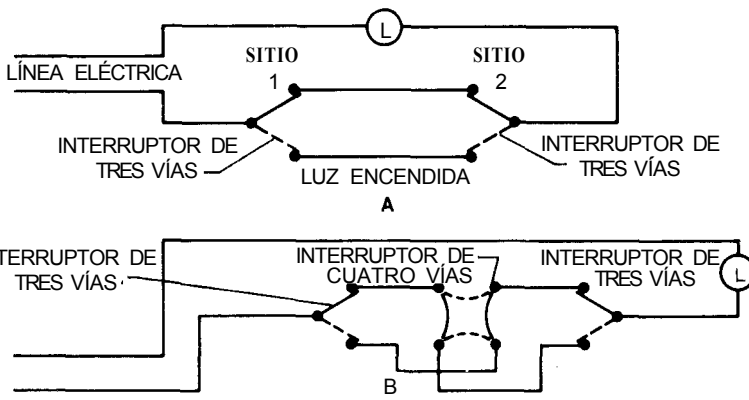


Fig. 31-15. Circuitos de control de varios puntos: (A) dos puntos; (B) tres puntos.

ras y entradas. En la figura 31-15A se muestra el diagrama esquemático de un circuito de control de dos puntos que emplea dos interruptores de tres vías.

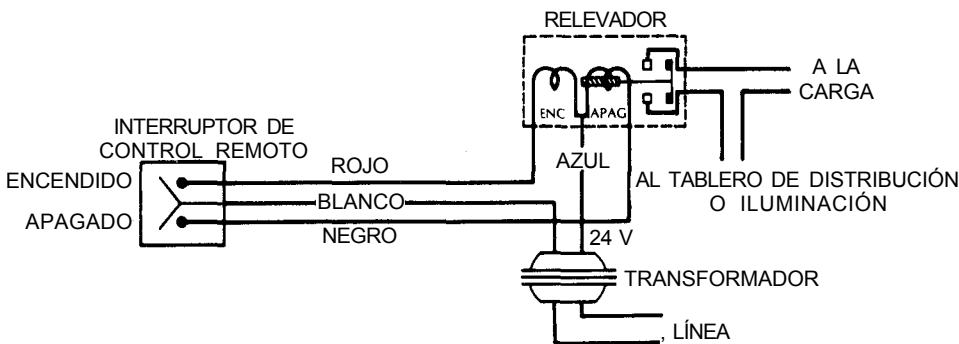
Una combinación de interruptores de tres y cuatro vías puede utilizarse para controlar una carga desde cualquier lugar. El diagrama de un circuito de control de tres puntos que emplea dos interruptores de tres vías y un interruptor de cuatro vías se muestra en la figura 31-15B.

## CONEXIÓN PARA CONTROL REMOTO

Este tipo de alambrado permite controlar lámparas y aparatos en varias habitaciones y áreas desde un punto central. En tales sistemas aún es posible el control local de luces; por ejemplo, mediante la conexión para control remoto puede encenderse una lámpara en la habitación de enfrente y apagarse otra en la contigua. Esto puede realizarse con un solo interruptor.

Un sistema de alambrado de control remoto emplea relevadores. Éstos se controlan con un bajo voltaje, usualmente 24 volts, suministrado por un transformador reductor. En algunos sistemas, se conecta un diodo rectificador en el devanado secundario o circuito de salida del transformador, de manera

Fig. 31-16. Circuito de alambrado básico para control remoto (General Electric Company).



que los relevadores puedan operarse con corriente continua. Los relevadores pueden montarse en las cajas de los tomacorrientes o en cajas o armarios del centro de relevadores. Un circuito básico que muestra las conexiones de un transformador, un relevador y un interruptor para control remoto se presenta en la figura 31-16.

## INDICIOS DE CONEXIONES INADECUADAS

Durante los últimos años el número de productos eléctricos y electrónicos que se emplean en el hogar ha crecido en gran medida. Esto ha creado el problema de sobrecarga de los circuitos derivados. En la propia casa, muchos aparatos pueden conectarse a uno o más circuitos derivados. Esta circunstancia produce desperdicios de electricidad, genera el peligro de incendio y causa a menudo que los aparatos funcionen en forma incorrecta.

Existen varias señales de conexión inadecuada. Las más comunes se listan a continuación:

1. Los fusibles se funden y los disyuntores con frecuencia se abren por causa de una sobrecarga de un circuito derivado.
2. Los aparatos de calefacción no calientan tan rápidamente como deberían ni alcanzan la temperatura correcta.
3. La intensidad de las lámparas disminuye cuando se usan los aparatos o cuando los motores de aparatos como la nevera arrancan.
4. La imagen de la televisión se contrae cuando operan aparatos o arrancan los motores de los mismos.
5. Los motores de los aparatos arrancan con dificultad o no pueden hacerlo.
6. Los motores operan a una velocidad más baja que la normal, lo cual ocasiona que se sobrecalienten.

Si se presenta cualquiera de estas señales un electricista calificado debe inspeccionar completamente el sistema de conexión. En algunos casos, un sistema de alambrado inadecuado puede corregirse simplemente añadiendo circuitos derivados o utilizando alambre de calibre más grande en un circuito derivado. Algunas veces, puede ser necesario reemplazar todo el sistema de alambrado.

---

## APRENDIZAJE PRACTICO

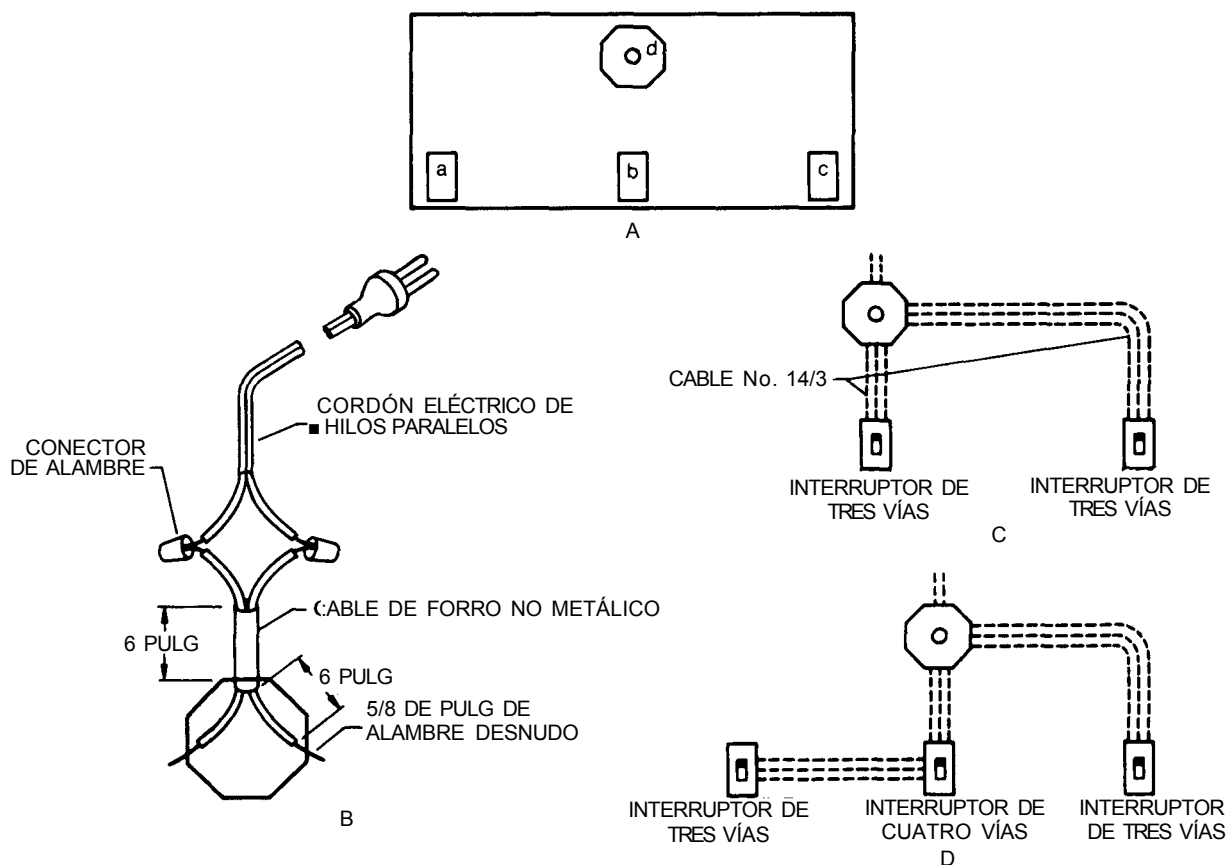
**29. Alambrado con cable de forro no metálico.** Estos trabajos de alambrado le ayudarán a conocer cómo los diversos dispositivos de conexión o alambrado comunes se emplean

en el hogar. Además adquirirá experiencia en la conexión de una carga en interruptores de tres y cuatro vías.

### MATERIALES NECESARIOS

- tablilla o tablero experimental para conexiones provisionales 3/4 x 18 x 30 pulg (19 x 457 x 762 mm)
- 1 caja de conexiones, octagonal, tamaño comercial, 4x1 1/2 pulg
- 3 cajas de interruptores de uso general, tamaño comercial, 4x2 1/8 x 1 1/2 pulg
- 1 tapa de caja de conexiones
- 3 tapas de caja de interruptores
- 1 interruptor de soporte empotrable mpud
- 2 interruptores de tres vías, soporte empotrable
- 1 interruptor de cuatro vías, soporte empotrable
- 2 tomacorrientes dobles
- 1 portalámpara sin interruptor, base estándar, para colocarse en una caja de conexiones o empalme de 4 pulg
- 8 pies [2.4 m] de cable con forro no metálico, no. 14/3
- 5 pies (1.5 m) de cable con forro no metálico, no. 12/2

Fig. 31-17. Montajes para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 29, "Alambrado con cable de forro no metálico".



4 pies (1.2 m) de cordón eléctrico dúplex, no. 18 [1.00 mm]  
5 conectores de caja para cable con forro no metálico  
6 conectores de alambre para empalmar dos alambres del no. 14 (1.60 mm)  
1 clavija de conexión manual de hule  
1 lámpara incandescente de casquillo estándar, 40, 60 o 100 watts  
cinta para cable de forro no metálico

### Procedimiento

1. Monte las tres cajas de interruptores (a, b, c) y la caja de conexiones (d) en la tablilla para conexiones provisionales como se muestra en la figura 31-17A.
2. Conecte el cordón eléctrico en la caja de conexiones como se muestra en la figura 31-17B. Esta última se emplea también para montar el portalámpara.
3. Tarea 1. Alambre e instale los tomacorrientes dobles en las cajas de interruptores a y b. Inspeccione la conexión siguiendo el circuito.
4. Tarea 2. Alambre un circuito para controlar la lámpara empleando el interruptor empotrable mpud montado en la caja de interruptores b.



**PRECAUCIÓN:** Nunca conecte en los interruptores el conductor para conexión a tierra (blanco) de un sistema de alambrado de un edificio.

5. **Tarea 3.** Alambre un circuito de control de dos puntos (Fig. 31-17C).
6. **Tarea 4.** Alambre un circuito de control de tres puntos (Fig. 31-17D).

---

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. En el \_\_\_\_\_ se obtiene información relacionada con los materiales y métodos de conexión o alambrado que dan como resultado el empleo seguro de la energía eléctrica.
2. El alambre desnudo de un ramal de acometida se denomina alambre o conductor \_\_\_\_\_
3. Una línea de alimentación o ramal de acometida de tres alambres se emplea para suministrar dos \_\_\_\_\_ diferentes.
4. Un aparato que trabaje a 230 volts necesita menos \_\_\_\_\_ para su operación que la que podría necesitar el mismo aparato cuando operara a 115 volts.
5. La electricidad se distribuye en los diferentes lugares de una casa desde el \_\_\_\_\_ Esta unidad también se denomina comúnmente \_\_\_\_\_.
6. El centro de carga contiene los \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_ que protegen los circuitos derivados de un sistema de conexiones.

7. El conductor neutro del cable de acometida se conecta a tierra para reducir el peligro de \_\_\_\_\_ y proteger contra \_\_\_\_\_.
8. Los circuitos \_\_\_\_\_, los circuitos \_\_\_\_\_ y los circuitos \_\_\_\_\_ son tres tipos comunes de circuitos derivados.
9. Un alambre de cada circuito de propósito general se conecta al \_\_\_\_\_ del centro de carga. El alambre neutro de conexión a tierra es de color \_\_\_\_\_.
10. El alambre de conexión a tierra de un circuito de propósito general de dos alambres nunca se emplea como un alambre \_\_\_\_\_.
11. El circuito de una estufa eléctrica es un ejemplo de un circuito derivado \_\_\_\_\_.
12. El cable de forro no metálico nunca se emplea en exteriores ni se coloca dentro de \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
13. Un cable de forro no metálico del no. 14/3 contiene \_\_\_\_\_ alambres aislados del no. 14 de la AWG.
14. Los \_\_\_\_\_ de caja se emplean para fijar firmemente el cable en cajas de interruptores y conexiones.
6. ¿Cómo se conecta a tierra en el centro de carga el sistema de alambrado residencial?
7. Mencione y defina tres tipos de circuitos derivados en el hogar.
8. Describa el cable con forro no metálico y el cable blindado.
9. ¿Con qué objetivo se emplea la tira de conexión (cables trenzados] en un cable blindado?
10. Describa el alambrado con una tubería metálica eléctrica o portacables.
11. ¿Por qué se instalan los interruptores y tomacorrientes en las cajas de interruptores?
12. ¿Con qué propósito se emplean las cajas de conexiones o empalme y los conectores de caja?
13. Describa un tomacorrientes múltiple.
14. Dibuje diagramas de circuitos de control de dos y tres puntos. Explique cómo funcionan estos circuitos.
15. ¿Qué se entiende por un alambrado para control remoto?
16. Mencione cinco señales de un alambrado inadecuado en un sistema de alambrado residencial.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuál es el objetivo del *National Electrical Code*?
2. ¿Por qué se emplea una línea de alimentación o ramal de acometida de tres alambres para abastecer un sistema eléctrico residencial?
3. Mencione dos ventajas de la operación de las cargas de gran capacidad a 230 volts en comparación con 115 volts.
4. Defina el conjunto del cable de acometida de un sistema de conexión residencial.
5. ¿Con qué objetivo se emplea un centro de carga? Describa dos tipos de centro de carga.

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Muestre en clase el *National Electric Code*. Describa su contenido.
2. Visite a un inspector eléctrico local, contratista de construcciones o electricista y solicite información acerca de los reglamentos de alambrado en edificios que se emplean en su comunidad. Informe en clase sobre lo que haya aprendido.
3. Consiga y muestre en clase dispositivos, alambres y cables de conexión que se empleen en el sistema de alambrado residencial. Describa el propósito de cada uno.

## Unidad 32 Motores eléctricos

Siempre se busca la forma de realizar el trabajo de manera más rápida, fácil y con un rendimiento bueno. Por tal motivo, muchas máquinas se han inventado para sustituir la labor manual. Una de éstas es el motor eléctrico, máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

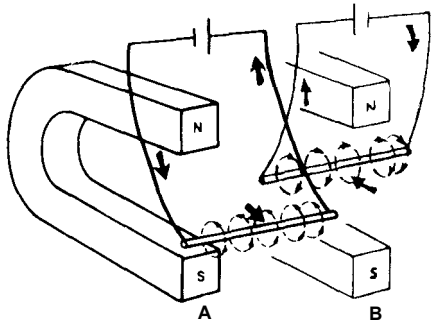


Fig. 32-1. Acción motriz básica.

### ACCIÓN MOTRIZ

Un ejemplo fundamental de cómo la energía eléctrica puede convertirse en movimiento mecánico se muestra en la figura 32-1. Cuando la corriente fluye de izquierda a derecha por un alambre largo, alrededor de éste se produce un campo magnético. La polaridad de este campo provoca que el alambre sea repelido por el campo magnético del imán permanente. De esta manera el alambre se aleja del imán (Fig. 32-1A).

Si se invierte el sentido de la corriente que circula por el alambre, también se invierte la polaridad del campo magnético. Como resultado, el alambre se mueve hacia el imán permanente debido a la atracción magnética (Fig. 32-1B).

En la figura 32-2A se muestra un ejemplo de cómo puede producirse movimiento circular por medio de la sencilla acción motriz. Un imán permanente se monta en un pivote de manera que pueda girar libremente entre los polos de dos bobinas de electroimán. Las bobinas se conectan en serie con una batería y un interruptor inversor bipolar-bidireccional, bpbd (Fig. 32-2A). El interruptor inversor se emplea para cambiar la polaridad del voltaje aplicado en las bobinas.

Cuando el interruptor inversor se cierra en una dirección, la corriente a través de las bobinas del electroimán produce polos magnéticos de la polaridad que se muestra en la figura 32-2B. Éstos atraen a los polos del imán permanente, el cual comienza a girar en la dirección del movimiento de las agujas del reloj. Cuando el imán se aproxima a los polos, el interruptor se abre y el electroimán deja de generar el campo magnético. Puesto que el imán permanente está girando, así continuará más allá de las bobinas debido a la inercia.

El interruptor inversor se cierra entonces en la dirección opuesta. De esta manera, el sentido de la corriente que circula por las bobinas se invierte. Esto, por supuesto, cambia la polaridad de los electroimanes. Ahora las bobinas repelen al imán permanente, el cual continúa girando en el sentido de movimiento de las agujas del reloj (Fig. 32-2C).

### CONMUTACIÓN DE LA POLARIDAD

El empleo de un interruptor bpbd no sería una forma práctica de cambiar la polaridad magnética en un motor. En

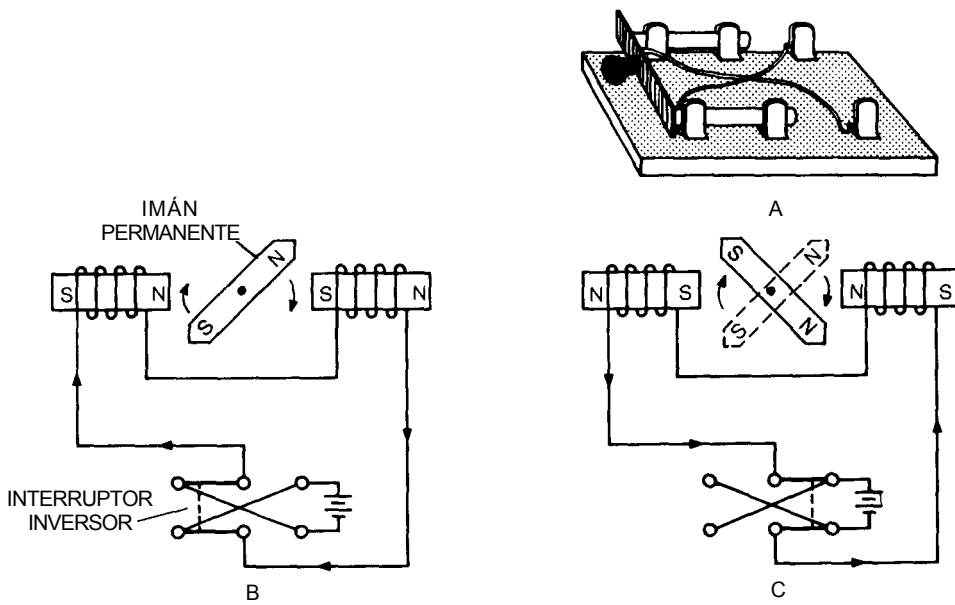


Fig. 32-2. Producción de un movimiento circular mediante una acción motriz sencilla.

un motor práctico, se emplea un dispositivo llamado colector o conmutador. La acción de éste en un motor sencillo se muestra en la figura 32-3.

En este motor, una bobina del electroimán, denominada inducido, se monta en un eje y se coloca entre los polos de un imán permanente. Puesto que ella también gira, se le denomina rotor. Cada una de las terminales de la bobina móvil se conecta en una delga o segmento del colector, que a su vez se monta en el eje del motor. El colector cuenta con delgas o segmentos aislados del eje y entre sí. Cuando el inducido gira, las delgas en intervalos regulares rozan contra contactos estacionarios denominados escobillas.

En la figura 32-3A, la delga 1 del conmutador se conecta a la terminal negativa de la batería mediante la escobilla 1. La delga 2, a la terminal positiva mediante la escobilla 2. En estas circunstancias, los polos del imán permanente repelen al electroimán giratorio y el inducido o rotor empieza a girar en la dirección del movimiento de las agujas del reloj. La polaridad magnética del inducido no cambia cuando éste continúa girando en la posición mostrada en la figura 32-3B. Ahora los polos del imán permanente atraen a sus polos.

Cuando el inducido llega a la posición que se muestra en la figura 32-3C, el colector invierte sus conexiones en la batería; la delga 1 se conecta a la terminal positiva de la batería y la delga 2, a la terminal negativa. Esto invierte el sentido de la corriente a través de la bobina giratoria o inducido y su polaridad magnética cambia. Una vez más, los polos magnéticos iguales se aproximan entre sí. La repulsión magnética provoca que el inducido continúe girando en el sentido del movimiento de las agujas del reloj.



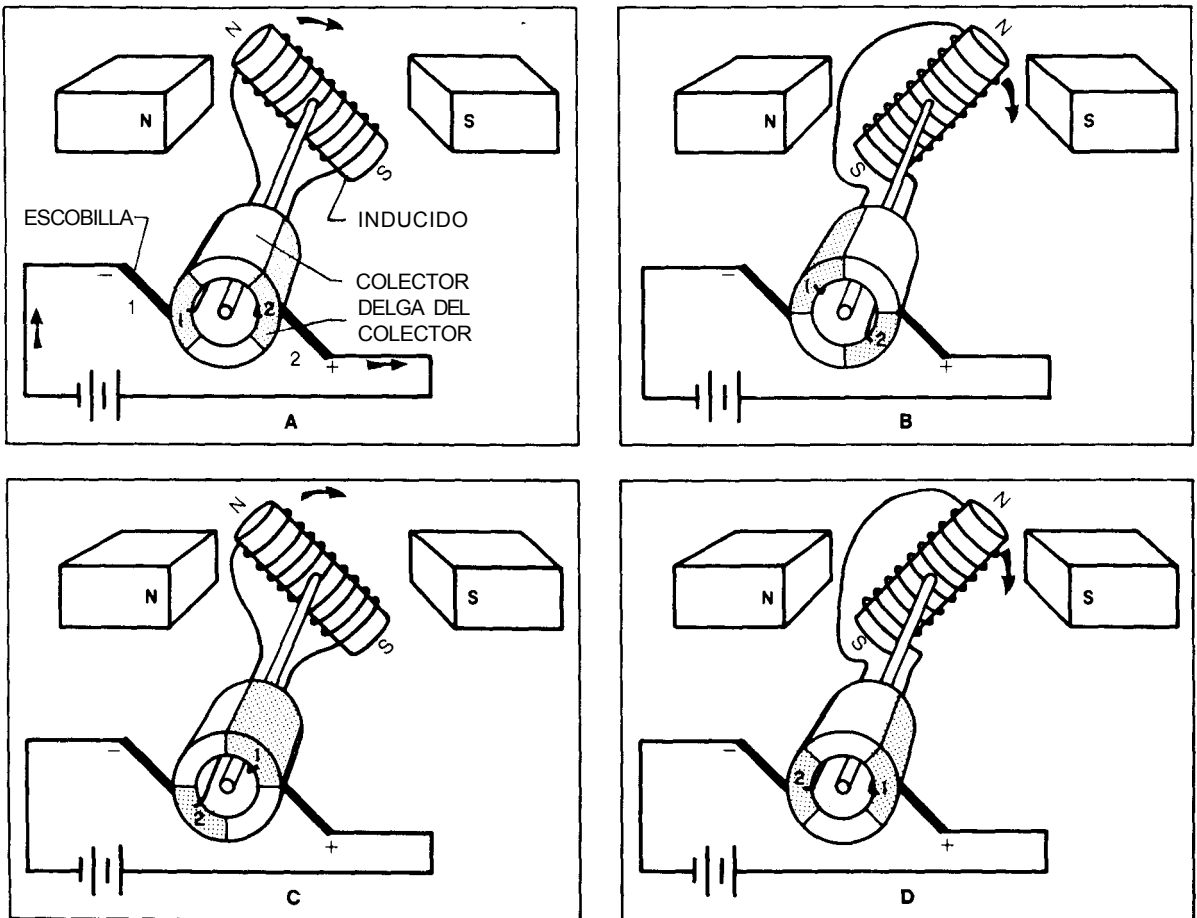
Cuando el inducido llega a la posición que se muestra en la figura 32-3D, la polaridad magnética de sus polos no cambia. Los polos del imán permanente atraen a los polos del inducido. Lo anterior causa que el inducido continúe girando en la dirección del movimiento de las agujas del reloj.

### CAPACIDAD DE MOTORES

La capacidad de un motor eléctrico se determina en términos de una unidad mecánica de potencia denominada *caballo de potencia* (hp: horse-power). Esta equivale a 746 watts de potencia eléctrica. Un caballo de potencia se define como la cantidad de trabajo necesario para levantar un peso de 550 libras (250 kg) una distancia de 1 pie (305 mm) en un segundo de tiempo. En el sistema métrico las capacidades de los motores se expresa en watts.

La mayor parte de los motores que se estudian en los siguientes párrafos se conocen como motores de *potencia frac-*

Fig. 32-3. Conmutación de la polaridad en un motor.



cionaria. Esto significa que su capacidad es menor que un caballo de potencia. Otros motores empleados para trabajo pesado pueden tener una potencia nominal desde 1 hasta 1 000 caballos de potencia (0.746 hasta 746 kilowatts) o más.

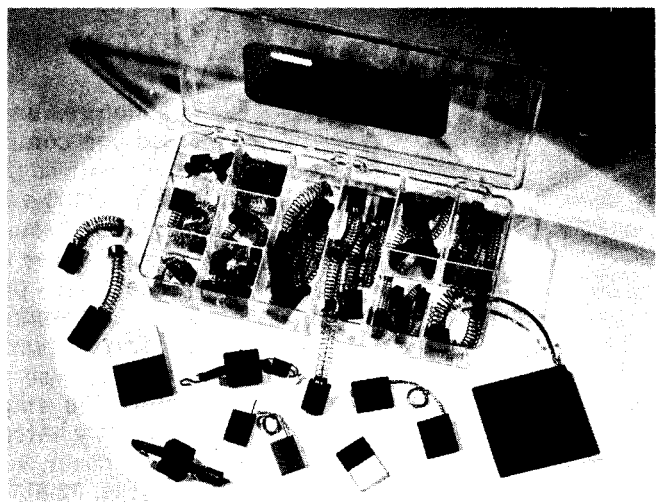
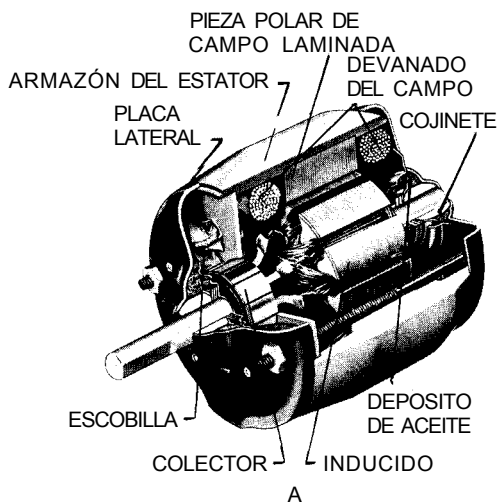
## MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Los motores y generadores de corriente continua son muy similares. Los campos magnéticos de los motores de cc son producidos por devanados estacionarios llamados *campo* o estator y por devanados rotatorios en el núcleo del inducido o rotor (Fig. 32-4A). El circuito de un extremo al otro de los devanados del inducido en el motor típico de cc se completa mediante escobillas de carbón estacionarias. Las escobillas están en contacto con las delgas o segmentos del colector que se conectan en los devanados del inducido. Varios tipos de escobillas de inducido se muestran en la figura 32-4B.

El **motor en serie**. En este tipo de motores, el campo y los devanados del inducido se conectan en serie (Fig. 32-5A). El motor en serie tiene un alto par de arranque o momento de torsión. Por esta razón, proporciona un buen arranque cuando se conecta a cargas pesadas. El motor ordinario de arranque o marcha de un automóvil es un motor en serie. Tales motores se emplean también en grúas, malacates, montacargas y máquinas de trenes.

Un motor de corriente continua en serie no debe operar nunca cuando no se ha conectado directamente a una carga o acoplado a ella mediante un conjunto de engranajes. De otra forma, el motor continuaría aumentando su velocidad hasta un punto en el que podría dañarse seriamente o destruirse.

Fig. 32-4. (A) Partes principales de un motor de cc (Motor Division, Controls Company of America); (B) escobillas de carbón empleadas en motores y generadores de cc (Helwig Carbon Products Inc.).



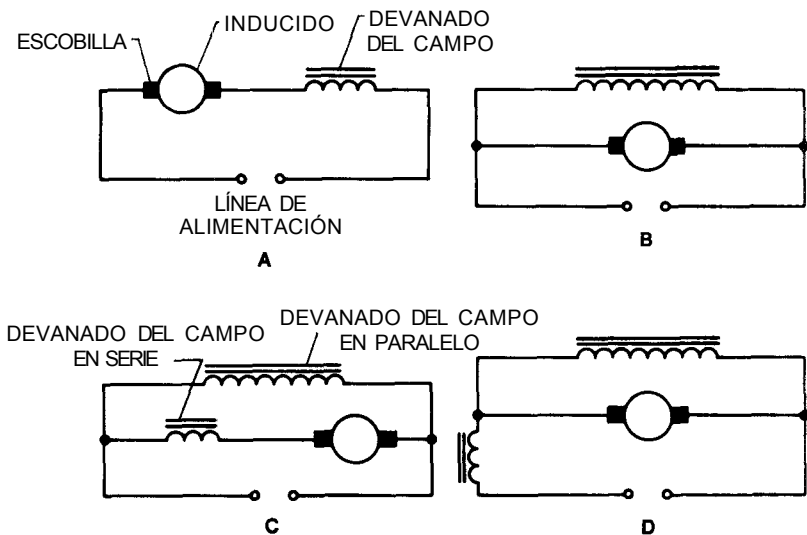


Fig 32-5. Diagramas esquemáticos de motores de cc: (A) motor en serie; (B) motor en paralelo; (C) motor compuesto en derivación larga; (D) motor compuesto en derivación corta.

**El motor en paralelo.** En este caso, se conectan en paralelo el campo y los devanados del inducido (Fig. 32-5B). Los motores en paralelo operan con una velocidad relativamente constante cuando se conectan a cargas variables. Se emplean a menudo en prensas taladradoras para trabajo pesado, cintas transportadoras y prensas tipográficas.

**El motor compuesto.** Es una combinación de los motores en serie y en paralelo (Figs. 32-5C y 32-5D). Ofrece la ventaja del par grande de un motor en serie y la de la velocidad constante de un motor en paralelo. Los motores compuestos pueden ser de derivación larga o de derivación corta, según la manera como se conecte el campo en derivación.

## MOTORES UNIVERSALES

Los motores universales trabajan tanto con corriente directa como con continua. Son semejantes a los pequeños motores en serie de cc (Fig. 32-5A). Se encuentran en capacidades que van de 1/100 a 2 caballos de fuerza (7.46 a 1 492 watts) con velocidades hasta de 10 000 revoluciones por minuto (rpm).

Los motores universales que trabajan en 120 volts son pequeños, pero proporcionan una salida en caballos de potencia relativamente grande. La dirección de la rotación de los motores universales puede invertirse y, en forma sencilla, controlarse su velocidad. Debido a estas características, los motores se emplean en una amplia variedad de pequeños aparatos y herramientas portátiles. Éstos comprenden máquinas de coser, aspiradoras, batidoras, taladros, sierras y cizallas (Fig. 32-6).

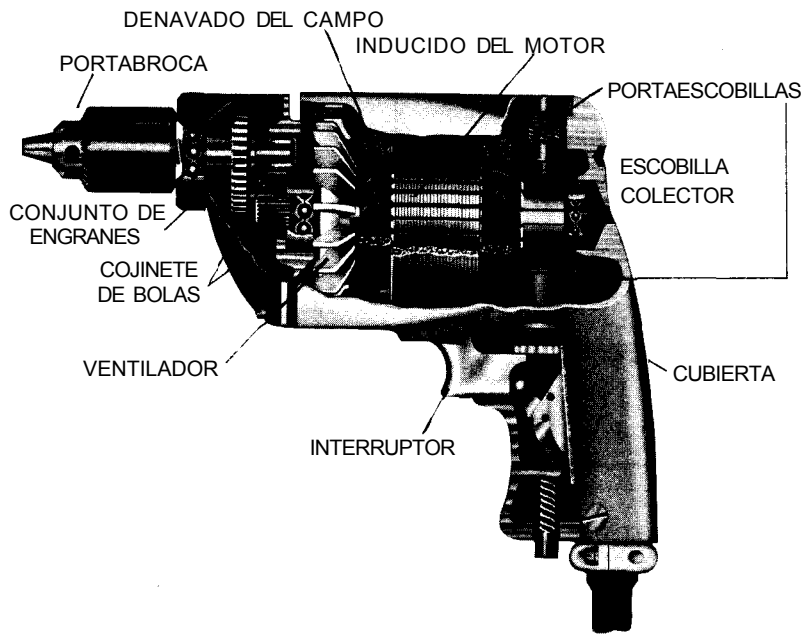


Fig. 32-6. Un motor universal en un taladro eléctrico portátil (Black and Decker Manufacturing Company).

## INVERSIÓN DE UN MOTOR

El sentido de rotación de un motor de cc o un motor universal puede invertirse intercambiando las conexiones en los devanados del inducido o en los devanados de campo o estator. Esto se efectúa algunas veces con un interruptor inversor conectado en las escobillas. Un ejemplo del arreglo de este tipo que emplea un interruptor bpbcd con un motor en serie se muestra en la figura 32-7.

## CONTROL DE VELOCIDAD

La velocidad de un motor de cc puede variarse conectando un reóstato en serie con su devanado de campo o en paralelo con su inducido (Fig. 32-8A).

La velocidad de un motor universal que opera con corriente alterna puede controlarse con un rectificador controlado de silicio (Fig. 32-8B). El potenciómetro R1 y el capacitor C1 son los componentes principales de control de velocidad del circuito. El potenciómetro se emplea para controlar el régimen de carga y descarga del capacitor. Esto, a su vez, controla el voltaje generado en el capacitor y el voltaje que se aplica en la compuerta del rectificador controlado de silicio. Mediante el ajuste de R1, puede variarse la intensidad de corriente que fluye a través del rectificador controlado de silicio. En consecuencia, cambia también la velocidad del motor.

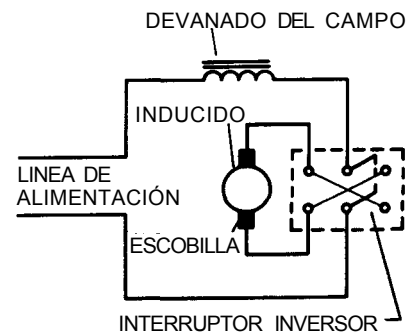


Fig. 32-7. Método para invertir un motor en serie.

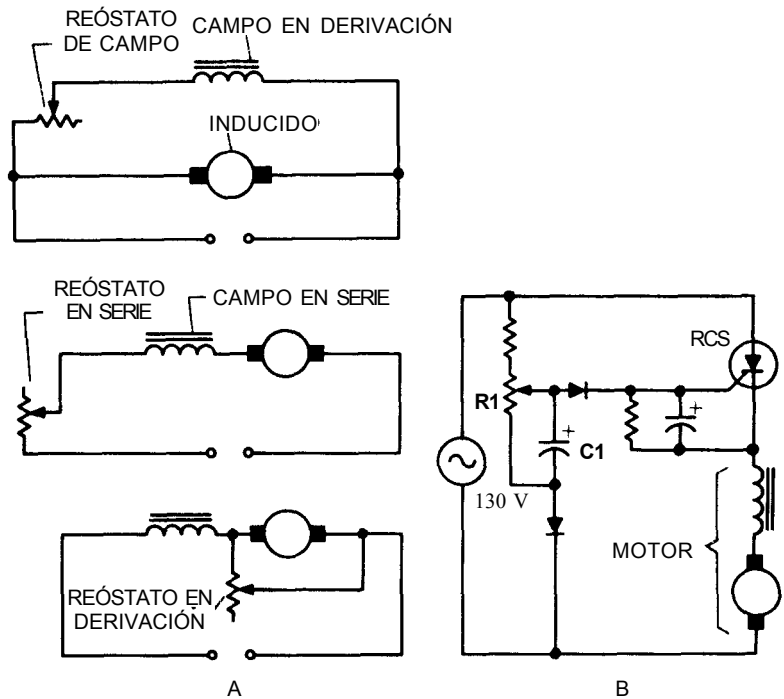
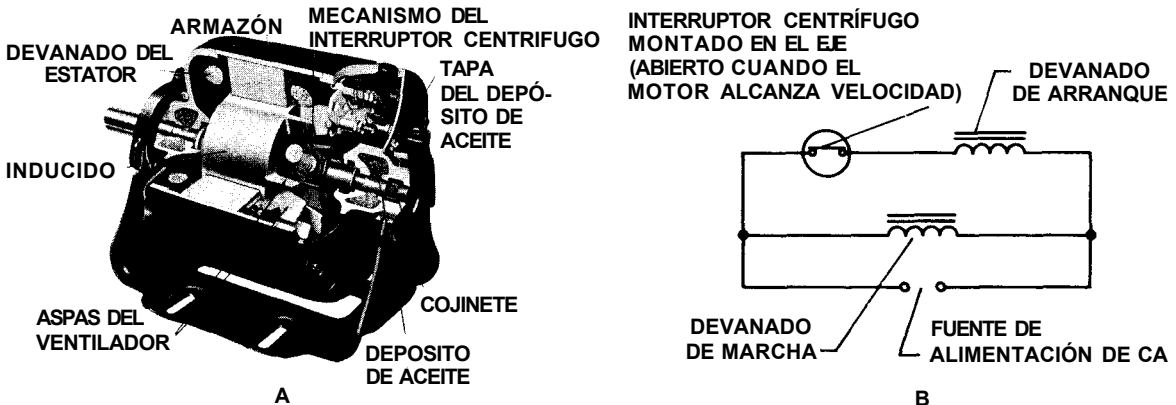


Fig. 32-8. (A) Control de velocidad de motores de cc con un reóstato; (B) circuito de control de velocidad que emplea un rectificador controlado de silicio.

## MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Existen varios tipos de motores de ca. Los motores de inducción y los síncronos son los dos más comunes. Son cuatro los tipos generales de pequeños motores de inducción monofásicos: 1) de fase dividida; 2) de arranque con capacitor; 3) de polo sombreado o de flujo desplazado, y 4) de arranque por repulsión. Los motores de corriente alterna que no cuentan con devanados en su inducido se conocen como *motores de jaula de ardilla*.

Fig. 32-9. (A) Partes principales de un motor de fase dividida de inducción monofásico; (B) diagrama esquemático del circuito de campo de fase dividida (Fotografía cortesía de Delco Appliance Division, General Motors Corporation).



## MOTOR DE FASE DIVIDIDA

Un motor típico de fase dividida, motor monofásico muy popular, se muestra en la figura 32-9. La capacidad de este tipo de motores varía entre 1/20 y 1/3 de caballos de potencia (37.3 a 248 watts). Debido a su par relativamente bajo, dichos motores se emplean con cargas fáciles de arrancar: ventiladores, compresoras, bombas pequeñas, lavadoras, secadoras de ropa, prensas taladradoras, esmeriles y sierras de mesa.

**Devanado de marcha.** En el motor de fase dividida, la corriente en el devanado de marcha o principal produce los campos electromagnéticos. Este devanado se compone de bobinas que se colocan en las ranuras aisladas que se localizan alrededor del interior del núcleo del estator (estático). Estas bobinas se colocan en serie y forman lo que se conoce como grupos de polos o, simplemente, polos (Fig. 32-10).

**Inducido.** El inducido de un motor de fase dividida no tiene devanados y no se conecta a la línea eléctrica en ninguna forma. El inducido se compone de un núcleo de hierro laminado que cuenta con barras de cobre interconectadas mediante dos placas circulares con orificios (Fig. 32-11). Cuando el inducido se mueve a través de los campos magnéticos del devanado de marcha, la inducción electromagnética induce corriente en las barras. Esta última produce un campo magnético secundario (inducido), al cual los polos del devanado de marcha siempre repelen. Esto provoca que el inducido gire con una velocidad constante.

**Devanado de arranque.** Para arrancar un motor de fase dividida, se necesita energía magnética adicional para hacer que el inducido empiece a girar. Esta energía la proporciona un segundo conjunto de bobinas estacionarias, que forman lo que se conoce como devanado de arranque. Las bobinas se

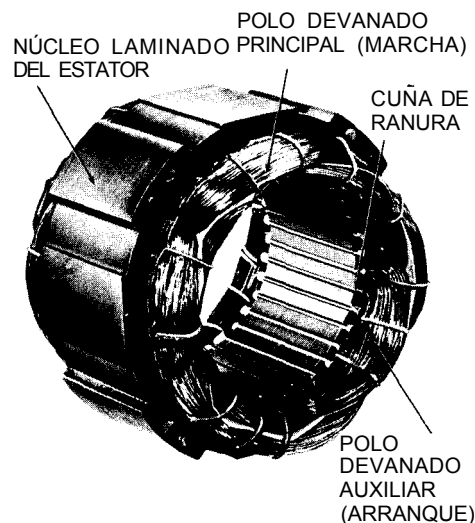


Fig. 32-10. Conjunto del estator (campo) de un motor de fase dividida (Wagner Electric Corporation).

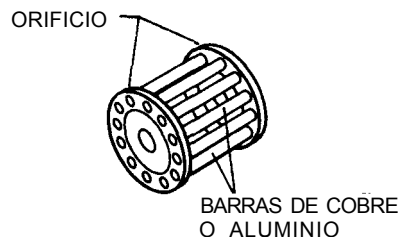


Fig. 32-11. Barras y placas circulares con orificios del inducido de un motor de fase dividida. Para claridad, no se muestra el núcleo laminado del motor a través del cual pasan las barras.

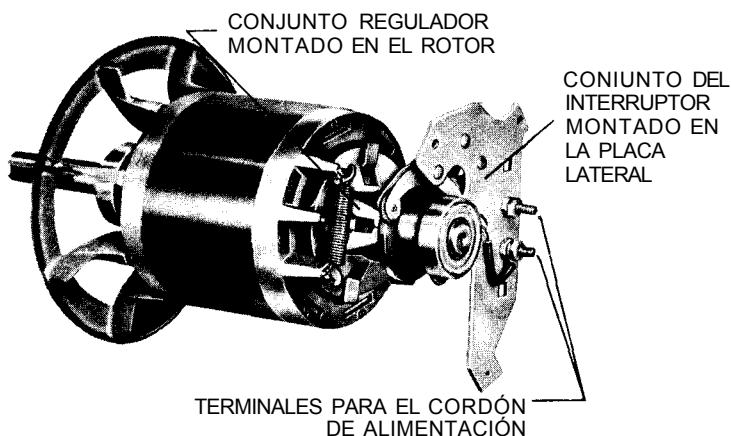


Fig. 32-12. Interruptor centrífugo empleado en un motor de fase dividida (Robbins and Myers, Inc.).

devanan dentro de las ranuras aisladas que contienen también el devanado de marcha (Fig. 32-10). El devanado de marcha se conecta al circuito del motor sólo el tiempo necesario para que el inducido acelere aproximadamente al 80% de su velocidad máxima. Después, el devanado se desconecta del circuito.

**Interruptor centrífugo.** El devanado de arranque de un motor de fase dividida se conecta y desconecta automáticamente del circuito del motor con un interruptor que opera en forma centrífuga. El interruptor se enciende y apaga con un conjunto regulador que se monta en el eje del motor (Fig. 32-12). Cuando el motor se apaga o marcha con una velocidad baja, se apaga el interruptor. En esta circunstancia, el devanado de marcha se conecta en el circuito del motor. Conforme el inducido incrementa su velocidad, la fuerza centrífuga provoca que el conjunto regulador se mueva hacia el inducido. Lo anterior, apaga al interruptor, ocasionando que el devanado de arranque se desconecte del circuito del motor. El ruido seco y corto que se escucha muy rápidamente después de que un motor de fase dividida se enciende o apaga lo produce el movimiento del conjunto regulador.

**Inversión.** Un motor de fase dividida se invierte por lo general intercambiando las conexiones en el devanado de arranque. Para este propósito pueden emplearse varios tipos de interruptores inversores. El motor puede invertirse también intercambiando las conexiones del devanado de marcha. Si se intercambian ambas conexiones del devanado, el motor continúa girando en su dirección original.

**Control de velocidad.** La velocidad de un motor de fase dividida, a diferencia de un motor universal, no puede variarse gradualmente reduciendo el voltaje a través del campo sin perder demasiado par. Por esta razón, la velocidad puede regularse por pasos cambiando el número de polos del devanado de marcha. En un motor de tres velocidades, por ejemplo, el devanado de marcha se arregla de manera que pueda cambiarse para formar dos, cuatro o seis polos. La velocidad aproximada que cada una de estas conexiones produce puede encontrarse mediante la ecuación.

$$\text{rpm} = \frac{120f}{N}$$

donde rpm = revoluciones por minuto del eje

$f$  = frecuencia de la corriente de operación  
(expresada en hertz)

$N$  = número de polos del devanado de marcha

Esta fórmula proporciona lo que se denomina velocidad sincrónica de un motor. En un motor asincrónico, la velocidad

real siempre es menor que la velocidad sincrónica. Esto se debe a lo que se conoce como deslizamiento, lo cual resulta por pérdidas de energía mecánica y eléctrica en el motor.

## MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR

El motor típico de arranque con capacitor es parecido al motor de fase dividida. Sin embargo, este motor contiene un capacitor electrolítico no polarizado conectado en serie con el devanado de arranque (Fig. 32-13). El efecto eléctrico del capacitor proporciona al motor un par mucho más grande al que podría producirse únicamente con el devanado de arranque. Por este alto par, los motores de arranque con capacitor se emplean con cargas difíciles de arrancar. Éstas incluyen alimentadores para calderas, neveras, acondicionadores de aire, compresores de aire y bombas de gran capacidad.

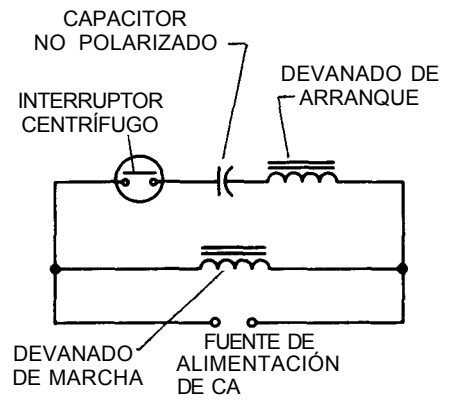


Fig. 32-13. Diagrama esquemático de un motor de arranque con capacitor típico.

## MOTOR DE POLO SOMBREADO

El motor de polo sombreado no cuenta con un devanado de arranque o un capacitor sino con bobinas sombreadas de alambre grueso de cobre. Éstas se devanan alrededor de cada pieza polar o parte de ellas (Fig. 32-14). La corriente inducida en estas bobinas produce un campo magnético que actúa con el del devanado de campo para proporcionar al inducido un campo magnético rotatorio.

La capacidad de los motores de polos sombreados es por lo general menor a 1/4 de caballo de potencia (187 watts). Por su bajo par, se emplean con cargas ligeras, como ventiladores y compresoras pequeñas, giradiscos, grabadoras y proyectores de cine.

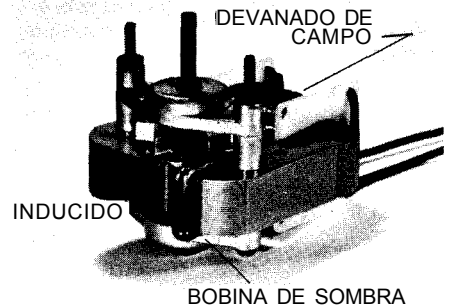


Fig. 32-14. Un motor de polo sombreado bipolar empleado en un giradiscos (The General Industries Company).

## MOTOR DE ARRANQUE POR REPULSIÓN

Cuenta con un devanado de campo y un inducido bobinado semejante al de un motor universal o de cc (Fig. 32-15). El devanado del inducido, sin embargo, no se conecta a la línea eléctrica. El motor cuenta también con un colector y escobillas, las cuales se ponen en corto circuito entre sí.

Al encender el motor, los campos magnéticos del devanado de campo inducen un voltaje en el devanado del inducido. Los campos magnéticos secundarios producidos por la corriente del inducido después son repelidos por el electromagnetismo del devanado de campo o estator. Este efecto proporciona al motor su par de arranque. Después que el motor alcanza alrededor del 75% de su velocidad máxima, un mecanismo operado en forma centrífuga pone en corto circuito las delgas del colector del inducido. Posteriormente el motor continúa trabajando como un motor de inducción ordinario.



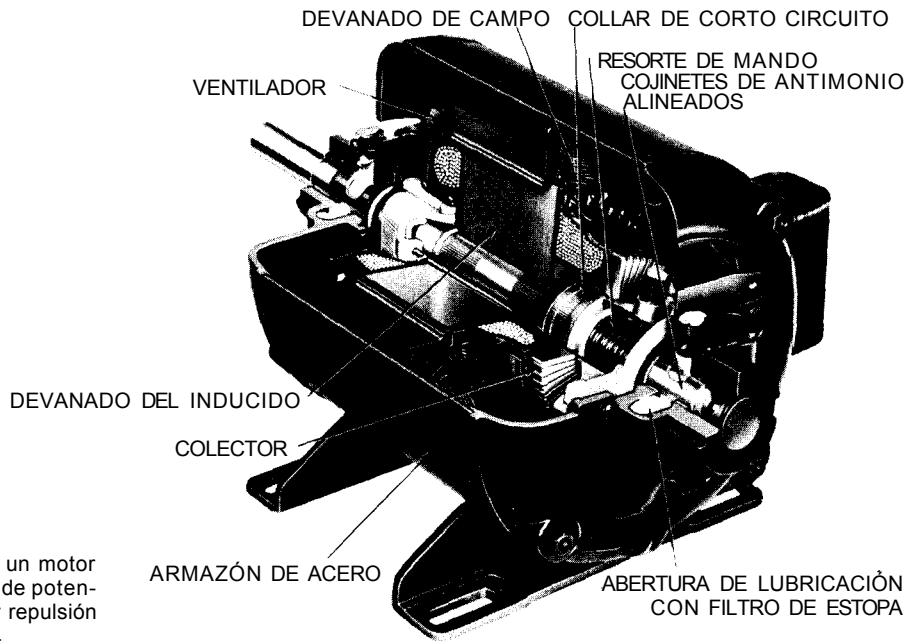


Fig. 32-15. Vista recortada de un motor de inducción de medio caballo de potencia (373 watts) de arranque por repulsión (Wagner Electric Corporation).

La capacidad de los motores de arranque por repulsión más comunes varía entre 1/2 y 8 caballos de potencia (373 a 5 970 watts); operan en 220 volts y debido a su par extremadamente alto, se emplean con cargas de gran capacidad: grandes unidades de aire acondicionado, compresoras y bombas.

## MOTOR SINCRÓNICO

Este tipo de motor se mantiene en sincronía con la frecuencia de la fuente de alimentación de ca. Por esta razón, el motor marcha con una velocidad más constante que otros. Un tipo de motor sincrónico pequeño se denomina motor de histéresis.

Los motores sincrónicos se emplean comúnmente en los relojes eléctricos; se utilizan también para operar interruptores de cronizadores, máquinas de oficina y varios tipos de mecanismos de control. Una bobina de sombra ocasiona que estos motores sean de arranque automático (Fig. 32-16).

## MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

El devanado de campo en este motor se compone de tres conjuntos independientes de bobinas. Cada una de éstas es activada por una línea de fase o rama de un sistema de suministro eléctrico trifásico (Fig. 32-17A). Cuando el motor se conecta a una línea trifásica, las corrientes en las bobinas producen lo

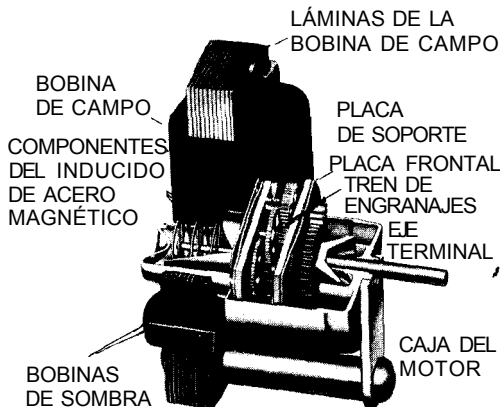
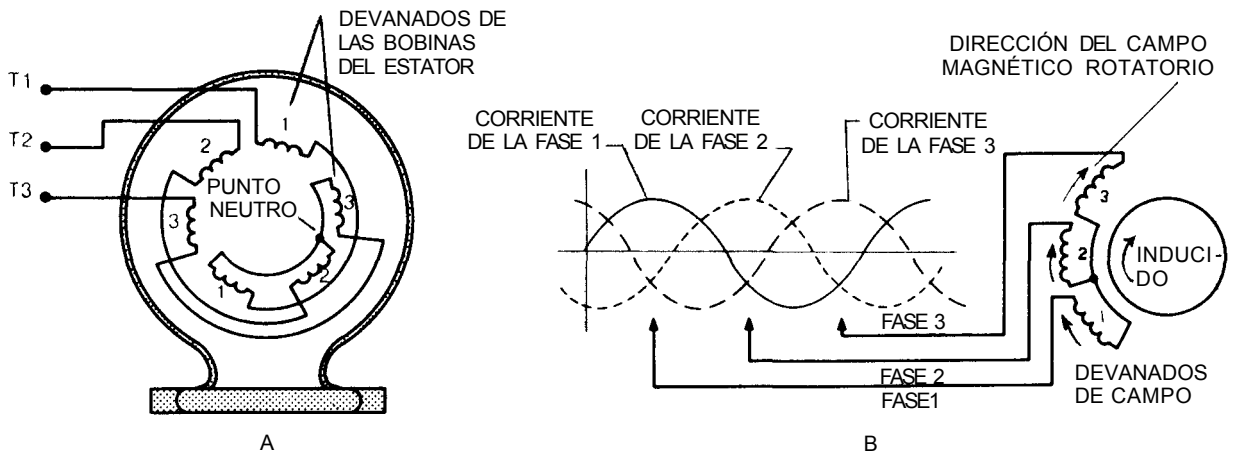


Fig. 32-16. Pequeño motor cronizador sincrónico (General Electric Company).



que se denomina campo *magnético* giratorio o rotatorio (Fig. 32-17B). Este campo magnético actúa sobre el campo magnético secundario producido por la corriente inducida en el inducido para mantener este último en movimiento.

Un motor trifásico puede invertirse intercambiando simplemente cualesquiera dos de los tres conductores de la línea de alimentación. Esto se realiza casi siempre con un interruptor operado magnéticamente denominado arrancador *electromagnético* o controlador de motor.

Debido a su sencilla estructura, alto par y gran rendimiento, los motores trifásicos de inducción se encuentran en todos los tipos de equipos industriales para trabajo pesado. La mayor parte de los motores trifásicos operan con un voltaje de 208 volts o mayor.

fig. 32-17. Motor de inducción trifásico: (A) conexiones de la bobina; (B) operación básica.

## MOTORES DE ALTO RENDIMIENTO

Los motores eléctricos consumen alrededor del 64% de toda la electricidad producida en Estados Unidos; tres cuartas partes de este porcentaje corresponden a motores que operan bombas, pequeñas compresoras, ventiladores y máquinas herramienta. Estos dispositivos se emplean a menudo en las industrias químicas, del metal, del papel, alimenticia y del petróleo.

Puesto que los motores eléctricos consumen grandes cantidades de energía eléctrica, tienen un gran potencial para ahorrar energía. El Departamento de Energía de Estados Unidos considera el desarrollo y uso industrial de motores de alto rendimiento como un importante factor en el esfuerzo por ahorrar energía en dicho país.

Los motores especificados entre 1 y 20 caballos de potencia (0.746 a 14.92 kilowatts) tienen el más grande potencial de ahorro. El rendimiento de los motores es una medida del trabajo mecánico de salida comparado con la potencia eléctrica de entrada. El factor de potencia de un motor es una medida



**Fig. 32-18.** Realización de las conexiones para probar un motor antes de certificar si es de alto rendimiento (Gould, Inc., Electric Motor Division).

de cuán bien el motor emplea la corriente que extrae (Fig. 32-18).

Los motores de alto rendimiento presentan varias características importantes. Operan a temperaturas más frías y, por tal motivo, se desperdicia menos energía eléctrica como energía térmica. Los motores se adecuan correctamente a los requisitos de carga. Por ejemplo, si el equipo lleva un motor 5 hp (3.7 kW), debe usarse el motor que más se aproxime a las necesidades. De otra manera, el motor podría sobrecargarse o trabajar para una carga menor a la adecuada para su capacidad. El contar con un motor de capacidad acorde con la carga es importante para mantener un buen factor de potencia.

Los inducidos de los motores de alto rendimiento se fabrican con una mayor cantidad de aluminio. Con ello se reducen las pérdidas que resultan del flujo de corriente en las barras del inducido. Una mayor cantidad de cobre se usa en los estatores para reducir las pérdidas en el motor. Para reducir las pérdidas en el estator y en el inducido se emplean en mayor cantidad acero y laminaciones más delgadas. El entrehierro entre el inducido y el estator es menor en un motor de alto rendimiento. Un motor de este tipo de 1 hp (746 W) consume 70 W menos bajo operación continua que un motor ordinario de la misma potencia o consumo.

## **CUIDADO Y MANTENIMIENTO DE MOTORES**

Un motor eléctrico es una máquina cuyo funcionamiento es muy seguro. Sin embargo, proporciona el rendimiento de servicio que es mayor y seguro sólo si se emplea y mantiene en forma correcta. Las siguientes sugerencias son útiles:

1. Antes de instalar un motor nuevo o diferente, lea la información en su placa de características. Asegúrese de que se está empleando el voltaje y sistema (ca o cc) correctos.
2. Siempre es una práctica de seguridad conectar el armazón del motor a tierra. Esto lo debe tener en cuenta en especial cuando el motor está en un lugar mojado o cerca de cualquier objeto metálico en contacto con el piso.
3. Si entra agua en la armazón de un motor, debe secarlo completamente y revisarlo para evitar cortos circuitos antes de ponerlo otra vez en operación.
4. Nunca trate de detener un motor tomándolo de su eje.
5. Nunca lubrique demasiado un motor. Aplique un poco de aceite sólo en los cojinetes. El exceso de aceite puede dañar el aislamiento y provocar que se acumule basura y polvo. Algunos motores cuentan con cojinetes sellados que no necesitan aceitarse ni engrasarse.
6. Para evitar que un motor ordinario se sobrecaliente, mantenga despejadas las entradas de aire en su armazón.
7. Reemplace las escobillas en un motor universal cuando se acorten a menos de 1/4 de pulg (6.35 mm). Las escobillas muy desgastadas provocan demasiadas chispas en el colector. Lo anterior se debe también a portaescobillas y delgas del colector sueltos y cortos en el devanado del inducido.
8. Desconecte el motor si parece estar trabajando con una velocidad más baja de la normal. De otro modo, el motor podría sobrecalentarse. El motor puede sobrecargarse o tener un devanado en corto. Compruebe la velocidad del motor con un tacómetro.
9. Apague inmediatamente un motor de fase dividida si zumba y no arranca después de encenderse. Esto se debe con frecuencia a un mecanismo defectuoso del interruptor centrífugo. Si el motor se deja encendido, el devanado de marcha puede quemarse rápidamente.
10. Un motor de inducción extrae mucha más corriente de la normal de trabajo conforme alcanza la velocidad máxima. Por esta razón, esta clase de motor debe protegerse con un fusible de acción lenta de elemento doble. La capacidad correcta de los fusibles que se deben usar con diversos motores de inducción monofásicos de 115 volts, se presentan en la tabla 32-1. Los pequeños motores portátiles se protegen en forma conveniente con el fusible o disyuntor del tablero que les suministra energía.

**Tabla 32-1. Capacidad de los fusibles que se emplean con motores de inducción monofásicos de 115 volts**

Capacidad del motor (caballos de potencia)	Equivalencia (Watts)	Capacidad del fusible (amperes)
1/6	124	*
1/4	187	*
1/3	249	*
1/2	373	*
3/4	560	*
1	746	*
1 1/2	1119	25
2	1492	30

\* Los motores que se especifican para 1 caballo de potencia (746 watts) o menos se consideran protegidos por el fusible del circuito derivado en el tablero que los alimenta. En la mayor parte de los casos este fusible será de 15 o 20 amperes.

**Tabla para las conversiones métricas de la figura 32-19**

pulg	mm
1/8	3
3/16	5
1/4	6.5
5/16	8
3/8	10
1/2	13
5/8	16
3/4	19
1	25
1 1/4	31
1 9/16	39.5
2	51
2 3/4	70
3	76
3 1/8	79
3 1/2	89
4 1/2	115
6	152
11 5/8	297

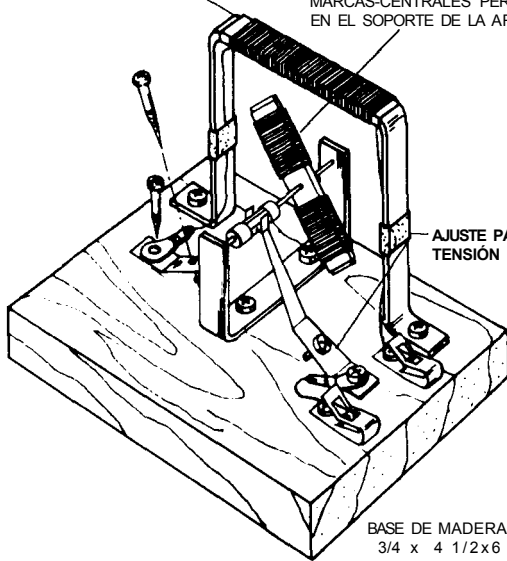
## APRENDIZAJE PRACTICO

**30. Motor universal bipolar sencillo.** Como sabe, la energía electromagnética se emplea para producir movimiento mecánico en un motor eléctrico. Mediante la construcción de este motor, usted conocerá más sobre las partes básicas de los motores y acerca de cómo trabajan.

Fig. 32-19, Montaje y dibujos de trabajo para el ejercicio de aprendizaje práctico no. 30, "Motor universal bipolar sencillo".

AISLE EL NÚCLEO CON CINTA.  
DEVANE LA BOBINA DE CAMPO EN  
TRES CAPAS COMO SE MUESTRA

MONTAJE DE LA ARMADURA.  
INSERTE EL E.E POR LAS  
MARCAS-CENTRALES PERFORADAS  
EN EL SOPORTE DE LA ARMADURA



BASE DE MADERA,  
3/4 x 4 1/2 x 6

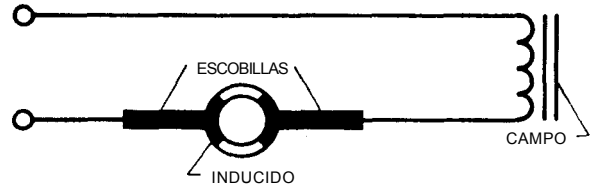


DIAGRAMA DE CONEXIÓN

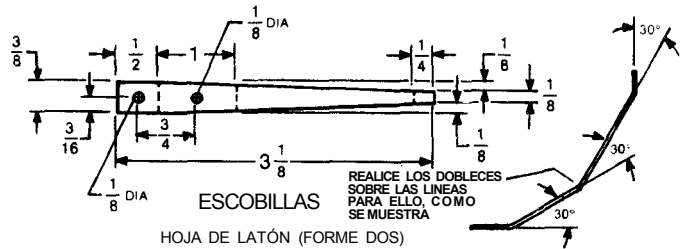
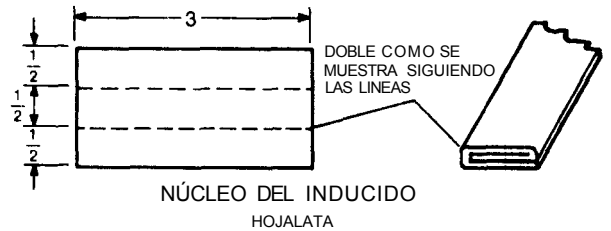


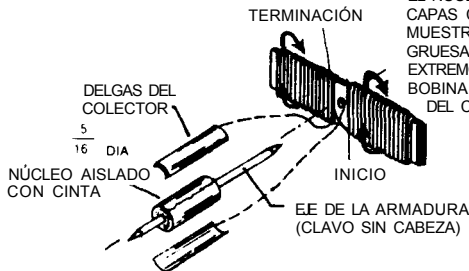
DIAGRAMA DEL CONIUNTO DEL INDUCIDO

AISLE EL NÚCLEO DEL  
INDUCIDO ENROLLÁNDOLO  
CON CINTA  
HAGA UNA PERFORACIÓN  
DE 1/8 DE DIÁMETRO A  
TRAVÉS DEL CENTRO DEL  
NÚCLEO DEL INDUCIDO

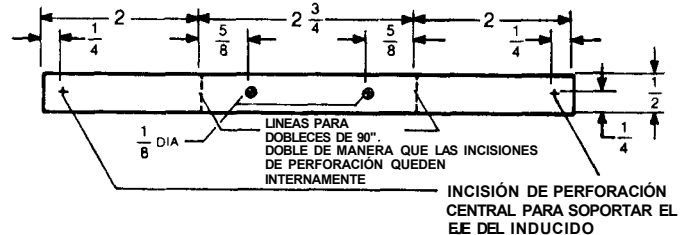


AÍSE CON CINTA Y PERFORE EL NÚCLEO

DEVANE LA BOBINA EN  
EL NÚCLEO EN DOS  
CAPAS COMO  
MUESTRAN LAS LINEAS  
GRUESAS. SUELDE LOS  
EXTREMOS DE LA  
BOBINA EN LAS DELGAS  
DEL COLECTOR



DEVANADO DE LA BOBINA Y MONTAJE DEL E.E

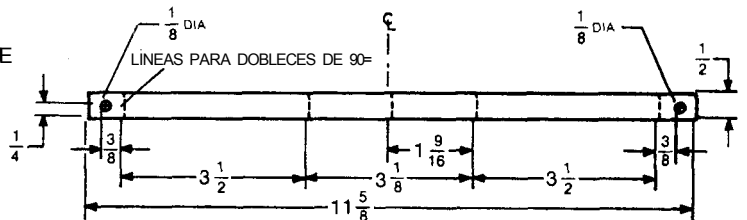


SOPORTE DEL E.E DEL INDUCIDO  
TIRA DE HIERRO

FUJE LAS DELGAS  
AL NÚCLEO CON CINTA  
COMO SE MUESTRA



MONTAJE DEL INDUCIDO COMPLETO



NÚCLEO DE CAMPO  
TIRA DE HIERRO

## MATERIALES NECESARIOS

- 1 pedazo de madera,  $3/4 \times 4 \frac{1}{2} \times 6$  pulg  
(19 x 114 x 152 mm)
- 1 tira de hierro,  $1/8 \times 1/2 \times 11 \frac{5}{8}$  pulg  
(3.18 x 13 x 295 mm)
- 1 tira de hierro,  $1/8 \times 1/2 \times 6 \frac{3}{4}$  pulg  
(3.18 x 13 x 170 mm)
- 2 hojas de latón,  $3/8 \times 3 \frac{1}{8}$  pulg (9.5 x 79 mm)
- 2 pedazos de hojalata,  $1/4 \times 1 \frac{1}{4}$  pulg (6 x 32 mm)
- 1 pedazo de hojalata,  $1 \frac{1}{2} \times 3$  pulg (38 x 76 mm)
- 60 pies [18 m] de alambre para electroimán EO, no. 25 (0.45 mm); 40 pies (12 m) para el devanado de campo y 20 pies (6 m) para el devanado del inducido

## Procedimiento

1. Arme los materiales y realice las conexiones como se muestra en la figura 32-19.
2. Conecte las terminales del motor a dos pilas secas, de tamaño D conectadas en serie, o a una fuente de alimentación con eliminador de baterías ajustada para producir un voltaje de salida de aproximadamente 3 volts.
3. Ajuste las escobillas de manera que se obtenga la máxima velocidad. Las escobillas deben hacer contacto con las del gas del colector con la misma presión. Según aumente la presión de la escobilla decrecerá la velocidad del motor.
4. Demuestre cómo puede girar al revés el motor empleando un interruptor bdbd conectado como un interruptor inversor.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía\_\_\_\_\_en energía\_\_\_\_\_
2. La capacidad de un motor eléctrico se especifica en términos de una unidad \_\_\_\_\_denominada caballo de potencia. Un caballo de potencia es igual a\_\_\_\_\_watts de potencia eléctrica.
3. En un motor de cc en serie, el\_\_\_\_\_y los devanados\_\_\_\_\_se conectan en serie.
4. La palabra par significa momento de\_\_\_\_\_
5. En un motor en paralelo el campo y los devanados del inducido se conectan en\_\_\_\_\_
6. El motor compuesto es una combinación de los tipos\_\_\_\_\_y\_\_\_\_\_.
7. Los motores universales pueden operarse tanto con corriente\_\_\_\_\_como con corriente\_\_\_\_\_
8. La dirección de la rotación en un motor universal puede invertirse al intercambiar las conexiones en los devanados\_\_\_\_\_o en los devanados\_\_\_\_\_
9. Un circuito que emplea un rectificador

- controlado de silicio brinda una manera eficaz de controlar la \_\_\_\_\_ de un motor universal.
10. Los motores de inducción y los motores sincrónicos pueden operarse sólo con corriente \_\_\_\_\_.
  11. Los campos electromagnéticos necesarios para la operación de un motor de fase dividida son producidos por la corriente en la \_\_\_\_\_ y en los devanados \_\_\_\_\_.
  12. El inducido de un motor de fase dividida no cuenta con \_\_\_\_\_.
  13. El par de arranque de un motor con capacitor se incrementa al conectar un capacitor electrolítico no polarizado en serie con \_\_\_\_\_ el devanado.
  14. En un motor de polo sombreado, se devanan alrededor de cada pieza polar o parte de ellas bobinas \_\_\_\_\_ alambre de cobre.
  15. El devanado de campo de un motor trifásico se compone de tres conjuntos independientes de \_\_\_\_\_.
  8. Mencione cuatro tipos de motores monofásicos de inducción.
  9. Describa un motor típico de fase dividida. ¿Cuál es la función de su devanado de "arranque"?
  10. ¿Para qué se emplea un interruptor centrifugo en un motor de fase dividida?
  11. ¿Cuál es la principal ventaja de un motor de arranque con capacitor?
  12. ¿Para qué se emplean las bobinas de sombra en un motor de polo sombreado?
  13. Describa un motor de arranque por repulsión.
  14. ¿Cuál es la principal ventaja de un motor sincrónico?
  15. Describa un motor trifásico de inducción.
  16. Enumere seis procedimientos útiles en el empleo y mantenimiento de los motores eléctricos.
  17. ¿Por qué se emplean los fusibles de acción lenta de elemento doble para proteger los motores?

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique cómo funciona un motor sencillo.
2. ¿Cuál es la función de un colector en un motor de cc?
3. ¿Cómo se especifica la capacidad de un motor? Defina esta unidad.
4. Describa los motores en serie, paralelo y compuestos.
5. Describa un motor universal,
6. Explique cómo puede invertirse la dirección de rotación de un motor universal.
7. ¿Cómo puede controlarse la velocidad de un motor universal?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Consiga un motor industrial universal o de fase dividida. Desármelo y describa su estructura en clase. Explique también cómo trabaja.
2. A menudo pueden obtenerse diferentes tipos de motores con los vendedores locales de aparatos, los técnicos de reparación de aparatos y los técnicos de reparación de motores. Muestre algunos de estos motores en clase. Explique las principales características de cada tipo y analice todas las clases de equipo que emplean estos motores.

## Unidad 33 Generación de calor

La energía eléctrica se convierte de varias maneras en energía térmica útil. En el hogar, la electricidad se emplea para la calefacción de habitaciones y generar calor para usos diversos. La electricidad se utiliza también para generar el calor necesario en varios procesos industriales. Éstos comprenden soldadura, tratamiento térmico y la fabricación de acero. Generadores electrónicos especiales se emplean para producir el calor necesario en algunos tratamientos médicos.

### CALENTAMIENTO POR RESISTENCIA

El calentamiento por resistencia utiliza la energía de los electrones móviles cuando chocan con partículas dentro de un conductor. Si ocurre un número suficiente de estos choques, el rozamiento que resulta calentará al conductor (Fig. 33-1).

La cantidad de calor que se produce en cualquier conductor mediante la resistencia se relaciona con la ecuación de potencia  $P = PR$ . Por tanto, el calor producido es directamente proporcional a la resistencia del conductor y al cuadrado de la corriente. Esto significa, por ejemplo, que si se duplica la corriente, la cantidad de calor será igual a cuatro veces el calor inicial. Sin embargo, si la corriente permanece constante y se duplica la resistencia, se produce sólo el doble de calor.

**Aleaciones para resistencias.** Los conductores que se emplean para propósitos de calentamiento por resistencia se fabrican de diversos materiales, los cuales cuentan con el valor de resistencia necesario para producir calor. Entre los más comunes se encuentran las aleaciones de níquel y cromo; cobre y níquel, y níquel, cromo y hierro.

**Elementos calefactores.** En muchos aparatos y productos que generan calor, la aleación resistiva tiene forma de alambre redondo o plano denominado alambre para resistencias. Este se devana alrededor de un aislante como porcelana o mica para constituir un elemento *calefactor* (Fig. 33-2A). En otros productos, el alambre resistivo presenta la forma de una bobina o una barra encerrada en un tubo metálico protector (Fig. 33-2B). En este caso, el alambre resistivo se incrusta usualmente en un material como el óxido de magnesio. Este material es tanto un buen aislador eléctrico como un buen conductor de calor. En la tabla 33-1 se da la potencia de disipación, resistencia y calibre de los elementos calefactores de alambre de nicromio.

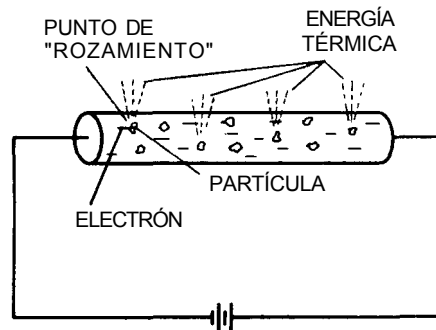
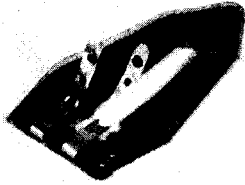


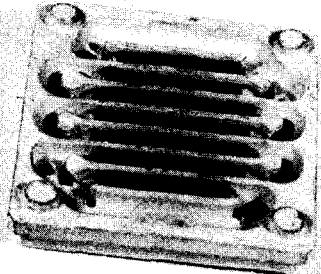
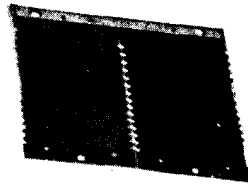
Fig. 33-1. Calentamiento por resistencia.



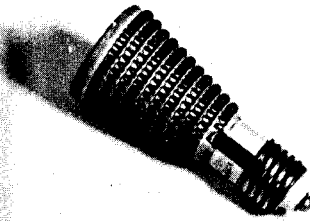
PLANCHA ELÉCTRICA



TOSTADOR



PARRILLA PORTÁTIL



CALEFACTOR DE REFLECTANCIA

ALAMBRE RESISTIVO BOBINADO

TUBO

CALEFACTOR TUBULAR CERRADO (FOTOGRAFÍA DE RAYOS X QUE MUESTRA EL BOBINADO DENTRO DEL TUBO)

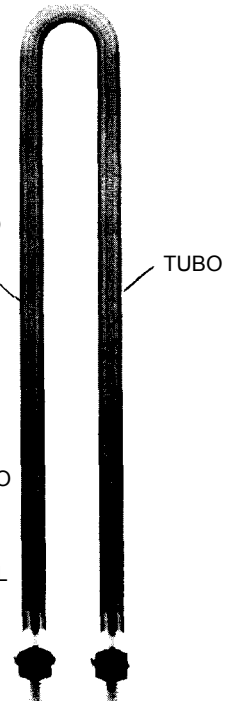


Fig. 33-2. Elementos calefactores: (A) alambre resistivo devanado sobre aisladores; (B) alambre resistivo bobinado incrustado en un material aislante dentro de un tubo metálico.



Fig. 33-3. Instalación de cable y radiador de calor (L. N. Roberson Company).

Cable radiador de calor. Consta de un alambre resistivo aislado con un hule resistente al calor o de un compuesto termoplástico. Este cable se usa comúnmente para la calefacción de habitaciones. Se coloca en un piso de concreto o en un techo de yeso. En este último, el cable se engrapa primero en la plancha para el yeso y posteriormente se cubre con éste (Fig. 33-3).

En la calefacción de habitaciones se emplean varios tramos de cable radiador de calor. Cada tramo es controlado por un termostato que cuenta con cierto wattaje nominal, usualmente en el intervalo de 400 a 5 000 watts. Los tramos individuales de los elementos calefactores se identifican por colores para indicar su potencia de disipación nominal. Estos últimos operan tanto en 115 como en 230 volts.

**Soldadura por resistencia.** El calentamiento por resistencia o efecto Joule se emplea para la soldadura por punto y para la soldadura de junta. En la primera, los metales que se sueldan se colocan entre dos electrodos para soldar. La corriente circula por los metales de un electrodo al otro. La resistencia de los metales a la corriente produce una temperatura muy alta, la cual suelda los metales en el punto de contacto del electrodo (Fig. 33-4).

La soldadura de junta es un tipo especial de soldadura por puntos. En un soldador de junta los electrodos son ruedas entre las cuales pasan los metales que se sueldan. **Como**

Tabla 33-1 Elementos calefactores de alambre resistivo

Valores para operación a 115 volts			
Potencia necesaria de disipación (watts)	Resistencia aproximada a 75 °F (24 °C) (ohms)	Calibre recomendado para el alambre de nicromio (AWG)	
		Mínimo	Máximo
100	118.100	30	26
150	78.732	30	26
200	59.050	29	25
250	47.240	28	24
300	39.366	28	24
350	33.742	27	23
400	29.525	26	22
450	26.244	24	20
500	23.620	24	20
550	21.472	23	19
600	19.683	23	19
650	18.170	23	19
700	16.871	22	18
750	15.745	22	18
800	14.762	22	18
850	13.894	21	17
900	13.122	21	17
950	12.431	21	17
1,000	11.810	20	16



Fig. 33-4. Soldadura por resistencia en la industria. Las líneas blancas en esta fotografía representan las chispas de dicho proceso (Unimation, Inc.).

en el caso de la soldadura por puntos, la corriente que pasa por ellos los suelda a lo largo de una juntura.

### ARCO ELÉCTRICO

En la figura 33-5 se muestra una forma sencilla de producir un arco eléctrico. Para iniciarlo, los extremos de las barras de carbón se ponen en contacto entre sí. El calor producido por la corriente que fluye por el punto de contacto provoca que una pequeña cantidad de carbón se vaporice o gasifique. Si el

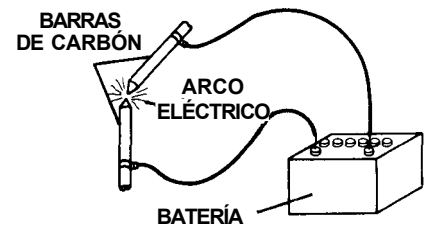


Fig. 33-5. Producción de un arco eléctrico.

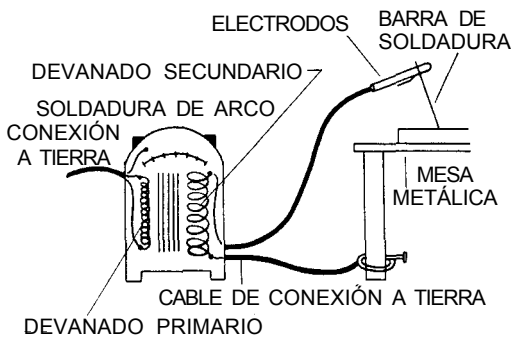


Fig. 33-6. Soldadura por arco eléctrico.

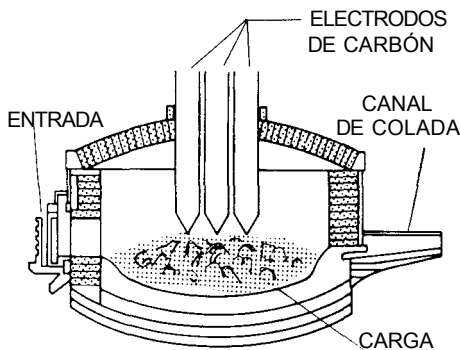


Fig. 33-7. Horno de arco eléctrico (American Iron and Steel Institute).

contacto entre las barras se rompe posteriormente y los extremos se separan, la corriente forma un arco o pasa a través del vapor de carbón. Esto produce una luz muy brillante y una elevada temperatura.

**Soldadura por arco eléctrico.** En este tipo de soldadura, el calor lo produce el arco formado entre una barra de soldadura y el objeto metálico que se está soldando. La barra se conecta en una terminal del soldador y el objeto metálico en la otra (Fig. 33-6).

Para encender el arco la barra de soldadura se pone en contacto con el metal. El calor producido cuando la corriente circula por el punto de unión vaporiza parte de la barra y forma, de esta manera, un arco. El calor del arco es el suficiente para fundir la barra de soldadura y la pieza por soldar. La barra proporciona el metal adicional necesario para la soldadura.

**Horno de arco eléctrico.** Se emplea para fundir metales durante el proceso de fabricación del acero. En este horno los electrodos de carbón se utilizan para producir calor por medio de arcos eléctricos. Los electrodos se bajan a través de la parte superior del horno. Éste contiene una *carga* o mezcla de la chatarra de los metales que se fundirán (Fig. 33-7). Los arcos se producen cuando la corriente circula de los electrodos a la carga, fundiendo el metal.

## CALENTAMIENTO INFRARROJO

El prefijo *infra* significa debajo. Los rayos infrarrojos son una forma de radiación electromagnética invisible. Su frecuencia está exactamente por debajo de la frecuencia más baja de la luz visible, cuyo color es el rojo.

Los rayos infrarrojos que se utilizan para calentamiento se generan por lo general con lámparas de filamento (Fig. 33-8).

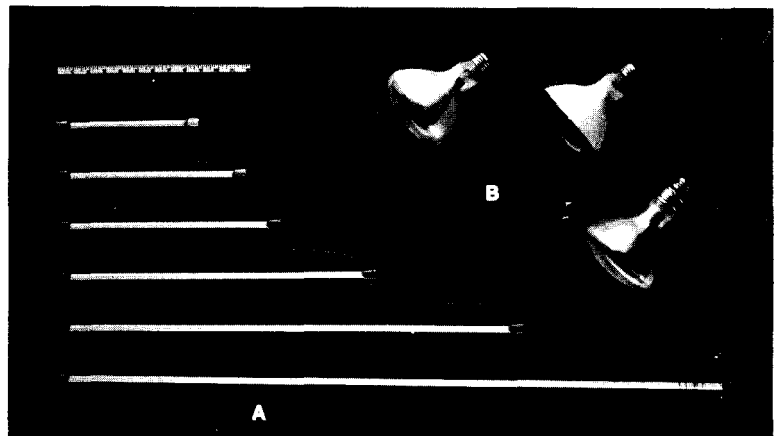


Fig. 33-8. Lámparas infrarrojas: (A) cuarzo tubular; (B) reflector (General Electric Company).

Los filamentos de estas lámparas operan a una temperatura mucho más baja que la de los filamentos de las lámparas incandescentes ordinarias. De este modo, las lámparas producen poca luz visible pero gran cantidad de rayos infrarrojos. Cuando éstos inciden sobre un material que los absorbe, la energía de los mismos se transforma en calor en forma muy eficaz.

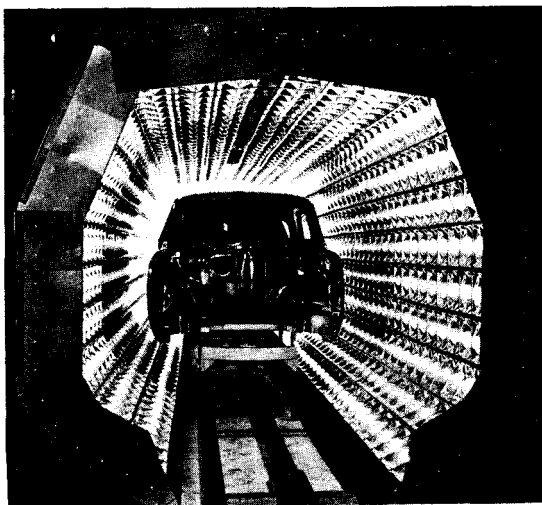
Las lámparas infrarrojas se usan para secar tinta, gomas, barniz y pintura (Fig. 33-9). También se emplean para descongelar alimentos y en ciertos tipos de tratamientos médicos.

## CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN

El calentamiento por inducción se realiza cuando se induce una corriente en un material mediante flujo electromagnético, de la misma forma como en un transformador. En un calefactor por inducción, una corriente alterna de alta frecuencia de entre 5 000 y 500 000 hertz (Hz) circula por una bobina calefactora o de trabajo. Esta bobina puede compararse con el devanado primario de un transformador.

Cuando el campo magnético alrededor de la bobina calefactora atraviesa el objeto metálico que se calentará, se inducen voltajes en éste por causa de la inducción electromagnética. Dichos voltajes, a su vez, generan corrientes alternas de alta frecuencia que circulan por el objeto. La resistencia del metal a estas corrientes inducidas provoca que se caliente en forma muy rápida.

La cantidad de calor producido y la profundidad a la que penetra un objeto se controlan fácilmente mediante el calentamiento por inducción. Por estas razones, este tipo de calentamiento se emplea en una diversidad de procesos industriales: forjado, tratamiento térmico y soldadura (Fig. 33-10).



**Fig. 33-9.** Recubrimiento final de pintura de esmalte de la carrocería de un automóvil secándose en caliente en un horno infrarrojo. Los blancos de lámparas infrarrojas proporcionan la cantidad de calor necesaria (The Fostoria Pressed Steel Corporation).

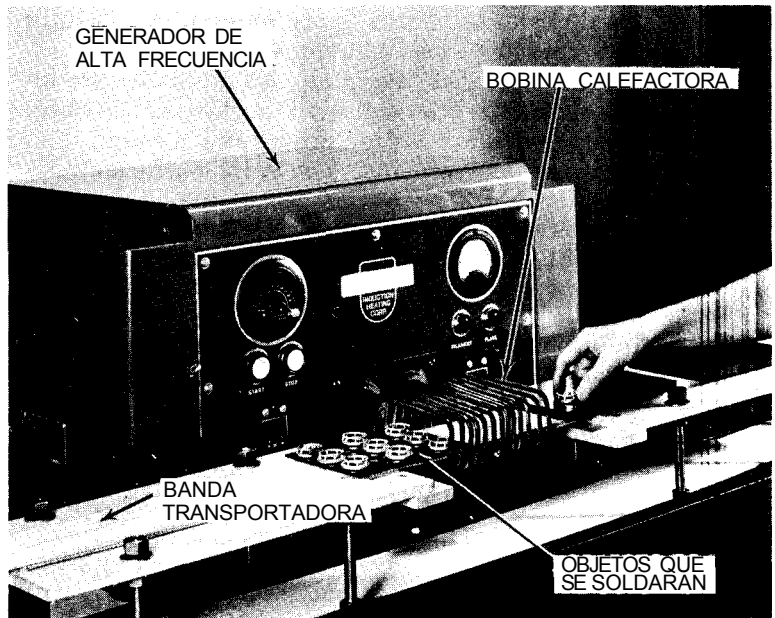


Fig. 33-10. Calefactor por inducción que se emplea para soldadura (Induction Heating Corporation).

### CALENTAMIENTO DIELECTRICO

Se emplea para producir calor en materiales no metálicos. En su forma más sencilla, dos placas metálicas constituyen los elementos de trabajo de un calefactor dieléctrico.

Las placas se conectan a un generador de alta frecuencia, que dispone por lo general de un intervalo de salida de 10 a 30 megahertz (MHz). El generador produce un campo electrostático de alta frecuencia entre las placas y a través del material que se calentará. Este campo provoca que los electrones de los átomos del material se salgan o desvien rápidamente de sus trayectorias normales. Los electrones son forzados a moverse primero en un sentido y posteriormente en el otro (Fig. 33-11). El rozamiento, resultado de este movimiento, de los electrones hacia uno y otro lado ocasiona que el material se caliente rápidamente.

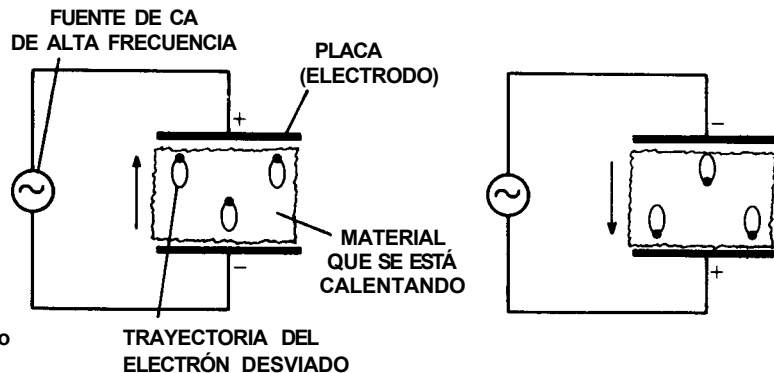


Fig. 33-11. Principio del calentamiento dieléctrico.

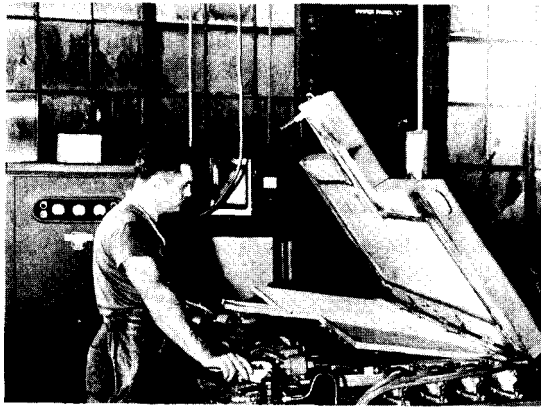


Fig. 33-12. Secado de cola para madera en un calefactor dieléctrico.

Los calentadores dieléctricos producen calor que puede controlarse con facilidad. Además, el calor se distribuye uniformemente a través de todas las partes del material no metálico. Por tales motivos, estos calefactores se utilizan bastante para secar goma y calentar madera, plástico, arcilla y líquidos (Fig. 33-12).

## HORNO DE MICROONDAS

El horno de microondas o electrónico es capaz de cocinar alimentos en una fracción del tiempo necesario para hacerlo con las estufas comunes (Fig. 33-13). El horno funciona de manera semejante a las unidades de calentamiento dieléctrico.

Las microondas son radiaciones electromagnéticas que, por su ultraalta frecuencia (UHF: ultrahigh frequency), tienen una longitud de onda muy corta. En un horno de microondas típico, la frecuencia de las radiaciones es de 915 o 2 450 MHz. Estas radiaciones son producidas por un tubo electrónico conocido como magnetrón.

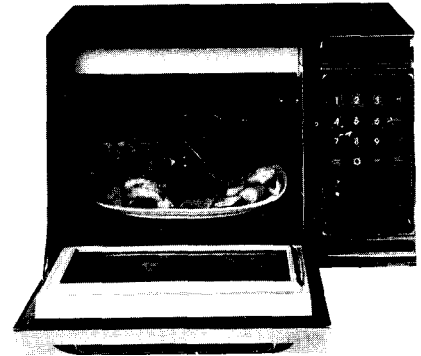


Fig. 33-13. Horno de microondas o electrónico moderno (Amana Refrigeration, Inc.).

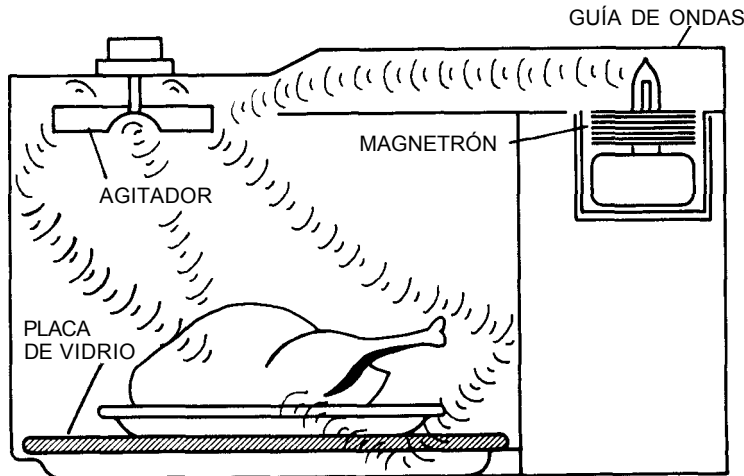
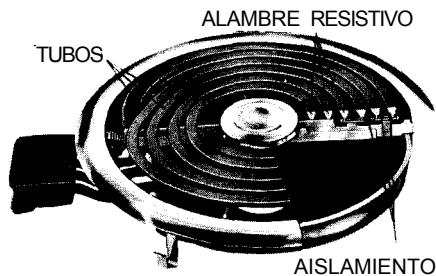


Fig. 33-14. Operación de un horno de microondas (Amana Refrigeration, Inc.).

En algunos hornos, la energía de las microondas del magnetrón se dirige como un haz a un agitador, semejante a un ventilador, accionado por un motor; para ello se emplea un dispositivo rectangular metálico, semejante a un tubo, denominado *guía de ondas* (Fig. 33-14). El agitador actúa como un reflector, distribuyendo de manera más uniforme la energía sobre el alimento que se está cocinando.

Las moléculas del alimento en un horno de microondas tratan de mantenerse en sincronía con las inversiones de polaridad de ultraalta frecuencia del campo electrostático de las microondas. Esto produce calor por el "rozamiento molecular" distribuido de igual forma por todo el alimento.

Materiales como papel, plásticos y cerámicas no absorben la energía de las microondas y por ello no los afecta o se calientan. Por esta razón, los recipientes para comida fabricados con estos materiales son excelentes para emplearse en un horno de microondas. Los recipientes metálicos no pueden usarse en un horno de estas características puesto que reflejan la energía de las microondas y pueden dañar el magnetrón.



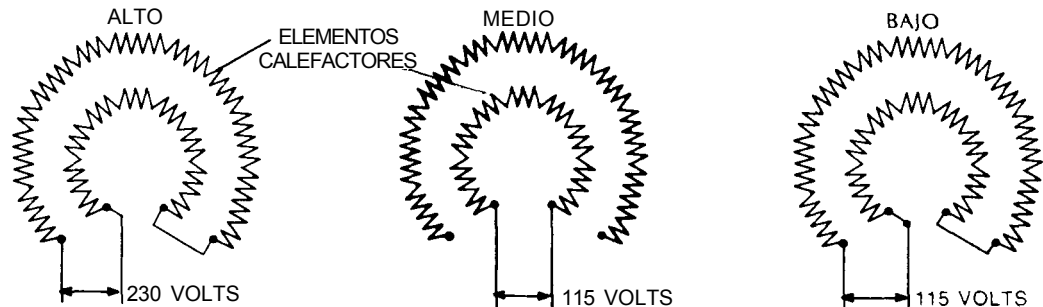
**Fig. 33-15.** Estructura de un elemento calefactor de una parrilla eléctrica (The Tappan Stove Company).

## PARRILLA ELÉCTRICA

Un elemento calefactor típico de una parrilla eléctrica se muestra en la figura 33-15. El alambre resistivo de esta unidad se coloca en un tubo metálico y se aísla del mismo con un aislante eléctrico que, además, es un excelente conductor de calor.

**Control de temperatura.** La corriente en cada elemento calefactor de superficie se controla con un interruptor termoselector, el cual conecta de diversas formas las secciones del elemento calefactor en la línea de alimentación. Por ejemplo, el control de tres niveles de un elemento calefactor sencillo de dos anillos se muestra en la figura 33-16. Algunas parrillas pueden contar con seis o más anillos de elementos calefactores que proporcionan hasta siete niveles diferentes de calor.

**Fig. 33-16.** Acción de conmutación para un elemento calefactor de tres niveles y dos anillos de la unidad de superficie de una parrilla.



**El termostato de un horno.** Un termostato es un dispositivo que se emplea para controlar en forma automática la opera-

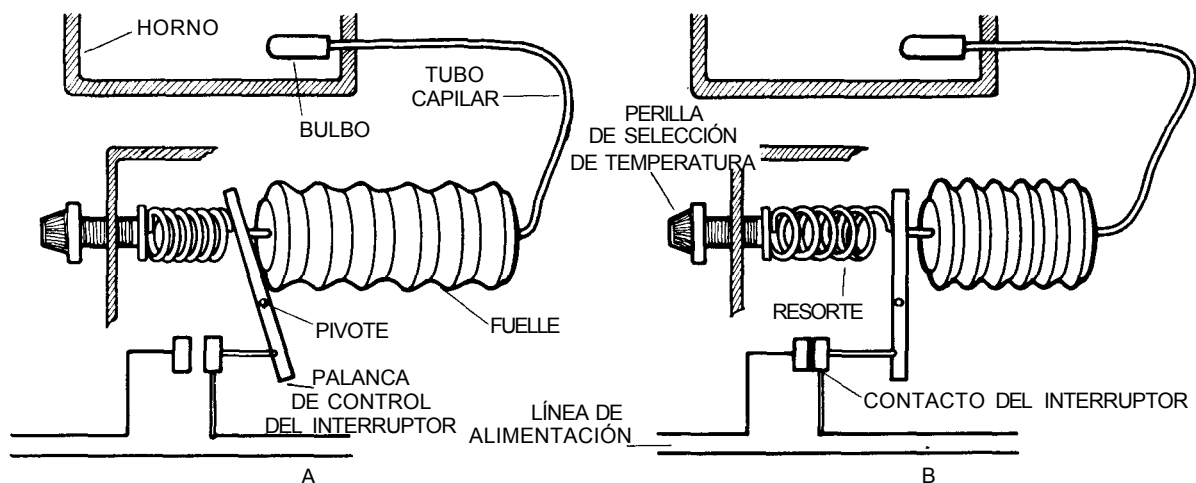


Fig. 33-17. Operación básica de un termostato de fuelle del horno de una estufa eléctrica.

ción de aparatos calefactores de manera que se mantenga la temperatura deseada; actúa como un interruptor que puede encender o apagar un circuito. La temperatura del horno de una estufa se controla por lo regular con un termostato de fuelle. Las partes principales de éste son el bulbo, el tubo capilar, el fuelle y los contactos del interruptor (Fig. 33-17). Los contactos del interruptor se conectan en serie con la línea de suministro eléctrico del horno. El bulbo se llena con un líquido o gas que se expande cuando se calienta.

Para regular la temperatura del horno, se gira la perilla termoselectora del mismo a la posición deseada. Cuando la temperatura del horno supera dicha graduación, la presión dentro del bulbo provoca que el fuelle se dilate. El movimiento de éste se acopla con un brazo que abre el circuito en los contactos del interruptor (Fig. 33-17A). Cuando el horno se enfría, el fuelle se contrae y el interruptor se enciende (Fig. 33-17B). Esta acción del termostato se repite tan frecuentemente como sea necesario para mantener la temperatura del horno según la posición del termoselector.

## TERMOSTATO BIMETÁLICO

La parte móvil del termostato bimetálico común que se emplea en muchos aparatos es una tira o banda de dos metales diferentes. Estos metales, los cuales se unen íntimamente entre sí, se dilatan en proporción diferente cuando se calientan. Como consecuencia, la tira se curva al calentarse. Esta curvatura se emplea para realizar o romper un contacto de conmutación. La tira bimetálica puede ser recta o espiral.

En la figura 33-18 se muestra cómo trabaja un termostato bimetálico sencillo. En éste, la tira bimetálica se coloca cerca de un punto de contacto fijo (Fig. 33-18A). En tal caso, el termostato está abierto.

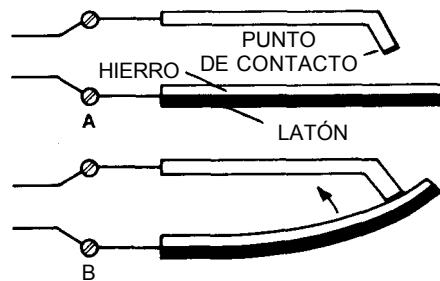
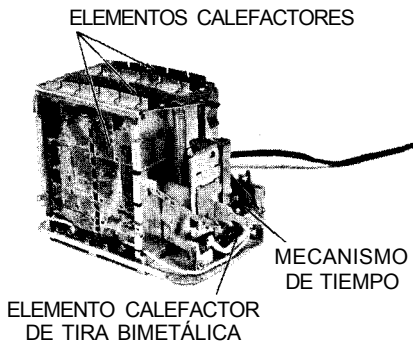


Fig. 33-18. Operación de un termostato bimetálico: (A) abierto; (B) cerrado.





ELEMENTO CALEFACTOR DE TIRA BIMETÁLICA

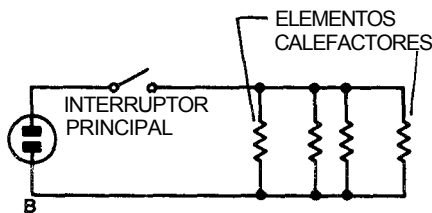
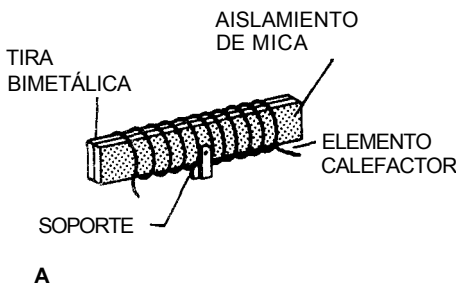
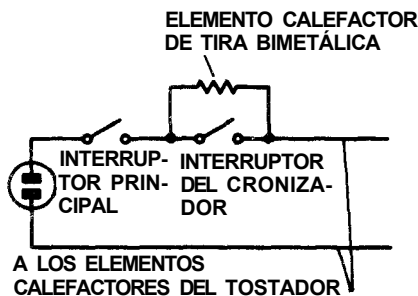


Fig. 33-19. Tostador: (A) elementos calefactores en un tostador de expulsión automática típico; (B) diagrama de circuito.



A



A LOS ELEMENTOS CALEFACTORES DEL TOSTADOR

a  
Fig. 33-20. Tira bimetalítica del cronizador de un tostador conectada en el circuito del mismo.

Cuando el termostato se calienta, la parte de latón de la tira bimetalítica se dilata más que el hierro. Debido a esto, la tira se curva hacia arriba. De esta manera, cierra la parte del circuito conectada en sus terminales (Fig. 33-18B). Cuando la tira se enfría, se curva y regresa a su posición inicial. Esto abre el circuito.

## TOSTADOR

Los elementos calefactores de un tostador se componen casi siempre de alambres resistivos planos en forma de cinta. Estos alambres se enrollan en hojas de mica, excelente mineral aislador. Los elementos se montan en el armazón del tostador (Fig. 33-19A).

El circuito eléctrico principal de un tostador típico se muestra en la figura 33-19B. Los cuatro elementos calefactores se colocan en paralelo y la potencia nominal de disipación del conjunto es aproximadamente de 1 000 watts. El interruptor principal que controla la corriente en los elementos se enciende al oprimir el expulsador de pan del tostador.

**Cronizador.** Los tostadores de expulsión automática cuentan con circuitos y dispositivos adicionales. Estos se emplean para controlar el tiempo del ciclo y el mecanismo de expulsión cuando se completa éste. En muchos tostadores el mecanismo de tiempo consiste en una tira bimetalítica, que se calienta con un elemento calefactor de alambre para resistencia (Fig. 33-20A). Este elemento se conecta en paralelo con el interruptor del cronizador (Fig. 33-20B).

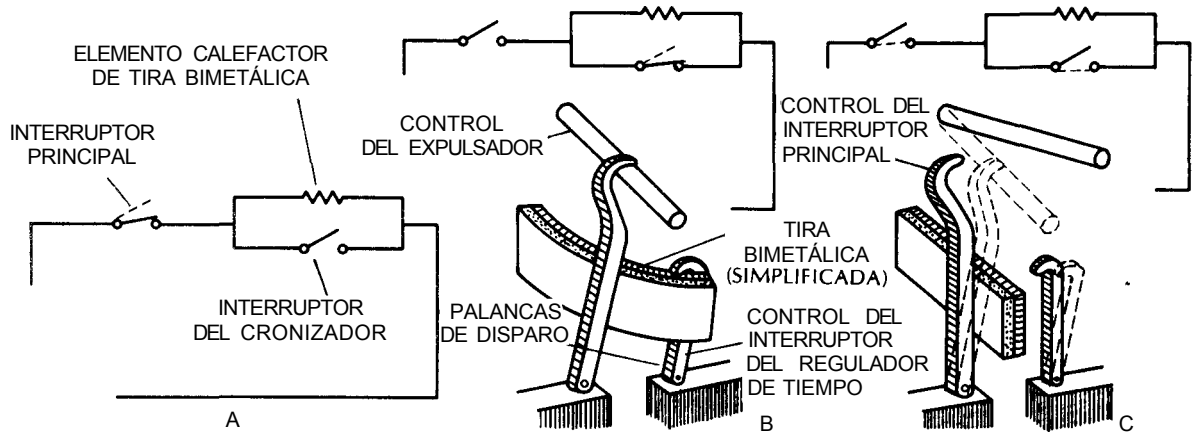
**Ciclo de tostado.** Al encender un tostador, fluye corriente por el elemento calefactor de la tira bimetalítica (Fig. 33-21A). La corriente calienta la tira, la cual empieza a curvarse. Después que la tira alcanza cierta posición, determinada por la graduación del control de dos niveles del tostador, empuja contra una palanca de disparo, la cual enciende al cronizador (Fig. 33-21B).

El elemento calefactor de tira bimetalítica es inmediatamente eliminado del circuito al ponerse en corto. Esto ocasiona que se enfríe y curve en la dirección opuesta; después empuja contra un segundo disparador que, a su vez, libera el expulsador de resorte, el cual se mueve hacia arriba (Fig. 33-21C). Esta acción apaga también el interruptor principal y el cronizador. De esta manera se completa el ciclo de tostado.

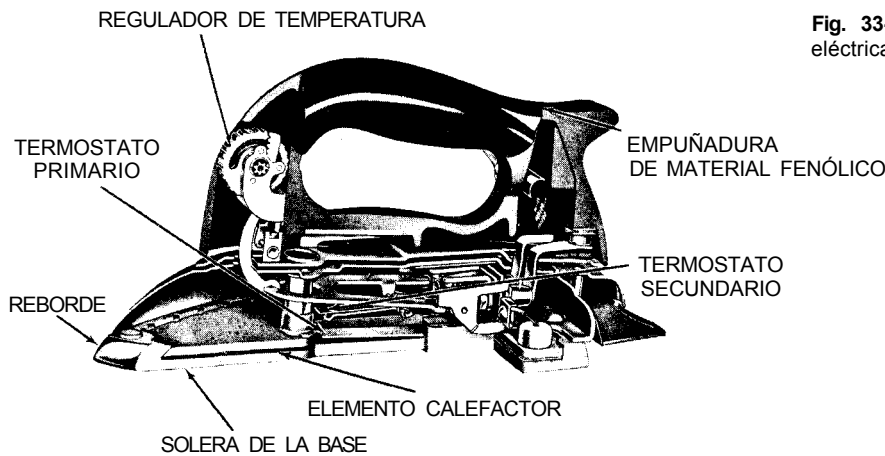
## PLANCHA ELÉCTRICA

Una plancha eléctrica típica se muestra en la figura 33-22. En ésta, dos termostatos bimetalíticos controlan la operación de la misma y evitan el calor excesivo.

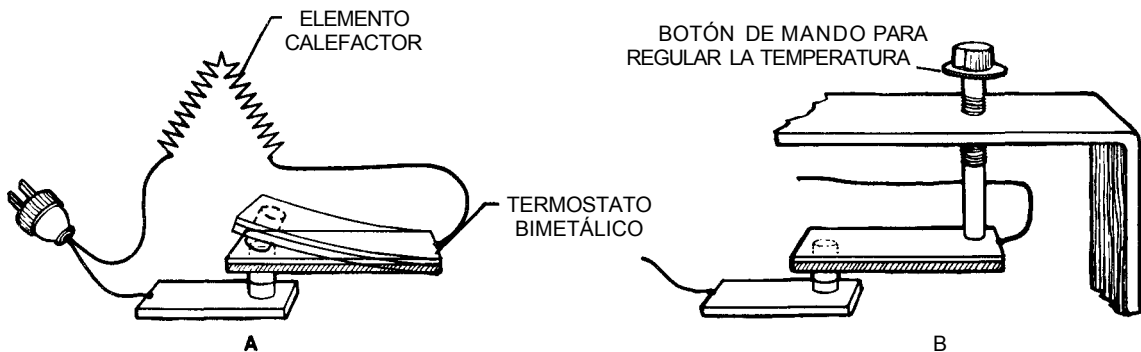
**Control de temperatura.** En la figura 33-23 se muestra cómo trabaja un termostato de plancha sencillo. El termostato se conecta en serie con el elemento calefactor. Cuando la plancha se enciende, se cierran los contactos del termostato y se completa el circuito en el elemento calefactor (Fig. 33-23 A).



**Fig. 33-21.** Operación básica de un mecanismo de control para el ciclo de tostado.



**Fig. 33-22.** Estructura de una plancha eléctrica (Sunbeam Corporation).



**Fig. 33-23.** Operación de un termostato sencillo de plancha eléctrica.

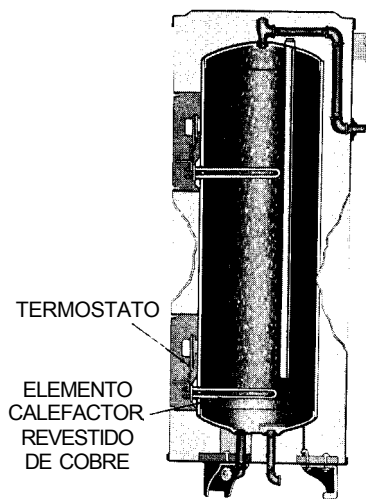


Fig. 33-24. Estructura de un calentador de agua eléctrico (Faucet Hot Heater Company).

Conforme se calienta la plancha, se calienta el elemento bimetalico del termostato y se curva para abrir el circuito. Cuando la plancha se ha enfriado hasta cierto punto, los contactos del termostato se cierran otra vez. Esta acción se repite para mantener la temperatura de la plancha relativamente constante mientras se está utilizando.

La temperatura de la plancha se selecciona girando el botón de mando que regula la temperatura (Fig. 33-23B). Ésta aumenta o reduce la presión en la tira bimetalica. Según aumenta la presión, la temperatura de la plancha debe aumentar también antes que la tira se doble lo suficiente para abrir el circuito del elemento calefactor.

## CALENTADOR DE AGUA

En la figura 33-24 se muestra un calentador de agua eléctrico común. Los elementos calefactores se componen de alambre resistivo aislados en el interior de tubos de cobre. Al calentarse el agua en el recipiente, ésta circula alrededor de los elementos y lentamente llega a la parte superior del recipiente, donde se encuentra la tubería de salida del agua caliente. El agua se mantiene en forma automática en la temperatura apropiada por medio de termostatos de tira bimetalica. Éstos controlan la corriente a través de los elementos calefactores.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La cantidad de calor producida en un conductor mediante el calentamiento por resistencia (efecto Joule) es directamente proporcional al \_\_\_\_\_ de la corriente y a la \_\_\_\_\_ del conductor.
2. Los materiales que más se emplean en la fabricación de alambres calefactores resistivos son aleaciones que se componen de diversas combinaciones de \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
3. Los dos tipos más comunes de soldadura por resistencia son: la soldadura \_\_\_\_\_ y la soldadura \_\_\_\_\_.
4. Los rayos infrarrojos son una forma de radiación \_\_\_\_\_ de frecuencias comprendidas por debajo de la frecuencia de la luz
5. El calentamiento por inducción es generado por \_\_\_\_\_ inducidas de alta frecuencia que se mueven a través de objetos metálicos.
6. El calentamiento dieléctrico se emplea para producir calor dentro de materiales
7. Un horno de microondas calienta por medio de \_\_\_\_\_.
8. El bulbo sensor de calor de un termostato de fuelle se llena con un líquido o un gas que \_\_\_\_\_ cuando se calienta.
9. Un termostato actúa como un \_\_\_\_\_, el cual puede encenderse o apagarse con la aplicación de \_\_\_\_\_.
10. La operación de un termostato bimetalico depende del hecho de que algunos metales \_\_\_\_\_ más que otros cuando se calientan.

11. En una plancha eléctrica, un termostato bimetálico se conecta en \_\_\_\_\_ con el elemento calefactor.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina el calentamiento por resistencia o efecto Joule.
2. ¿Qué es un alambre para resistencia?
3. Describa la estructura de dos tipos comunes de elementos calefactores resistivos.
4. Describa la soldadura por puntos y de junta.
5. Explique cómo se produce un arco eléctrico entre los extremos de dos barras de carbón.
6. Describa la soldadura por arco eléctrico.
7. Defina los rayos infrarrojos.
8. Mencione varios ejemplos del empleo de las lámparas infrarrojas para calentamiento.
9. Explique el calentamiento por inducción. Establezca los propósitos para los cuales se usa comúnmente.
10. Explique el calentamiento dieléctrico. ¿Con qué propósito se emplea dicho calentamiento?

11. ¿Qué son las microondas?
12. Describa la estructura básica de un horno de microondas.
13. Describa la estructura del elemento calefactor de una parrilla eléctrica.
14. ¿Qué es un termostato?
15. Explique cómo trabaja un termostato de fuelle.
16. Describa la estructura y operación de un termostato bimetálico.
17. ¿Cómo se controla la temperatura en una plancha eléctrica?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral acerca de las aplicaciones industriales del calentamiento por resistencia, infrarrojo, por inducción o dieléctrico.
2. Prepare un escrito o un informe oral donde mencione cómo opera el termostato para habitaciones en su casa para controlar el sistema de calefacción o aire acondicionado.

## Unidad 34 Refrigeración y aire acondicionado

La operación de los refrigeradores y acondicionadores de aire depende del hecho de que los líquidos absorben calor cuando se evaporan o se convierten en gas (Fig. 34-1). En los aparatos de refrigeración un líquido denominado refrigerante circula a través de tubos metálicos delgados. Dichos tubos se moldean para formar los serpentines del evaporador.

El refrigerante tiene un bajo punto de ebullición y se evapora en los serpentines del evaporador. Como resultado, se enfrían los serpentines. Absorben calor del aire que los rodea. Después de cada ciclo de evaporación o enfriamiento se comprime y enfría el vapor del refrigerante o gas. Esto convierte el vapor de nuevo en líquido y el refrigerante está listo entonces para emplearse otra vez.

### REFRIGERADOR

En la figura 34-2 se muestran las partes principales de un sistema de refrigeración eléctrica. En éste y en la mayor parte



Fig. 34-1. Los líquidos absorben calor cuando se evaporan.

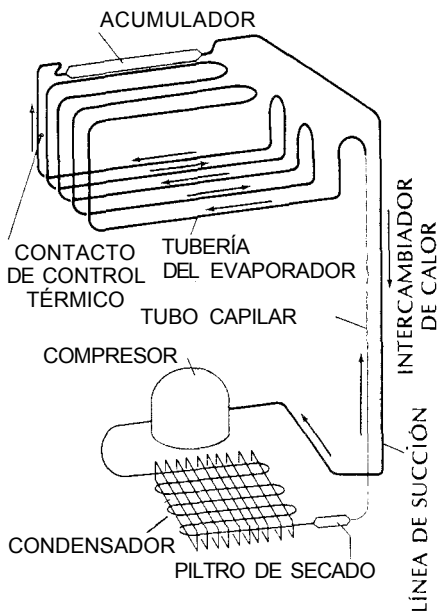


Fig. 34-2. Partes principales de un sistema de refrigeración eléctrico.

de otros aparatos eléctricos modernos de enfriamiento, el refrigerante que se emplea es una sustancia llamada freón, básicamente un compuesto de flúor, carbono e hidrógeno.

Cuando la temperatura en el armario o mueble del refrigerador sobrepasa un valor específico, comienza a operar el compresor accionado por un motor. El compresor bombea el vapor de freón desde los serpentines del evaporador. Esto reduce la presión en los serpentines y permite que el freón líquido se mueva hacia ellos a través del tubo capilar. Un termostato de fuelle se emplea para controlar la temperatura en el interior del refrigerador.

Al evaporarse el freón líquido, absorbe calor del congelador y del mueble del refrigerador. El vapor calentado se descarga posteriormente a través del compresor en el condensador. Ahí se enfría y convierte en líquido. Entonces el freón líquido es obligado a regresar a los serpentines del evaporador. Aquí se evapora una vez más para completar el ciclo de enfriamiento. Esta operación es continua mientras trabaja el refrigerador.

Conforme se absorbe más y más calor del armario, disminuye la temperatura dentro de este último. Lo anterior provoca que se abran los contactos del termostato de control de temperatura. Esto, a su vez, apaga el motor del compresor. El refrigerador permanece inactivo hasta que la temperatura del armario aumenta de nuevo lo suficiente para ocasionar que se cierren los contactos del termostato y arranque el motor del compresor.

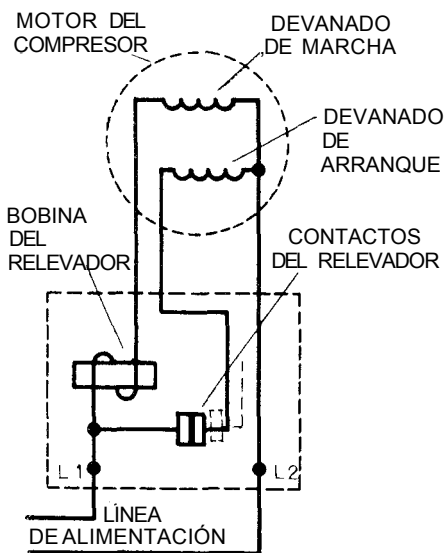


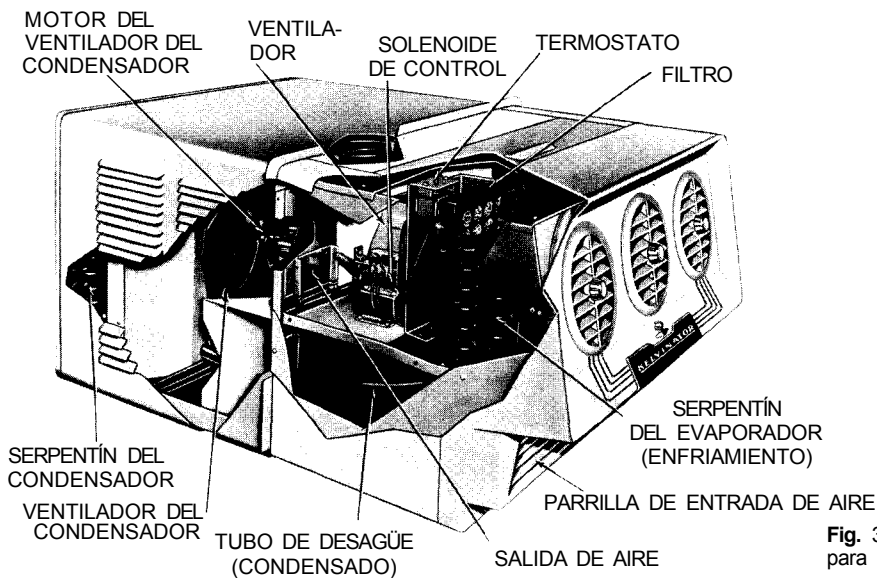
fig. 34-3. Circuito del relevador de arranque del motor de un refrigerador.

**El relevador de arranque del motor.** El compresor de refrigerador y el motor que lo acciona están contenidos en una unidad sellada. El devanado de arranque del motor se conecta y desconecta del circuito del mismo por medio de un relevador que se monta en la cubierta del compresor.

Al empezar el ciclo de enfriamiento, el voltaje de la línea se aplica en las terminales L1 y L2 del relevador (Fig. 34-3). La corriente en este caso circula por el devanado de marcha del motor y por la bobina del relevador. La elevada corriente de arranque en el circuito provoca que se cierren los contactos del relevador. Esto completa el circuito a través del devanado de arranque del motor.

La intensidad de corriente que fluye por el devanado de marcha disminuye después que el motor de cc se acelera hasta su velocidad máxima. Esto provoca que el electroimán del relevador de arranque pierda intensidad; los contactos de arranque se abren. El motor continúa posteriormente operando con su devanado de arranque desconectado del circuito.

**Protección contra la sobrecarga.** El relevador de arranque del motor tiene a menudo un dispositivo protector, que abre el circuito del motor cuando éste se sobrecarga. Un motor sobrecargado marcha más lentamente de lo normal y el au-



**Fig. 34-4.** Típico acondicionador de aire para habitaciones (Kelvinator, Inc.).

mento de la intensidad de corriente que circula por su devanado de marcha puede dañarlo seriamente.

Para evitar el daño se conecta un termostato bimetálico en serie con el circuito del motor. Cuando una elevada corriente irregular pasa por el elemento, se incrementa su temperatura hasta que se abren los contactos del termostato. De esta manera el motor se apaga en forma automática.

## ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN HABITACIONES

Un acondicionador de aire para habitaciones es una unidad de refrigeración que además de enfriar, deshumedece, limpia y circula el aire en un lugar cerrado. En general, las partes principales de una unidad de acondicionamiento de aire para habitaciones son semejantes a las de un refrigerador (Fig. 34-4).

El aire de la habitación se aspira a través del filtro para eliminar basura, polvo y otras partículas. A continuación el aire pasa por el conjunto de los serpentines del evaporador, donde se enfría. El aire frío se recircula después por toda la habitación mediante ventiladores.

Cuando el aire se mueve más allá de los serpentines fríos del evaporador, en éstos se condensa o colecta algo de la humedad del aire. Como resultado, éste abandona los serpentines seco o sin humedad, lo cual lo hace más confortable. La humedad que se colecta en los serpentines se descarga del acondicionador de aire como agua o vapor de agua.

La capacidad de enfriamiento de un acondicionador de aire para habitaciones se determina en términos de la unidad térmica inglesa (Btu: British thermal unit). El joule es la unidad métrica. Una unidad térmica inglesa es la cantidad de ca-

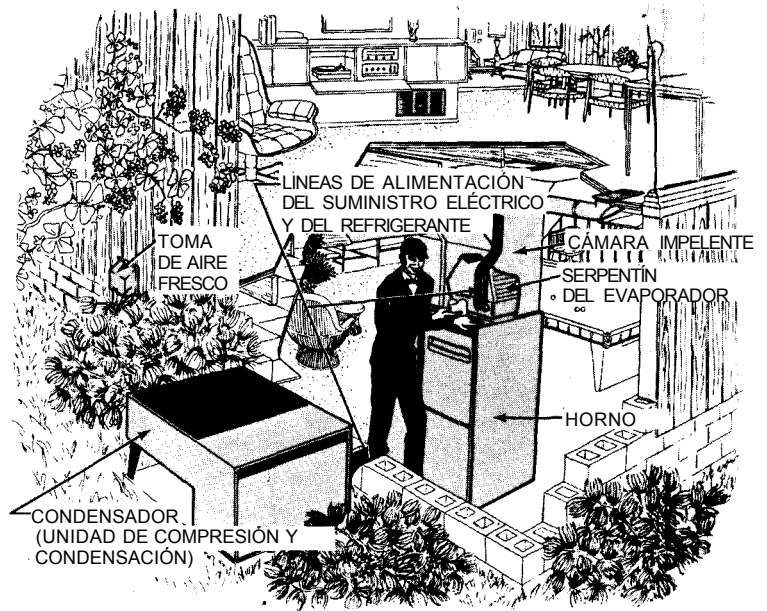


Fig. 34-5. Partes principales de la instalación de un sistema central doméstico de aire acondicionado (Lennox Industries, Inc.).

lor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit. Las Btu nominales de un acondicionador de aire son una medida de cuánto calor desalojará éste de una habitación durante cierto periodo, usualmente una hora. El rendimiento de un acondicionador de aire se indica también a partir de la cantidad de aire que puede desplazar en un lapso dado. La unidad más usual es el pie cúbico por minuto (pcm).

## CENTRAL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Un sistema central de acondicionamiento de aire enfría todas las áreas de una casa. En tal sistema, la unidad de condensación se localiza en el exterior de la misma. Cuando se emplea en una casa con un horno de ventilación forzada, el conjunto de los serpentines del evaporador se localiza por lo general sobre el horno en la cámara impulsora o ducto principal de salida de aire caliente/frío (Fig. 34-5)

## BOMBA DE CALOR

La bomba de calor accionada eléctricamente es una combinación de una unidad de calefacción y refrigeración. Transfiere calor de un lugar a otro en una forma muy parecida a la del refrigerador.

Operación en invierno. Cuando la bomba de calor se emplea como calentador, un líquido refrigerante circula por

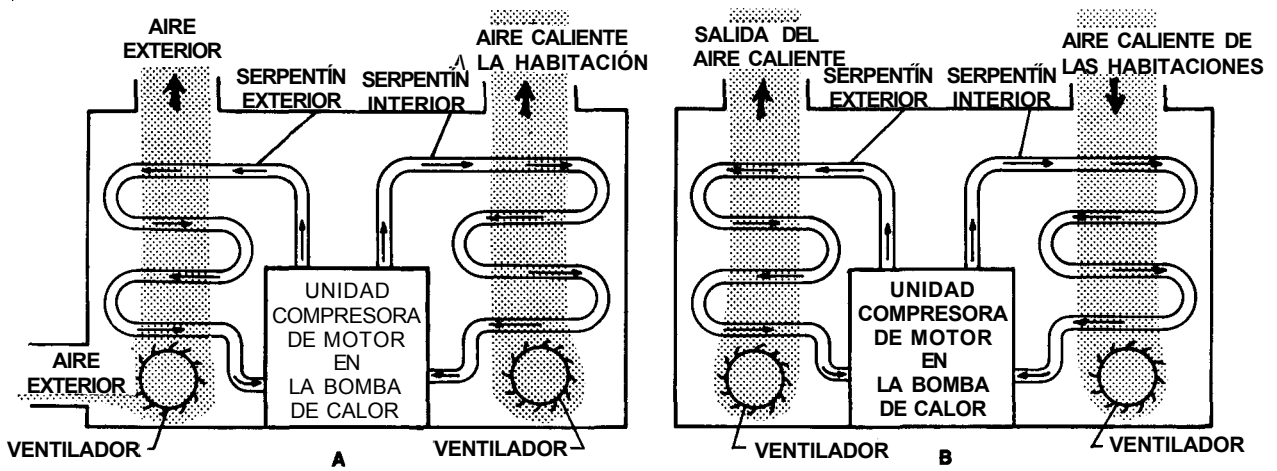


Fig. 34-6. Operación básica de una bomba de calor: (A) operación en invierno; (B) operación en verano.

un serpentín exterior (Fig. 34-6A). Conforme se evapora el refrigerante, absorbe calor del aire exterior. El refrigerante que transporta el calor se comprime posteriormente, lo cual eleva su temperatura a 100°F (37.8°C) o más. El refrigerante pasa entonces por el serpentín interior. Este actúa como una unidad calefactora. El aire frío de las habitaciones se hace circular por los serpentines calientes. Después, el aire caliente se recircula por todas las habitaciones.

Durante un clima muy frío, una bomba de calor puede no ser capaz de absorber suficiente calor del aire externo para proporcionar una calefacción adecuada. En este caso, se emplean unidades de calentamiento por resistencia auxiliares. Estas unidades se apagan en forma automática con un termostato cuando la temperatura desciende más de cierto punto; operan hasta que la bomba de calor por sí sola es capaz de proporcionar el calor suficiente.

**Operación en verano.** Durante el verano, el termostato de control de temperatura invierte en forma automática la operación de la bomba de calor. De esta manera, el aire caliente de las habitaciones se hace circular sobre el serpentín interior, el cual se enfría por la evaporación del refrigerante (Fig. 34-6B). Posteriormente, el refrigerante transporta hacia el serpentín exterior el calor que ha absorbido de las habitaciones. En este serpentín se libera el calor. El refrigerante se condensa para iniciar otro ciclo de enfriamiento.

## PURIFICADOR ELECTRÓNICO DE AIRE

El purificador electrónico de aire residencial elimina partículas muy pequeñas que normalmente podrían atravesar un filtro (Fig. 34-7). En general, se instala en el ducto de retorno del aire frío de un sistema de enfriamiento o calefacción central por aire forzado.

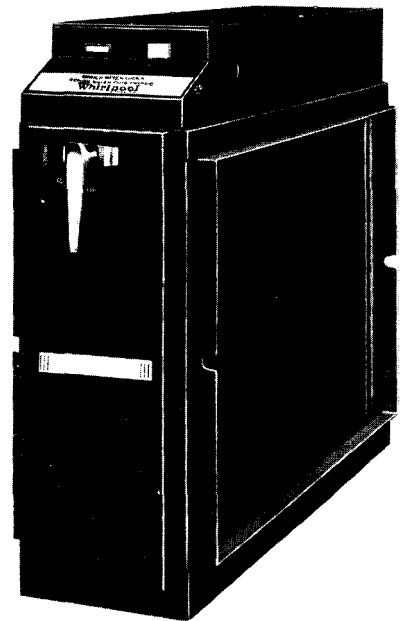


Fig. 34-7. Purificador electrónico de aire (Whirlpool Corporation).



En un purificador típico de aire electrónico, el aire pasa primero a través de una unidad de prefiltrado. Esta atrapa las partículas de polvo más grandes. Desde el prefiltro, el aire se mueve más allá de un conjunto de alambres semejante a una rejilla, el cual constituye la sección de ionización del purificador. Los alambres, suspendidos entre electrodos de aluminio conectados a tierra, se cargan positivamente alrededor de 6 000 volts. Este voltaje lo suministra un circuito rectificado de alto voltaje. Lo anterior provoca que las partículas que permanecen aún en el aire se carguen positivamente.

Después el aire pasa por una sección colectora, compuesta de placas de aluminio cargadas negativamente más o menos a 6 000 volts con respecto a las placas de aluminio conectadas a tierra entre ellas. Ahí las partículas cargadas positivamente son atraídas por las placas negativas del colector, donde permanecen hasta que se eliminan cuando se limpia el purificador.

---

#### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La operación de los refrigeradores depende del hecho de que todos los líquidos absorben \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_.
2. En los aparatos de refrigeración, un líquido conocido como \_\_\_\_\_ se hace circular por tubos de metal delgados que se llaman serpentines \_\_\_\_\_.
3. El \_\_\_\_\_ es el refrigerante más empleado.
4. El propósito de un condensador en un refrigerador es \_\_\_\_\_ el refrigerante evaporado y convertirlo de nuevo en un \_\_\_\_\_.
5. Un acondicionador de aire \_\_\_\_\_ o elimina la humedad del aire. Esto ocurre cuando la humedad del aire \_\_\_\_\_ en los serpentines fríos del evaporador.
6. La capacidad de enfriamiento de un acondicionador de aire se especifica en términos de la unidad \_\_\_\_\_.
7. La bomba de calor accionada eléctricamente es una combinación de una unidad de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Para qué se emplea el refrigerante en un refrigerador?
2. ¿Qué es una sustancia refrigerante común?
3. Explique cómo funciona un refrigerador eléctrico.
4. Describa cómo trabaja un relevador de arranque del motor de un refrigerador.
5. ¿Cómo se protegen los motores de los refrigeradores contra sobrecargas?
6. Explique cómo funciona un acondicionador típico de aire para habitaciones.
7. Mencione y defina la unidad con la cual se especifica la capacidad de enfriamiento de un acondicionador de aire.
8. ¿Qué es una bomba de calor? ¿Con qué objeto se emplean unidades de calentamiento por resistencia con este sistema?
9. Describa la estructura y operación básicas de un purificador de aire electrónico doméstico.

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Prepare un escrito o un informe oral sobre la estructura y operación de un refrigerador, un acondicionador de aire para habitaciones o una bomba de calor.

# Unidad 35 Sistema eléctrico del automóvil

El sistema eléctrico de un automóvil consta de varios circuitos eléctricos. Dichos circuitos distribuyen la corriente en los dispositivos y equipos del automóvil (Fig. 35-1). Además, el automóvil moderno puede contener algunos o todos los productos electrónicos de estado sólido y sistemas de circuitos que se muestran en la figura 35-2. La batería y un alternador o generador de ca son las fuentes de energía de tales sistemas. Los fusibles, ruptores de circuito y relevadores protegen a los circuitos.

## BATERÍA

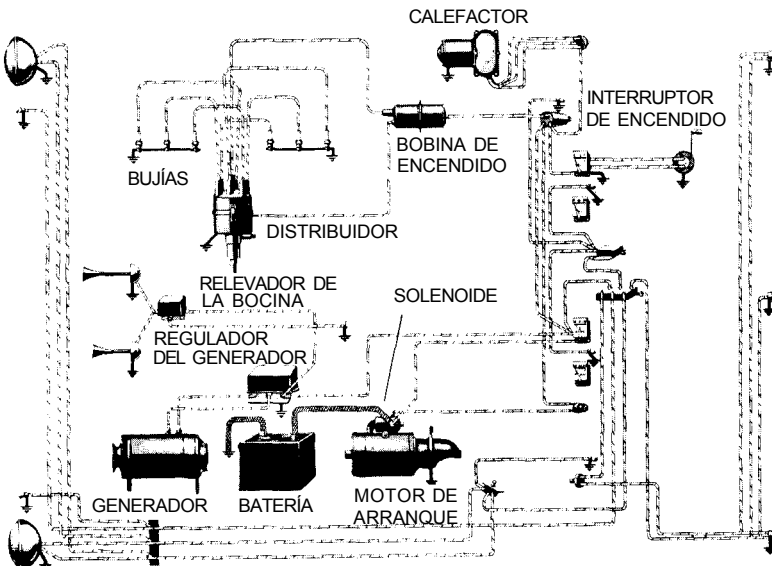
El propósito principal de la batería de un automóvil es suministrar la energía eléctrica necesaria para accionar al motor de arranque o de encendido. La batería se emplea también para operar otras cargas de circuito cuando la máquina o motor de combustión interna no está en marcha y el alternador genera un voltaje menor al necesario. Una terminal de la batería, usualmente la negativa, se conecta a tierra. Esto se efectúa, conectándola al chasis del automóvil con un cable flexible grueso. Con ello se reduce el número de alambres del circuito, puesto que el chasis actúa como un conductor de circuito de retorno para la mayor parte de los circuitos.

Casi todos los automóviles modernos emplean una batería de 12 volts de seis elementos de plomo-ácido. Esta proporciona un arranque eficaz y opera un número de dispositivos eléctricos y electrónicos siempre en aumento (Tabla 35-1).

**TABLA 35-1** Requerimientos de corriente de artículos eléctricos/electrónicos comunes del automóvil

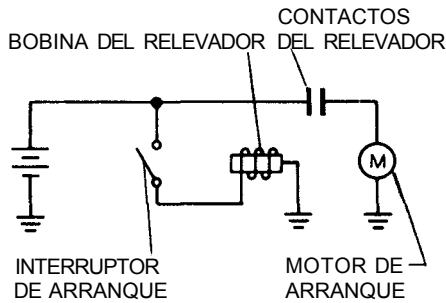
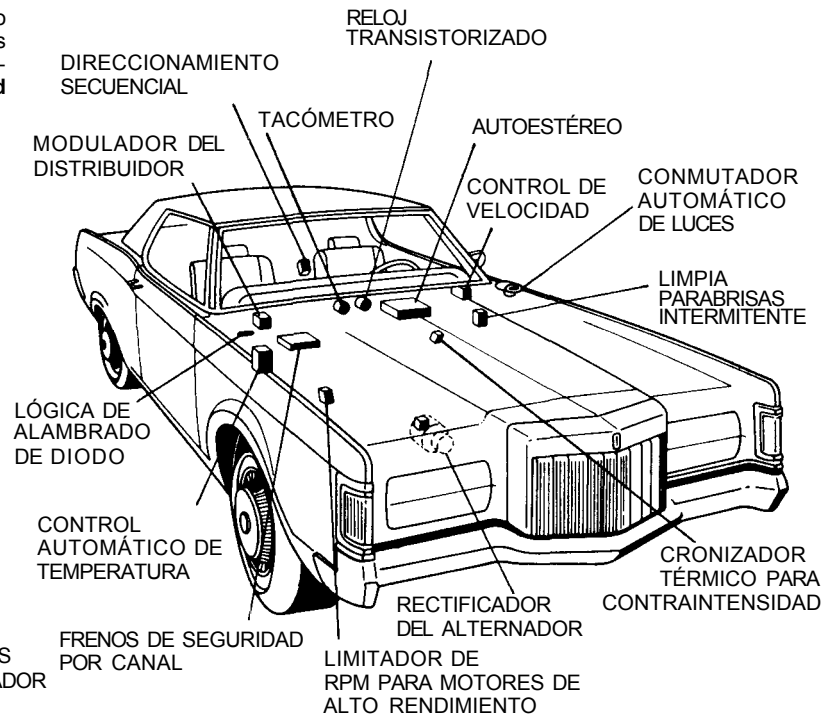
Dispositivo o producto	Corriente (amperes)
Acondicionador de aire	
Calefactor	
Sistema de encendido	
Luces de estacionamiento	
Luces bajas	
Luces altas	
Luces traseras	
Radio	
Grabadora	
Limpiador de parabrisas	
Arranque en verano	
Arranque en invierno *	

\* Los requerimientos de la corriente de arranque varían con la capacidad del motor y la viscosidad del aceite que se emplea.

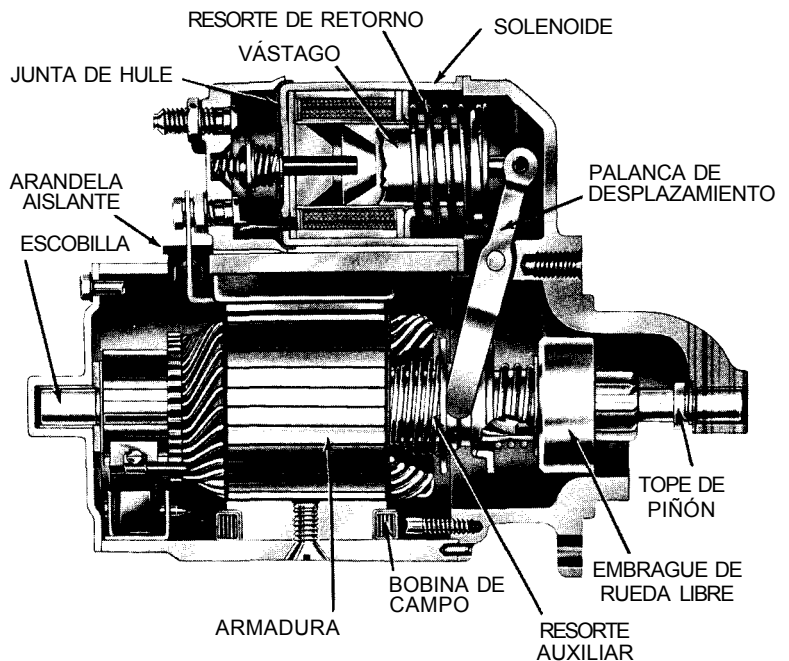


**Fig. 35-1.** Sistema eléctrico básico de un automóvil.

**Fig. 35-2.** Ejemplo del creciente número de productos y sistemas de circuitos electrónicos de estado sólido que se encuentran en el automóvil moderno (Ford Motor Company).



**Fig. 35-3.** Circuito del relevador de arranque.



**Fig. 35-4.** Arreglo de un motor de arranque con solenoide.

## CIRCUITO DE ARRANQUE

Cuando el interruptor de encendido de un automóvil se gira hacia la posición de arranque, se completa un circuito desde un relevador hasta la batería. El relevador conecta la batería en el motor de arranque. En la mayor parte de los automóviles se utiliza un motor de cc en serie para arrancar el motor.

En algunos automóviles, el relevador de arranque es una unidad independiente montada en el compartimiento del motor. Un diagrama de este tipo de circuito de arranque se muestra en la figura 35-3.

En otros automóviles el interruptor de arranque completa un circuito desde la batería hasta un solenoide, el cual se monta sobre el armazón del motor de arranque (Fig. 35-4). El vástago del solenoide actúa como un relevador para cerrar el circuito entre la batería y el motor de arranque; opera también como un sistema de engranaje, el cual acopla el eje del motor con la polea de la máquina mientras ésta se arranca.

## SISTEMA DE ENCENDIDO DE PLATINOS

Cuando el cigüeñal empieza a girar, los platinos accionados por la leva del distribuidor empiezan a cerrarse y abrirse. Esto forma y rompe el circuito primario de la bobina de encendido. Ésta es en realidad un transformador elevador (Fig. 35-5). Cuando se abre el circuito primario, se colapsa rápidamente el campo magnético. Esto induce 20 000 o más volts a través del secundario. El circuito de alto voltaje se completa en la bujía correcta con el rotor bajo la tapa del distribuidor. Conforme gira el rotor, las bujías se encienden en el orden deseado. Esto se denomina orden de encendido y en general se encuentra en el múltiple de admisión del motor. Tal referencia es útil en el caso de que el orden de los cables en la tapa del distribuidor alguna vez se conecte mal.

Cuando se abren los platinos, un repentino colapso del campo magnético induce también un alto voltaje en el circuito primario de la bobina. Dicho voltaje podría ocasionar ordinariamente chispas excesivas en los platinos. Sin embargo, existe un capacitor entre éstos, el cual absorbe el sobrevoltaje inducido y permite al circuito de encendido trabajar en forma correcta. Un capacitor defectuoso provoca un encendido deficiente y que los platinos se quemen o el motor no arranque.

Bujías. Proporcionan el entrehierro eléctrico en el circuito de alto voltaje del sistema de encendido. El entrehierro en la punta de cada bujía es el lugar donde se produce la chispa que enciende la mezcla de aire y combustible en un cilindro del motor. Las bujías están expuestas a temperaturas y presiones extremas. Por tal razón, se elaboran con materiales resistentes al calor. En la figura 35-6 se muestran los detalles de una bujía típica.

Fig. 35-5. Sistema de encendido convencional: A) diagrama de circuito; B) sistema de encendido y conexiones del motor de arranque (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

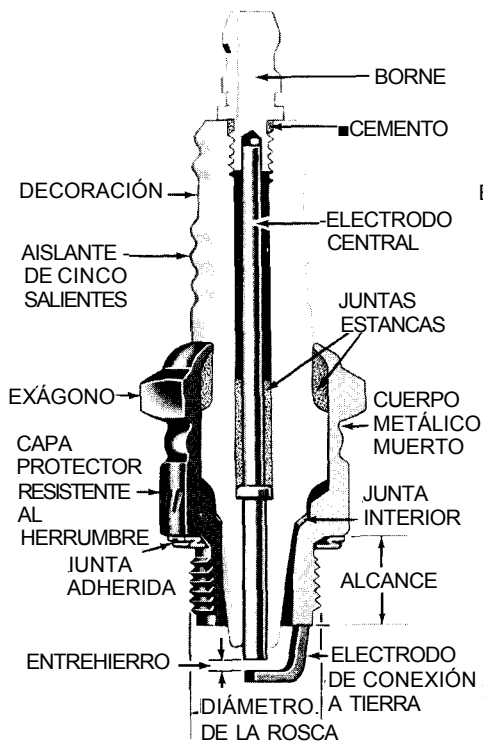
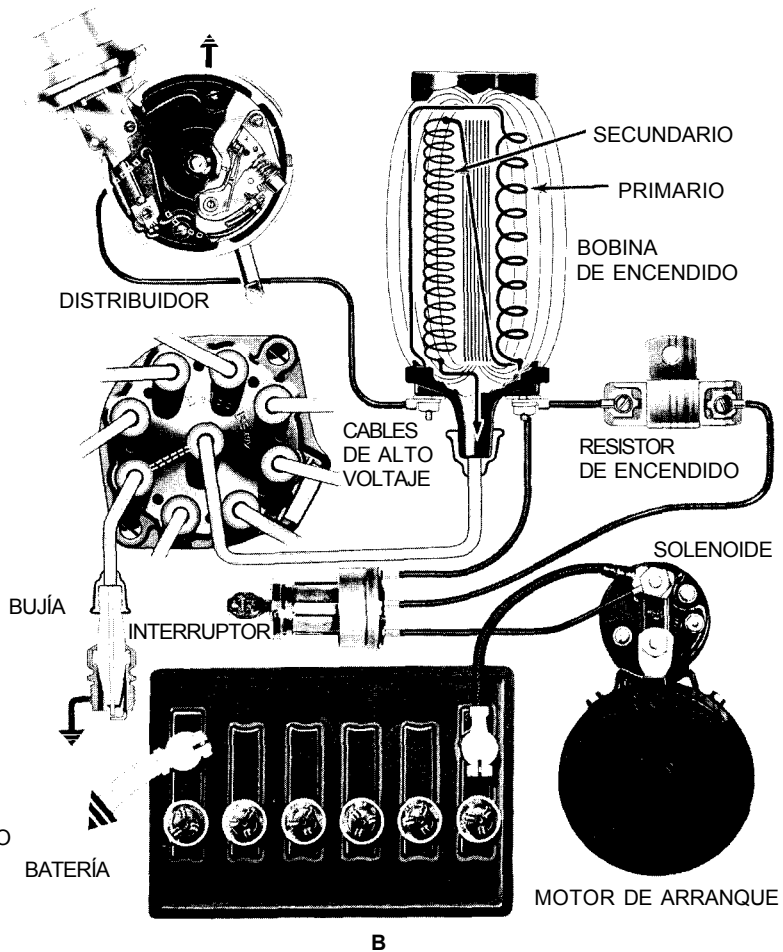
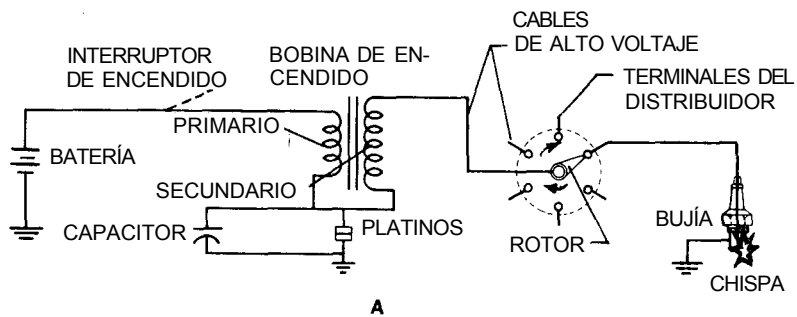


Fig. 35-6 Estructura de una bujía (Champion Spark Plug Company).

**Cilindros.** Cuando se produce una chispa en una bujía, se enciende la mezcla de aire y combustible en los cilindros. La rápida expansión de los gases producida por este quemado empuja a los pistones y ocasiona que se muevan [Fig. 35-7]. El movimiento de los pistones hace girar al cigüeñal cuya energía mecánica se transfiere posteriormente a las ruedas motrices mediante el conjunto de la transmisión.

## SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO

En un sistema de encendido electrónico común, no existen platinos en el distribuidor. Un conjunto fonocaptor magnético localizado sobre el eje del distribuidor contiene un imán permanente, una pieza polar con dientes internos y una bobina fonocaptora (Fig. 35-8).

A medida que gira el rotor del distribuidor, los dientes de su núcleo regulador de tiempo se mueven más allá de los dientes de la pieza polar. Como resultado, un campo magnético variable atraviesa la bobina fonocaptora. Ésta induce impulsos de voltaje a través de la misma.

Los impulsos se aplican posteriormente a un amplificador en el módulo electrónico. La salida del amplificador se conecta al devanado primario de la bobina de encendido. Un alto voltaje es inducido a través del devanado secundario de la bobina. Después se aplica éste por medio del distribuidor a las bujías.

## ALTERNADOR

Después que el motor ha arrancado y marcha con cierta velocidad, un alternador o generador de ca reemplaza a la batería como fuente de energía.

**Estructura.** El alternador típico es un generador trifásico con un campo rotatorio (Fig. 35-9). El conjunto del rotor se compone básicamente de una bobina de campo de forma toroidal. Este conjunto se monta entre dos secciones de hierro con puntas entrelazadas similares a garras que se denominan polos. La corriente de campo de la batería pasa a los devanados de campo mediante dos escobillas que entran en contacto con los anillos colectores del inducido o rotor.

La mayor parte de los alternadores se accionan con la banda del ventilador o por medio de una banda separada que acopla el eje del rotor con la polea del motor. Cuando gira el conjunto del rotor, el campo magnético producido por la corriente de campo atraviesa los devanados estacionarios del conjunto del estator. Esta acción induce un voltaje alterno en los devanados del estator.

**Rectificación de la salida.** Seis diodos de silicio rectifican el voltaje producido por el alternador; se montan en el interior del marco lateral del alternador. La rectificación es necesaria debido a que el sistema eléctrico del automóvil opera con corriente continua.

**Daño de los diodos.** Una inversión de la polaridad del voltaje en la batería de un automóvil puede dañar seriamente los diodos del alternador u otras partes del sistema eléctrico.

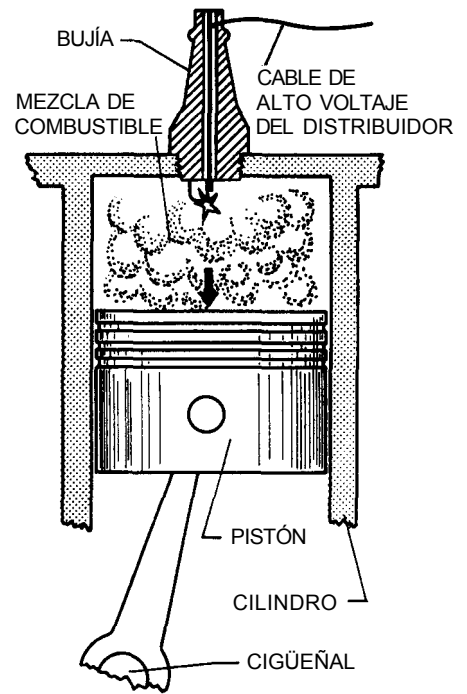
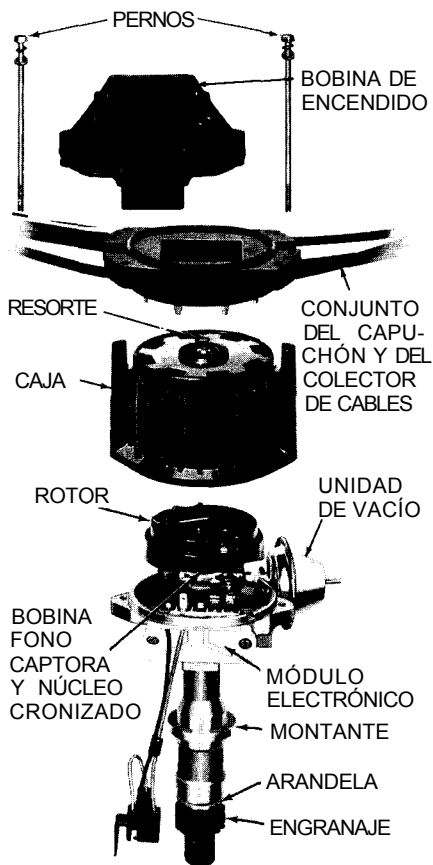
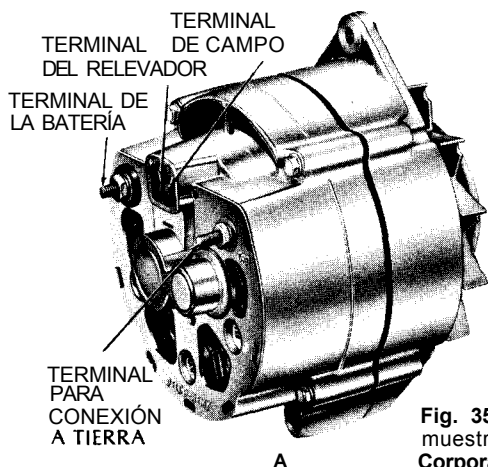


Fig. 35-7. Efecto del encendido en un cilindro de automóvil.



**Fig. 35-8.** Vista esquemática que muestra los componentes del conjunto del distribuidor de un sistema de encendido electrónico (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).



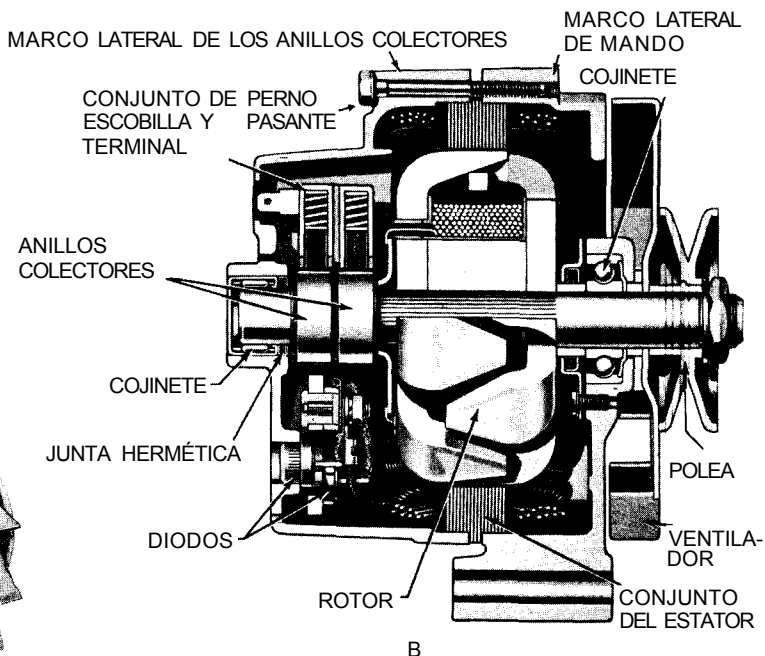
Por esta razón, es importante emplear la polaridad correcta mientras se conecta una batería nueva o una batería reforzada en el automóvil.

## REGULADOR DEL ALTERNADOR

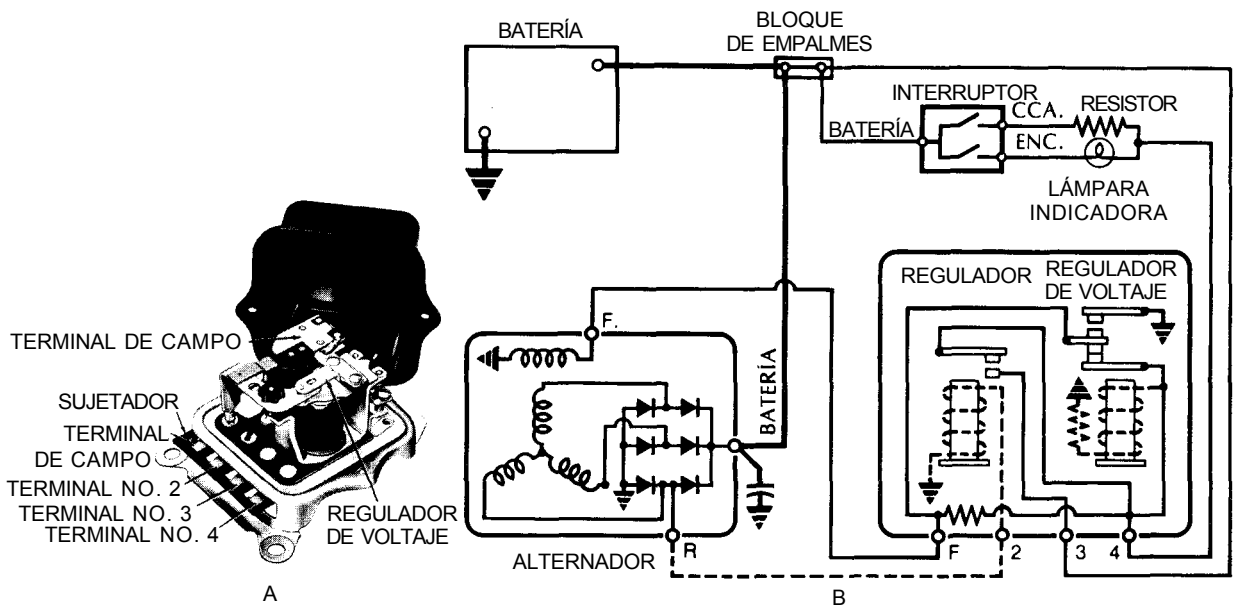
La salida de voltaje del alternador se controla en forma automática de manera que permanezca absolutamente constante para las diferentes velocidades del motor. Ésta es la función del regulador del alternador. Un regulador típico se compone de dos unidades relevadoras: el regulador de voltaje y el relevador de campo (Fig. 35-10).

**El regulador de voltaje.** La salida de voltaje del alternador aumenta conforme lo hace la velocidad del motor. El regulador de voltaje limita el voltaje para que éste no sobrecargue la batería o dañe alguna parte del sistema eléctrico.

Cuando la salida del alternador alcanza alrededor de 14 volts, la acción de conmutación automática del regulador de voltaje pone un resistor en serie con el campo del alternador. Esto reduce la corriente de campo. De esta manera, se reduce también el voltaje de salida del alternador.



**Fig. 35-9.** Alternador del automóvil: (A) vista exterior; (B) vista recortada que muestra los elementos principales (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).



**Relevador de campo.** Actúa como un interruptor magnético que se cierra cuando se activa el relevador. Este dispositivo proporciona una trayectoria conductora de baja resistencia entre la batería y la bobina del regulador de voltaje. El relevador desconecta también la batería de los devanados de campo del alternador. Este sistema suministra una regulación completa del alternador en forma compacta.

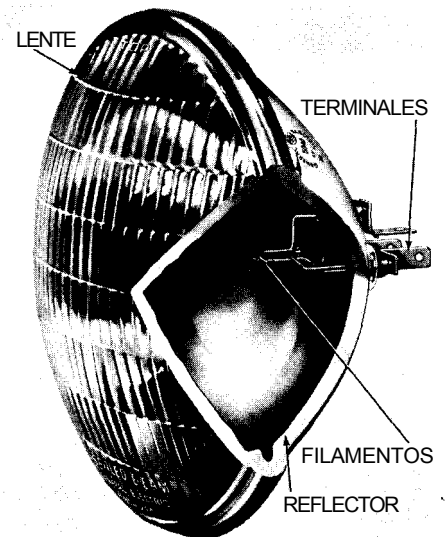
**Fig. 35-10** Regulador del alternador y circuito regulador.

## LUCES

La electricidad en el automóvil se emplea para operar varios tipos de lámparas. La mayor parte son de contacto sencillo o doble con un casquillo de bayoneta. Las luces delanteras, traseras y direccionales son las más importantes para la conducción segura del automóvil. También son comunes las luces de instrumentos, de techo, estacionamiento y de respaldo.

**Faros.** La mayor parte de los automóviles emplean faros sellados. En éstos, uno o más filamentos se encierran dentro de una bombilla que sirve también como una lente y reflector (Fig. 35-11). En los faros de dos filamentos, éstos se conectan en el circuito de manera que cualquiera de ellos pueda encenderse. Esto permite producir haces o las luces altas y bajas.

Una vez encendido el faro con el interruptor de luces principal, tanto la luz alta como la baja pueden seleccionarse con el interruptor de graduación de intensidad.



**Fig. 35-11.** Faro sellado (General Electric Company).



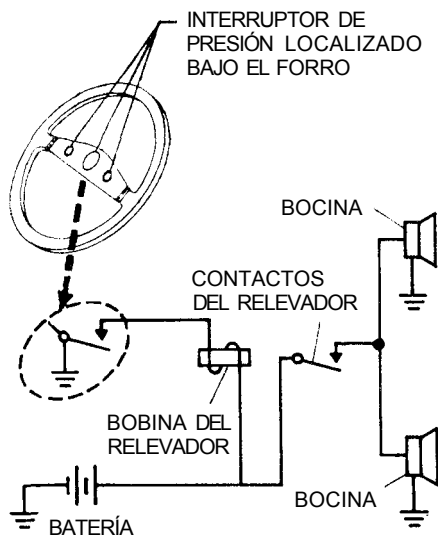


Fig. 35-12. El circuito de la bocina.

## BOCINA

Las bocinas eléctricas de los automóviles son dispositivos vibratorios que trabajan en forma muy parecida a un timbre. En una bocina, sin embargo, la palanca vibradora se conecta en un diafragma. El rápido movimiento de éste hacia uno y otro lado de una columna de aire produce el sonido.

Las bocinas se controlan usualmente con un relevador. Cuando se oprime el interruptor en el volante, se completa un circuito desde la batería o el alternador hasta el relevador de la bocina (Fig. 35-12). Esto ocasiona que se cierren los contactos del relevador. En esta forma, la corriente fluye a través del circuito de la bocina.

## INSTRUMENTOS

Los indicadores de combustible y temperatura son los instrumentos eléctricos más comunes en el automóvil. En un tipo de indicador, una bobina calefactora se enrolla alrededor de una tira bimetalica (o brazo) conectada a una aguja indicadora. Conforme la corriente calienta a la bobina, aumenta también la temperatura en la tira, lo cual provoca que ésta se doble. El grado de deformación de la tira determina la posición de la aguja indicadora en la escala del instrumento.

La intensidad de corriente en el circuito indicador de combustible depende de la posición de un flotador conectado a un reóstato (Fig. 35-13). A medida que disminuye la reserva de combustible en el tanque, el flotador provoca que aumente la resistencia del circuito, lo cual, a su vez, ocasiona que la aguja indicadora se mueva hacia la posición de vacío en la escala del indicador. En un indicador de temperatura, la temperatura en el bloque del cilindro controla la corriente en el circuito.

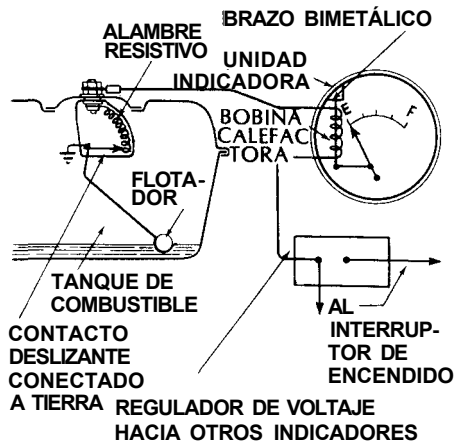


Fig. 35-13. Circuito del indicador de combustible.

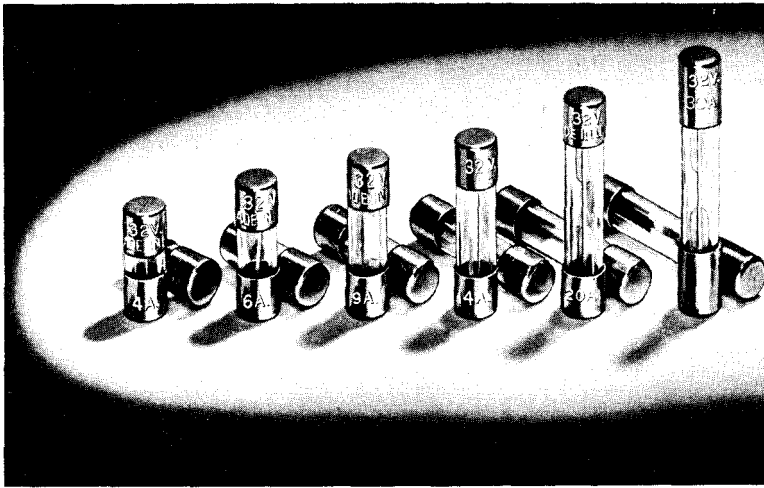


Fig. 35-14. Fusibles de automóvil.

## ACCESORIOS ELÉCTRICOS

Los accesorios eléctricos comunes del automóvil incluyen equipos de calefacción, acondicionadores de aire, ventiladores, limpiadores de parabrisas, accionadores para los vidrios y ajustadores del asiento. Todos éstos se operan con pequeños motores eléctricos. Los accesorios se controlan por lo general con interruptores operados en forma manual que se localizan en el tablero de instrumentos a en las cercanías del mismo.

## FUSIBLES Y RUPTORES DE CIRCUITO

Casi todos los circuitos de luces y accesorios en un automóvil se protegen con fusibles de cartucho o ruptores de circuito. En muchos automóviles, los ruptores de circuito se emplean más que los fusibles.

Los fusibles de automóvil comunes incluyen los de 4, 6, 9, 14, 20 y 30 amperes de capacidad. La longitud es diferente para cada capacidad. Cuanto mayor es la capacidad de amperes, más largo es el fusible (Fig. 35-14). Un fusible de capacidad incorrecta no puede insertarse en un portafusibles o broche de montaje. Ésta es una característica de seguridad importante.

## EL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

El automóvil eléctrico no es nuevo. Apareció por primera vez en Estados Unidos alrededor del año 1888. Fue muy popular en los inicios de este siglo, pero desde 1930 se ha reempla-

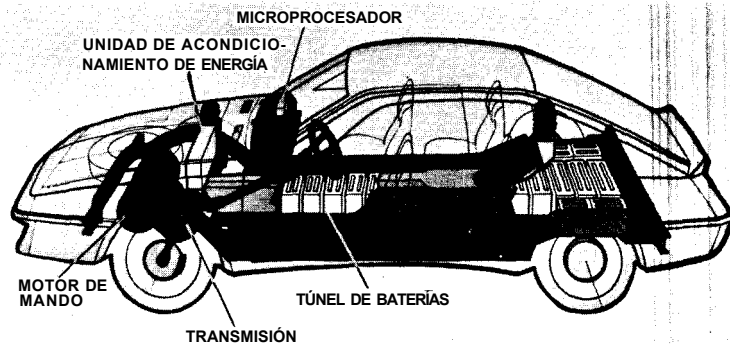


fig. 35-15. Elementos clave de un automóvil eléctrico experimental (U.S. Department of Energy).

zado por el familiar automóvil de motor de combustión interna.

En la actualidad, con el alto costo y suministro limitado de combustible, existe un interés renovado por el automóvil eléctrico (Fig. 35-15). Brinda muchas ventajas: prácticamente es silencioso y sólo produce un leve zumbido; no contamina, es pequeño, ligero y muy fácil de conducir. Estados Unidos dispone de un adecuado suministro de plomo, el cual se utiliza en las baterías de plomo ácido del automóvil eléctrico.

Sin embargo, el automóvil eléctrico presenta varias desventajas. No puede igualar en calidad, adaptabilidad, funcionamiento o velocidad al automóvil de motor de combustión interna. Además, en ningún lugar de Estados Unidos existe un sistema para dar mantenimiento o carga a la batería que emplea.

El automóvil eléctrico cuenta con cuatro sistemas principales, los cuales se analizan a continuación.

**Sistema de suministro de energía.** Puesto que ya hay en la actualidad baterías de plomo-ácido, algunos sistemas de suministro de energía de automóviles eléctricos se diseñan para operar con ellas. Un total de 80 de estas baterías se conectan para producir 108 volts. Las unidades de alimentación constituidas por baterías de plomo-ácido pueden recargarse durante la noche.

Se estudian nuevos sistemas de alimentación para automóviles eléctricos. Algunos utilizan baterías de níquel y zinc, níquel y hierro, sodio y azufre, zinc y cloro, y litio y sulfuro metálico.

El objetivo es desarrollar un sistema de alimentación que pueda operar un automóvil eléctrico con una velocidad de entre 45 y 55 millas por hora (72 a 89 km/h) una distancia aproximada de 150 millas (240 km) antes de recargarse.

Existen dos razones importantes para emplear las baterías. Primero, son compatibles con los sistemas de suministro eléctrico existentes. Segundo, implican cambiar un sistema energético que consume petróleo por uno que emplea una fuente de energía abundante y renovable (Fig. 35-16).



**Fig. 35-16.** Celdas solares (fotovoltaicas) se emplean para cargar la batería en un vehículo eléctrico adaptado con una aspiradora que se utiliza para recolectar basura (National Aeronautics and Space Administration).

**Sistema de control.** Cuenta con los instrumentos e interruptores necesarios para operar al automóvil eléctrico y a los sistemas de respaldo. Dos importantes medidores proporcionan información acerca del estado del sistema de alimentación. Éstos son el voltmetro y el ampermetro. La lectura del voltmetro indica la carga en las baterías. El ampermetro indica el régimen de consumo de energía. Otros controles comprenden los interruptores que activan varias unidades en el automóvil, como los frenos eléctricos. Debido a la complejidad del equipo electrónico que el automóvil emplea para controlarlo se utiliza una unidad computarizada central, denominada microprocesador. Por ejemplo, el acelerador usa un dispositivo de estado sólido para controlar la cantidad de energía que determina la velocidad del automóvil.

**Sistema de transmisión eléctrico.** Algunos automóviles eléctricos experimentales emplean dos motores de cc de excitación, uno para cada rueda. Otros automóviles eléctricos utilizan un motor con una transmisión. Estos motores de cc convierten la energía eléctrica en energía mecánica que impulsa al automóvil.

**Sistemas de respaldo.** Incluye equipos accesorios como limpiadores de parabrisas y la bomba de agua asociada, luces direccionales, calefactor y acondicionador de aire.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_ son las fuentes de energía del sistema eléctrico de un automóvil.
2. La terminal \_\_\_\_\_ de la batería por lo general se conecta a tierra en el \_\_\_\_\_ del automóvil.
3. En algunos automóviles, el interruptor de arranque completa un circuito desde la batería hasta un \_\_\_\_\_ montado en el armazón \_\_\_\_\_.
4. Los platinos en un sistema de encendido operan como un interruptor \_\_\_\_\_.
5. El alto voltaje del devanado secundario de la bobina \_\_\_\_\_ se aplica en las \_\_\_\_\_ mediante un \_\_\_\_\_ dentro del distribuidor.
6. El orden conveniente en el cual encienden las bujías se denomina \_\_\_\_\_.
7. La chispa excesiva en los platinos se evita al conectar un \_\_\_\_\_ entre ellos.
8. La chispa de encendido se produce en el \_\_\_\_\_ de la bujía.
9. El alternador típico es un generador \_\_\_\_\_ con un \_\_\_\_\_.
10. El \_\_\_\_\_ controla la salida de voltaje del alternador.
11. En la actualidad los sistemas de alimentación de los automóviles eléctricos emplean baterías \_\_\_\_\_.
12. La unidad computarizada central en un automóvil eléctrico se denomina \_\_\_\_\_.
2. ¿Por qué una terminal de la batería de un automóvil se conecta a tierra en el chasis?
3. ¿Cuál es la función del solenoide en un circuito de arranque?
4. Mencione la función de los platinos, la bobina de encendido y el rotor del distribuidor en un sistema de encendido convencional.
5. ¿Por qué se conecta un capacitor entre los platinos?  
(3. ¿Cuál es la función de las bujías?)
7. Explique brevemente cómo trabaja un tipo común de sistema de encendido electrónico.
8. ¿Por qué debe rectificarse la salida de voltaje de un alternador? Explique cómo se realiza esto.
9. ¿Cómo pueden dañarse los diodos del alternador?
10. ¿Qué hace el regulador de un alternador?
11. Mencione la función de las unidades de regulación de voltaje y del relevador de campo del regulador de un alternador.
12. Explique cómo funciona el circuito de la bobina.
13. ¿Cuáles son las principales ventajas del automóvil eléctrico?

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuál es la función principal de la batería de un automóvil?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Prepare un escrito o un informe oral acerca de los desarrollos recientes de dispositivos electrónicos que se empleen en los automóviles.
2. Dé una demostración en clase sobre algunas unidades eléctricas automotrices. Explique su operación.

# Sistemas de información y de comunicación

## Unidad 36 Conceptos básicos de la comunicación

La gente se comunica entre sí usando uno o más de los sentidos primarios: el oído, la vista y el tacto. Los conceptos fundamentales de la comunicación se muestran en la figura 36-1.

Nótese que el emisor de información inicia la comunicación. Éste es una persona que tiene que dar información a otra, el receptor de la información. Dicha información puede componerse de varios tipos de mensajes, incluso musicales.

Fig. 36-1. Conceptos básicos en el proceso de comunicación.

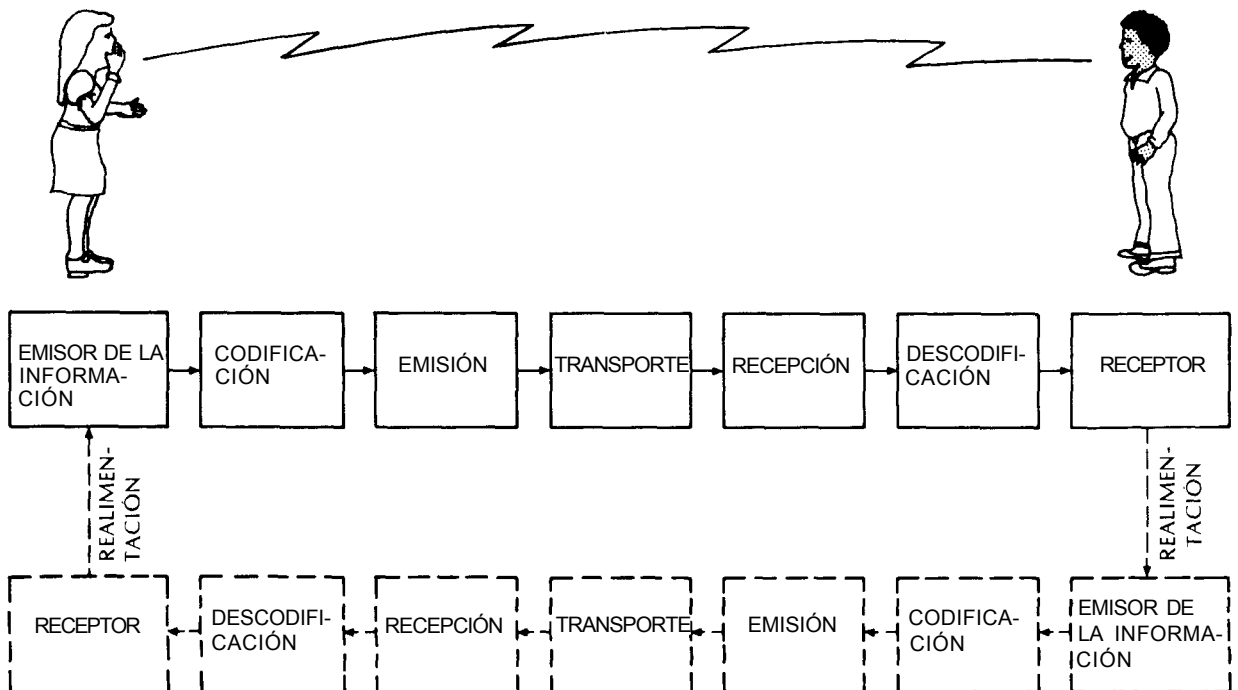


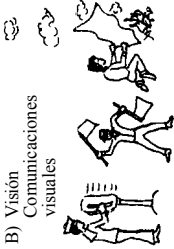




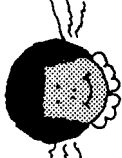
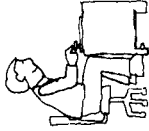


Fig. 36-2. Tipos de sistemas de comunicación.

Procesos y elementos incluidos						
El emisor de la información utiliza los sentidos	Técnicas de codificación de mensajes	Elementos emisores	Medio de transporte	Elementos receptores	Técnicas de codificación de mensaje	El receptor utiliza los sentidos
<p>A) Audición <i>Comunicación oral</i></p> 	<p>Los sonidos hablados de vocales y consonantes en el lenguaje son entendidos por la persona que recibe el mensaje.</p>	<p>La caja sonora humana (cuerdas vocales, boca, lengua, etc.) genera ondas sonoras</p>	<p>Atmósfera de la Tierra (distancia entre emisor y receptor: alrededor de 275 m o 300 yardas)</p>	<p>Oído</p>	<p>No es necesario traducir si el receptor entiende el lenguaje</p>	<p>Audición Los oídos reciben ondas sonoras. El cerebro interpreta el mensaje.</p> 
<p>B) Visión <i>Comunicaciones visuales</i></p> 	<p>Los destellos de luz, banderas y columnas de humo tienen asignados significados alfanuméricos (código).</p>	<p>Destellos de luz, banderas, columna de humo</p>	<p>Luz visible (distancia entre emisor y receptor: alrededor de 32 km o 20 millas)</p>	<p>Ojo</p>	<p>Traducción con el mismo código</p>	<p>Visión Los ojos reciben los mensajes visuales. El cerebro interpreta el mensaje.</p> 
<p>C) Audición y tacto <i>Telegrafo</i></p> 	<p>Un interruptor operado manualmente controla impulsos de corriente a los que se asigna significados alfanuméricos-</p>	<p>Manipulador telegráfico</p>	<p>Alambre emisor y receptor: todo el mundo)</p>	<p>Resonador telegráfico</p>	<p>Transformación de impulsos eléctricos (corriente) en ondas sonoras (sonido seco y corto)</p>	<p>Audición Los oídos reciben ondas sonoras. El cerebro interpreta el mensaje.</p> 
<p>D) Audición <i>Teléfono</i></p> 	<p>La voz (ondas sonoras) se traduce o transforma en corrientes eléctricas (audiofrecuencias).</p>	<p>Micrófono telefónico</p>	<p>Alambre emisor y receptor: todo el mundo)</p>	<p>Receptor telefónico</p>	<p>El reproductor (receptor) transforma las corrientes eléctricas en ondas sonoras (conversión y música)</p>	<p>Audición Los oídos reciben ondas sonoras. El cerebro interpreta el mensaje.</p> 

E) Audición y tacto  
*Telegrafo inalámbrico*

La descodificación es la misma que con el telegrafo, pero emplea corrientes de alta frecuencia (radio).



Emisor

Ondas electromagnéticas (distancia entre emisor y receptor: todo el mundo)  
Para

Receptor

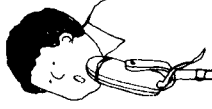
Las señales del oscilador local se mezclan con las corrientes de alta frecuencia para producir audiofrecuencias; el reproductor traduce las audiofrecuencias en ondas sonoras



Audición  
Los oídos reciben ondas sonoras. El cerebro interpreta el mensaje.

F) Audición  
*Radio*

El micrófono transforma la voz (ondas sonoras) en corrientes eléctricas. Dichas corrientes modulan corrientes de radiofrecuencia.



Transmisor de radio

Ondas electromagnéticas (distancia entre emisor y receptor: todo el mundo e interplanetaria)

Receptor de radio

Un detector separa las frecuencias de audio de las corrientes de radiofrecuencia; el reproductor (allavoz) transforma las corrientes de audiofrecuencia en ondas sonoras

Audición  
Los oídos reciben ondas sonoras. El cerebro interpreta el mensaje.



G) Visión y tacto  
*Teletipo*

Un teclado controlado manualmente o por cinta cierra interruptores seleccionados, a los cuales se asignan significados alfanuméricos. Un rotor distribuidor sincronizado desarrolla el tren de impulsos eléctricos.



Transmisor (emisor)

A la brevedad (distancia entre emisor y receptor: todo el mundo)

Impresora (receptor)

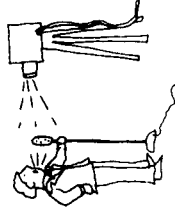
Un electroimán selector transforma los impulsos eléctricos en la acción mecánica que imprime caracteres alfanuméricos sobre papel

Visión  
Los ojos reciben los mensajes visuales. El cerebro interpreta el mensaje.



H) Audición y visión  
*Televisión*

La cámara de televisión traduce las imágenes (video) en corrientes eléctricas. Estas corrientes modulan corrientes de alta frecuencia. Un micrófono transforma las ondas sonoras (audio) en corrientes eléctricas, como en la radio.



Receptor de televisión (imagen y sonido)

Ondas electromagnéticas (distancia entre emisor y receptor: todo el mundo e interplanetaria)

El detector de video separa las corrientes de video de las corrientes de radio; el tubo de imagen traduce las corrientes de video en imágenes; el detector de audio actúa de la misma manera como la radio ya mencionado

Audición y visión  
Los oídos reciben las ondas de radio del altavoz. Los ojos, las imágenes visuales de la pantalla de televisión. El cerebro interpreta los mensajes.





El receptor es la persona que recibe y utiliza la información. Ésta debe seguir varios procesos llamados *codificación*, *emisión*, *transporte*, *recepción* y *descodificación* para que el receptor la reciba. La *realimentación* permite que el receptor informe al emisor que se ha recibido y entendido el mensaje. El emisor utiliza la *realimentación* para determinar si la información requiere *esclarecimiento* adicional. La *realimentación* es esencial en un sistema de comunicación eficaz. El proceso de comunicación para varios sistemas de comunicaciones fundamentales que emplean sólo el oído y la vista se resume en la figura 36-2. También se muestran los sistemas de comunicación que se emplean en la electricidad y la electrónica. Tales sistemas permiten comunicarse a grandes distancias. El telégrafo, teletipo, teléfono, la radio y televisión son los sistemas de comunicación más comunes.

## COMUNICACIÓN ORAL

La comunicación oral es el proceso de comunicaciones básico. Diariamente se realiza esta actividad: en la escuela, en el hogar o en el trabajo. Aunque este proceso es muy complicado, se lleva a cabo sin reparar en él. Los sonidos tienen significado por la manera como se pronuncian las vocales y consonantes. Esta formación del lenguaje original representa el proceso de *codificación*. La caja sonora produce el sonido cuando el aire es expelido a través de las cuerdas vocales, las cuales vibran rápidamente y emiten un sonido audible. La atmósfera de la Tierra es el medio que transporta las vibraciones sonoras hasta el oído: el receptor. Si el receptor escucha el lenguaje pero no lo entiende, éste debe traducirse. Tal proceso se conoce como *descodificación*. Una vez *descodificado* el lenguaje, el cerebro interpreta el mensaje. Si el lenguaje transmitido es el mismo que el del receptor, el cerebro *descodifica* el mensaje en forma automática. Esto permite al receptor entender el mensaje. El proceso inverso suministra la *realimentación* (Fig. 36-1). No obstante, el alcance de la comunicación oral es limitado.

## COMUNICACIÓN VISUAL

La distancia de la comunicación puede incrementarse en gran medida empleando medios visuales como banderas, señales de humo y luces de destellos. Debido a la curvatura de la Tierra, esta distancia está limitada por una línea recta del campo visual, alrededor de 20 millas (32.2 km). Sin embargo, la distancia puede incrementarse aproximadamente 40 millas (64.4 km) si el proceso se realiza desde un edificio alto o una montaña.

Como en el caso de la comunicación oral, el emisor de la información inicia el proceso. La naturaleza de las banderas

(posición, color, etc.), las variaciones de las columnas de humo o la duración de las luces de destello, tienen un significado. Esto constituye el proceso de codificación. Por ejemplo, las variaciones de tiempo del encendido o apagado de las luces de destellos pueden tener significados alfabéticos (A, B, C, etc.) y significados numéricos (1, 2, 3, etc.). Dichos significados representan un código alfanumérico. Al emplearlo, una luz de destellos puede emitir un mensaje, en el que la luz visible es el portador. El receptor de esta comunicación visual es el ojo, el cual detecta con facilidad la diferencia de tiempo que existe al encender y apagar la luz. Por tanto, el mensaje puede descodificarse. De este modo, los sentidos, especialmente el oído y la vista, son esenciales en el proceso de la comunicación.

## COMUNICACIONES ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS

El empleo de la electricidad y la electrónica permite la comunicación a largas distancias. En la figura 36-2 se muestra cómo el telégrafo, teléfono, telégrafo inalámbrico, radio, teletipo y televisión, inician y terminan el proceso de comunicación mediante los sentidos primarios, especialmente el oído y la vista. Sin embargo, la energía eléctrica se utiliza para codificar, emitir, transportar, recibir y descodificar los mensajes.

---

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ son los tres sentidos primarios que se emplean en la comunicación.
2. La persona que inicia el proceso de comunicación se denomina el \_\_\_\_\_ de la información.
3. El \_\_\_\_\_ de la información es la persona que recibe los mensajes.
4. La \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ son los cinco pasos básicos en la comunicación.
5. \_\_\_\_\_ es el proceso con el cual un receptor de información hace saber al \_\_\_\_\_

de la información que el mensaje se ha recibido y entendido.

6. La comunicación \_\_\_\_\_ es el proceso de comunicación básico.
7. Los significados que proporcionan las letras y números forman un \_\_\_\_\_.
8. En las comunicaciones eléctricas y electrónicas, \_\_\_\_\_ emite los mensajes.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Describa los conceptos básicos en el proceso de comunicación oral entre dos personas. ¿Cuáles son algunas de las limitaciones de este proceso?
2. Compare la comunicación oral con la visual.
3. Liste los métodos de comunicación eléctricos y electrónicos.

# Unidad 37 Telégrafo y teletipo

El telégrafo fue el primer sistema de comunicación eléctrico que permitió comunicarse más allá de los alcances de la voz y la visión. En la figura 37-1 se muestra un circuito telegráfico básico para el envío de mensajes en una dirección. El circuito eléctrico se compone de una batería, un manipulador o llave, una línea y un receptor. La batería es la fuente de energía y el manipulador actúa como un interruptor para abrir y cerrar el circuito (Fig. 37-2). Esto produce impulsos de corriente que circulan por el circuito.

**Codificación.** El operador (el emisor de información) controla los impulsos al variar los intervalos durante los cuales el manipulador permanece conectado o desconectado. En Estados Unidos, se emplea el código Morse en la telegrafía alámbrica; este nombre se debe a Samuel F. B. Morse, estadounidense inventor del telégrafo. Una forma modificada del código Morse, llamada código Morse internacional, se muestra en la figura 37-3. El código Morse internacional se emplea a menudo en las comunicaciones de radioaficionados.

**Emisión o transmisión.** Los procesos de emisión y codificación se realizan al mismo tiempo cuando la mano del opera-

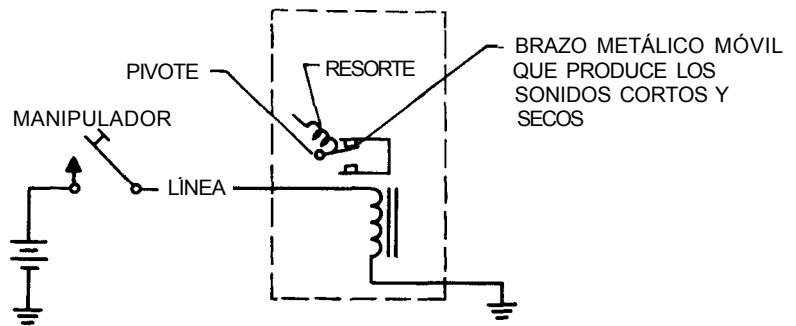


Fig. 37-1. Circuito telegráfico básico.

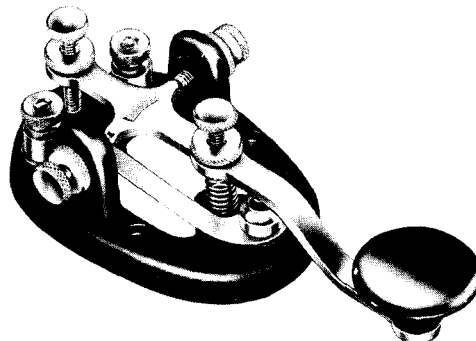


Fig. 37-2. Manipulador telegráfico.

El operador oprime primero el manipulador. De esta manera se completa el circuito. El impulso termina cuando se suelta el manipulador. En esta forma se abre el circuito. Un impulso corto se denomina punto y un impulso largo, raya. El punto tiene una duración aproximada de 1/4 de segundo; la raya es tres veces más larga.

**Transmisión.** Los puntos y rayas del código se transportan en forma de energía eléctrica a través de alambres. Las señales se llevan por los alambres casi instantáneamente desde el transmisor hasta el receptor.

**Recepción.** El receptor, denominado resonador, es un dispositivo sonoro que produce sonidos secos y cortos, lo suficientemente intensos para oírse (Fig. 37-4). El resonador cuenta con un electroimán y un brazo móvil. Un impulso de corriente se envía a través del electroimán, el cual posteriormente atrae al brazo móvil. Este último se mueve y produce un sonido seco y corto. Cuando el impulso termina, un resorte regresa al brazo móvil a su posición inicial lo cual produce un segundo sonido. El tiempo entre los sonidos representa un punto o una raya.

**Descodificación.** Cuando el resonador transforma la energía eléctrica en sonidos cortos y secos, se inicia el proceso de descodificación. Los sonidos que se escuchan forman los puntos y las rayas que representan los caracteres alfanuméricos del código Morse internacional. De este modo, el cerebro puede interpretar el mensaje.

## TELÉGRAFO EN CIRCUITO ABIERTO Y EN CIRCUITO CERRADO

Dos sistemas telegráficos básicos se analizan a continuación:

**Sistema en circuito abierto.** En este sistema, la corriente o impulsos eléctricos pasan únicamente mientras se está en-

A . -	T -
B - . . .	U . . -
C - . - .	V . . . .
D - . .	W . - - -
E .	X - . . -
F . . - .	Y - . - -
G - - .	Z - - . .
H . . . .	
I . .	1 . - - - -
J . - - - -	2 . . - - -
K - . - -	3 . . . - -
L . - . .	4 . . . . -
M - -	5 . . . . .
N - .	6 - . . . .
O - - -	7 - . . . .
P . - - .	8 - - - . .
Q - . . -	9 - - - - .
R . - .	0 - - - - -
S . . .	
Punto gramatical . . . . .	
Coma - - . . - -	
Signo de interrogación . . - - . . .	

Fig. 37-3. El código Morse internacional se compone de combinaciones de impulsos llamados puntos y rayas.

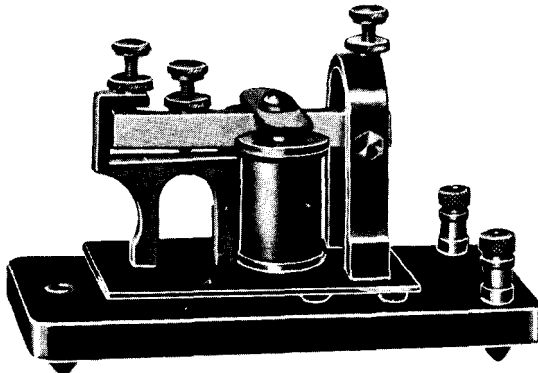


Fig. 37-4. Resonador empleado en un aparato telegráfico manual.

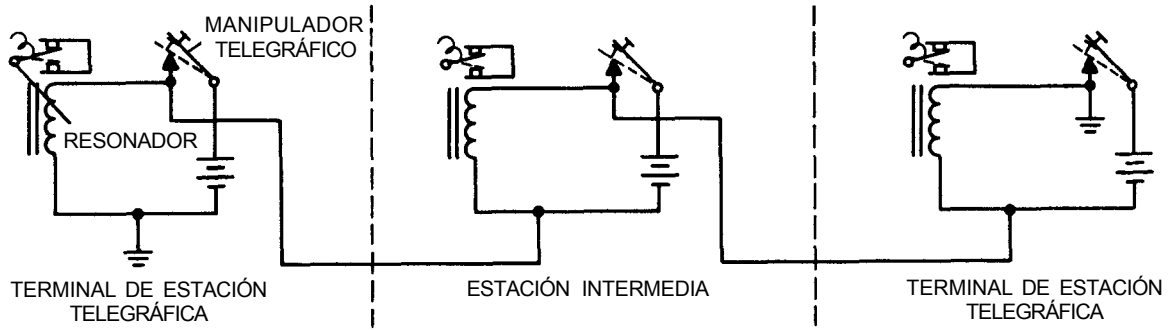


Fig. 37-5. Sistema telegráfico en circuito abierto.

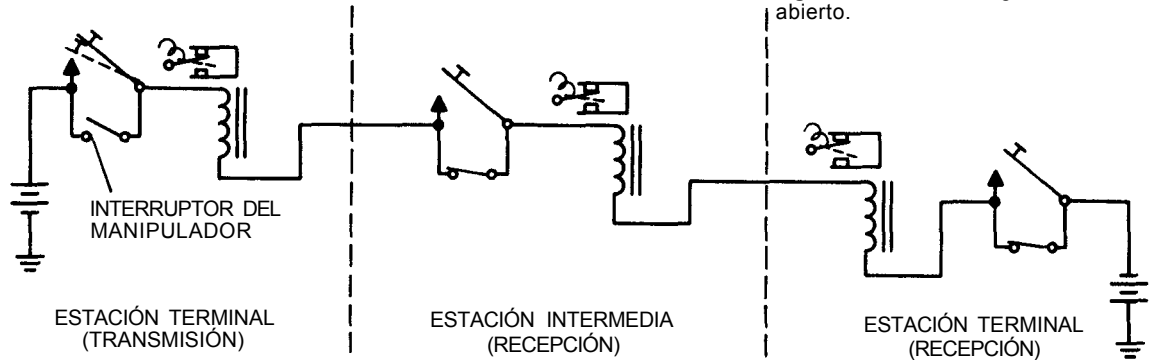


Fig. 37-6. Sistema telegráfico en circuito cerrado.

viando el mensaje. Cuando el telégrafo está inactivo, no fluye corriente (Fig. 37-5). La mayor parte de los países europeos utilizan este sistema de telegrafía en circuito abierto.

**Sistema en circuito cerrado.** Este sistema, mostrado en la figura 37-6, se emplea principalmente en Estados Unidos; permanece cerrado hasta que el operador quiere enviar un mensaje. Primero el operador abre un interruptor conectado a través del manipulador. Dicho interruptor abre el circuito, el cual puede cerrarse y abrirse rápidamente al oprimir y soltar el manipulador. Después que el mensaje se ha transmitido, se cierra el manipulador. En esta forma se completa el circuito para que otras estaciones puedan utilizarlo.

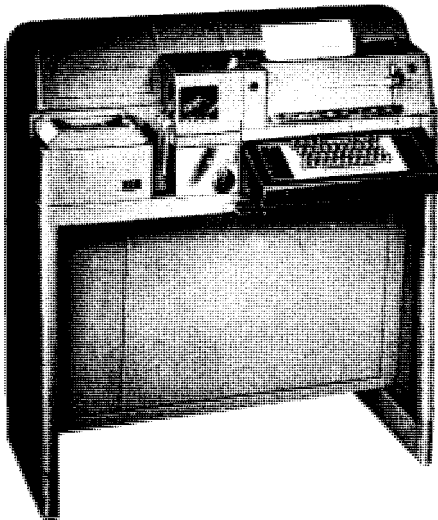


Fig. 37-7 Teletipo de transmisión y recepción automático (ERA) moderno (Teletype Corporation).

## SISTEMAS TELEGRÁFICOS MODERNOS

Los sistemas telegráficos modernos emplean diversos equipos eléctricos y electrónicos. La acción lenta del manipulador y el resonador no permiten manejar grandes cantidades de mensajes. En su lugar, se emplean teletipos y centros de conmutación automática para enviar mensajes con gran velocidad.

## TELETIPOS


El teletipo combina los elementos básicos de un telégrafo y una máquina de escribir para crear los impulsos eléctricos codificados (Fig. 37-7). Una unidad de emisión, denominada transmisor, puede operarse como un teclado de máquina de escribir o con una cinta perforada codificada. La unidad receptora, llamada impresora, puede producir mensajes impresos continuos en papel enrollado o en cinta de papel. La impresora puede producir también mensajes perforados como agujeros en la cinta de papel. La cinta perforada se denomina *cinta* preperforada. Los dispositivos que pueden enviar y recibir mensajes se denominan unidades terminales. Además del tablero, los elementos de un teletipo son su mueble o armario, tableros de distribución de energía eléctrica, distribuidor del transmisor e impresora de páginas.

Los mensajes se codifican en lo que se conoce como código del *teletipo* o teleimpresora.

El código del teletipo trabaja basado en el sistema binario. Éste es un sistema que tiene dos estados diferentes: corriente

Fig. 37-8. Código del teletipo estándar arrítmico de cinco unidades.

CARACTERES		SÍMBOLOS METEORO- LÓGICOS MAYÚSCU- LAS	SEÑALES DE CÓDIGO						
MINÚS- CULAS	MAYÚS- CULAS		INICIO	1	2	3	4	5	FIN
A	—	↑							
B	?	⊕							
C	:	○							
D	\$	↗							
E	3	3							
F	!	→							
G	&	↘							
H	2	↓							
I	8	8							
J	'	↙							
K	(	←							
L	)	↖							
M	.	.							
N	,	⊖							
O	9	9							
P	0	0							
Q	1	1							
R	4	4							
S	CAMPANA								
T	5	5							
U	7	7							
V	,	∅							
W	2	2							
X	/	/							
Y	6	6							
Z	''	+							
EN BLANCO		—							
ESPACIO									
RETROCESO DEL CARRO									
AVANCE DE LINEA									
CIFRAS									
LETRAS									

 ESPACIO  
 SIGNO

o no *corriente*. Con este código, cada carácter —letra, número o símbolo— se compone de siete impulsos eléctricos dentro de un periodo de, por ejemplo, 163 milisegundos. Cuando existe un impulso eléctrico, se denomina signo; en caso contrario, espacio. El código del teletipo estándar arrítmico de cinco unidades se muestra en la figura 37-8. Nótese que cada impulso es rectangular. Los tiempos rápidos de subida o bajada de la corriente forman los signos y espacios. Cuando una cinta de papel se perfora con este código, las perforaciones en la cinta indican la *existencia* de corriente (signos). La falta de agujeros indica la *ausencia* de corriente (espacio). Los impulsos de inicio y finalización no aparecen en la cinta. Los cinco impulsos de información en ella se denominan bits. Una de las principales ventajas de la cinta perforada es que en ella los mensajes pueden perforarse y almacenarse. Estos posteriormente pueden enviarse con alta velocidad.

**Proceso de codificación.** El acoplamiento mecánico en el teletipo produce la abertura y cierre correctos de los interruptores para cada carácter. En la figura 37-9 se muestra cómo se interpreta la abertura y cierre de interruptores. Cuando un operador oprime la palanca del manipulador, ésta actúa en cinco barras cruzadas, las cuales a su vez activan niveles de bloqueo para abrir o cerrar cinco interruptores diferentes. Esto se realiza de acuerdo con el código de la palanca del manipulador que se oprime.

Cada interruptor se acopla con una leva rotatoria. Las levas se colocan alrededor de un distribuidor, que gira con una velocidad predeterminada. La leva no. 1 determina el estado del interruptor no. 1 durante un tiempo especificado, por ejemplo, 22

AL OPRIMIR UNA TECLA, UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO ABRE Y CIERRA CINCO INTERRUPTORES DE ACUERDO CON EL CÓDIGO DE CINCO UNIDADES. SE MUESTRA LA LETRA R

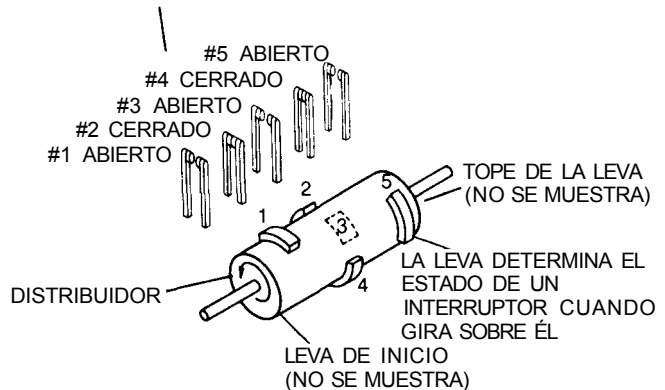
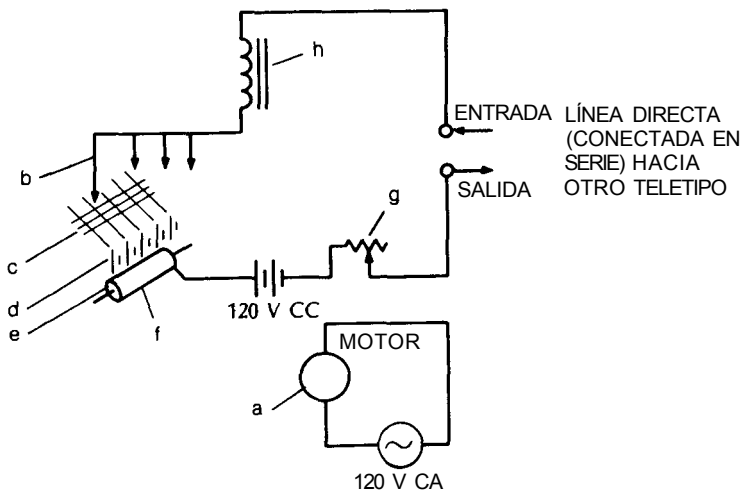


Fig. 37-9. Distribuidor para detectar los interruptores abiertos o cerrados cuando se oprime el carácter R.

163 MILISEGUNDOS PARA CADA GIRO COMPLETO



**Fig. 37-10.** Circuito básico de un teletipo: (A) motor sincrónico de ca; (B) palanca del manipulador; (C) acoplamiento mecánico; (D) interruptores; (E) distribuidor; (F) leva; (G) resistencia variable; (H) electroimán selector.

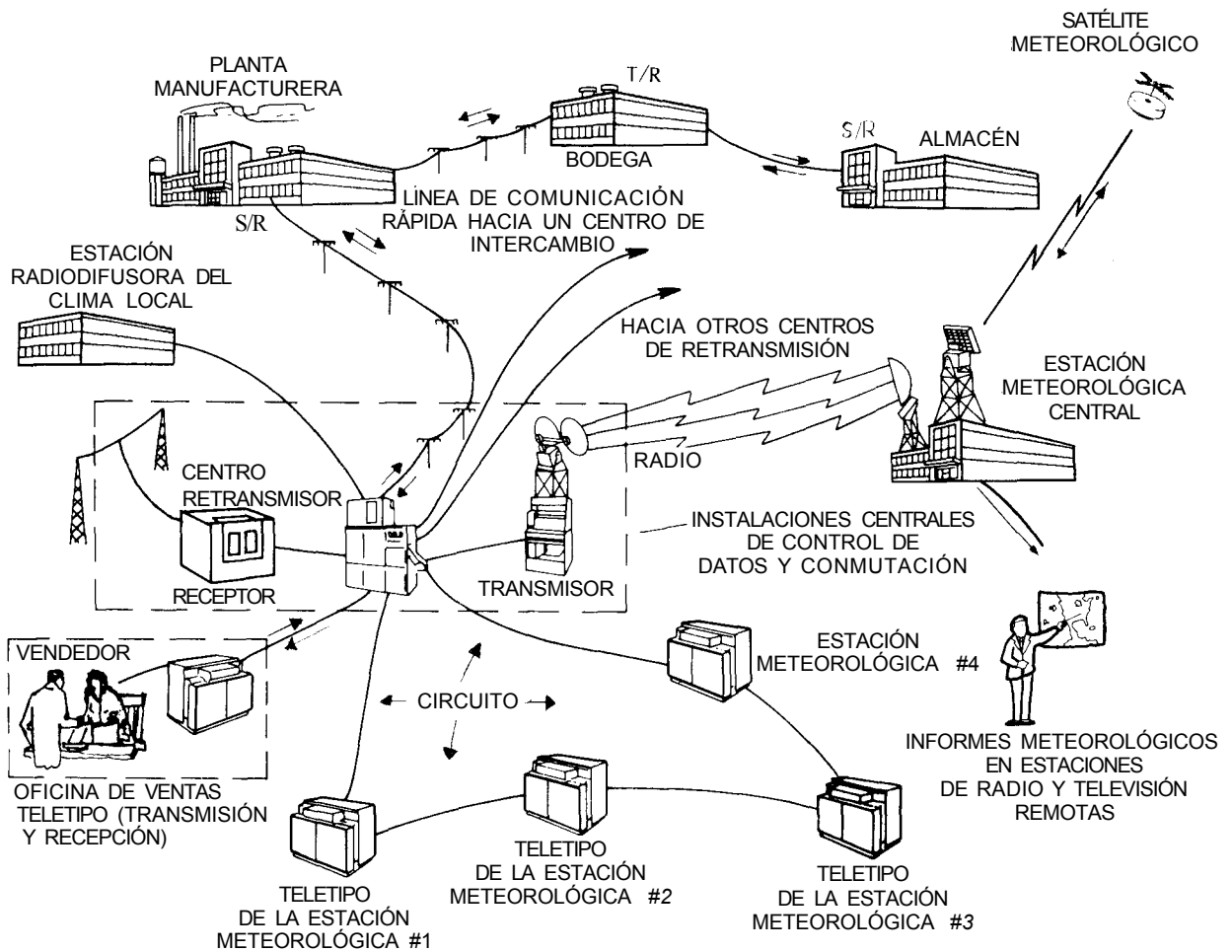
milisegundos. Si el interruptor está cerrado, en forma instantánea fluye corriente por la leva; esto indica un signo. Si el interruptor está abierto, no fluye corriente y en este caso ello indica un espacio. A continuación la leva no. 2 determina el estado del interruptor no. 2 durante otros 22 milisegundos. Este proceso se repite para las otras levas e interruptores hasta que se completa la rotación. En esta forma, un carácter se codifica eléctricamente por medio de un movimiento mecánico. Los impulsos generados incluyendo un espacio de 22 milisegundos para el inicio y un signo de 31 milisegundos para el paro, forman un carácter. Éste puede enviarse a una razón, por ejemplo, de 60 palabras por minuto. En la figura 37-10 se ilustra el circuito en serie básico de un teletipo. Los impulsos generados por el transmisor o emisor se transportan por alambres al receptor o impresora. En la radiotelegrafía los impulsos se transforman en corrientes de radio de alta frecuencia, las cuales son transportadas por ondas electromagnéticas a los receptores para la decodificación.

**Decodificación.** Se realiza en la impresora o receptor mediante un electroimán selector que se conecta en serie en el circuito. Los impulsos de transmisión o recepción del teletipo pasan a través de él. Los impulsos de emisión y recepción alimentados en el electroimán selector se convierten en acción mecánica. El mensaje se imprime en papel colocado frente del operador; también puede imprimirse o perforarse en cinta.

## RED DE TELECOMUNICACIONES

En la figura 37-11 se muestran las redes de interconexión entre el transmisor y el receptor de información, y viceversa. En un sistema complicado, una terminal transmisora y receptora (T/R) de teletipo puede transmitir al mismo tiempo una





**Fig. 37-11.** Componentes básicos de un sistema interconectado de telecomunicación de datos.

orden de un usuario a la planta manufacturera, bodega y tienda. En esta forma, todos los interesados en la operación comercial reciben la misma información. Si existe una pregunta, cualquier terminal E/R puede enviar un mensaje para aclararla.

Nótese en la figura 37-11 que el circuito desde los teletipos de las estaciones meteorológicas van por línea terrestre hasta un *centro retransmisor*. Éste es un centro de conmutación que puede ser una instalación independiente. Puede localizarse también, como se muestra, en un centro de control de *datos* que cuenta además con equipo para transmitir y recibir información por radio.

Un centro retransmisor puede recibir un mensaje y enviarlo a puntos distantes ya sea por radio o por alambres. Este proceso puede repetirse una y otra vez hasta que el mensaje llegue a su destino. En la figura 37-12 se muestra un sistema de conmutación automático, los mensajes que se reciben en este centro cuentan con códigos de dirección que los mandan automáticamente a ciertos lugares.



Fig. 37-12. Instalación de un sistema de conmutación automático electrónico (American Telephone and Telegraph Co.).

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un circuito telegráfico básico se compone de una \_\_\_\_\_, un \_\_\_\_\_, una \_\_\_\_\_ y un \_\_\_\_\_.
2. El manipulador telegráfico ocasiona que circulen \_\_\_\_\_ de corriente por el circuito.
3. El código telegráfico se transporta como energía eléctrica mediante \_\_\_\_\_.
4. El \_\_\_\_\_ es el elemento receptor en un sistema telegráfico.
5. En un sistema telegráfico \_\_\_\_\_ un interruptor se conecta a través del manipulador telegráfico.
6. La unidad transmisora de un teletipo se denomina \_\_\_\_\_.
7. La \_\_\_\_\_ es la unidad receptora en un sistema de teletipo.
8. Un mensaje de un teletipo perforado en una tira de papel se denomina \_\_\_\_\_.
9. El código de teletipo trabaja en un \_\_\_\_\_.
10. Un carácter de teletipo se compone de \_\_\_\_\_ impulsos.
11. El término \_\_\_\_\_ indica que existe corriente. El término \_\_\_\_\_ indica la ausencia de corriente.
12. El teletipo emplea un sistema arrítmico.
13. Los cinco impulsos de información en un sistema de teletipo se denominan \_\_\_\_\_.
14. La codificación en un teletipo se realiza con un distribuidor que cuenta con \_\_\_\_\_ rotatorias acopladas con interruptores.
15. Un punto central en una red de telecomunicación que es un centro de conmutación y puede transmitir y recibir información por radio se denomina \_\_\_\_\_.

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuáles son las partes básicas de un circuito telegráfico?
2. Describa el proceso de codificación en un sistema telegráfico.
3. Explique cómo trabaja un resonador telegráfico.
4. Describa los sistemas telegráficos en circuito abierto y en circuito cerrado.
5. ¿Cuál es la función básica de un teletipo?
6. Describa tres tipos de unidades terminales de teletipo.
7. Describa los impulsos que representan a la letra *R* en el teletipo.
8. Describa las funciones de un centro de control de datos en una red de comunicación.
9. Describa el proceso de codificación en una máquina de teletipo.

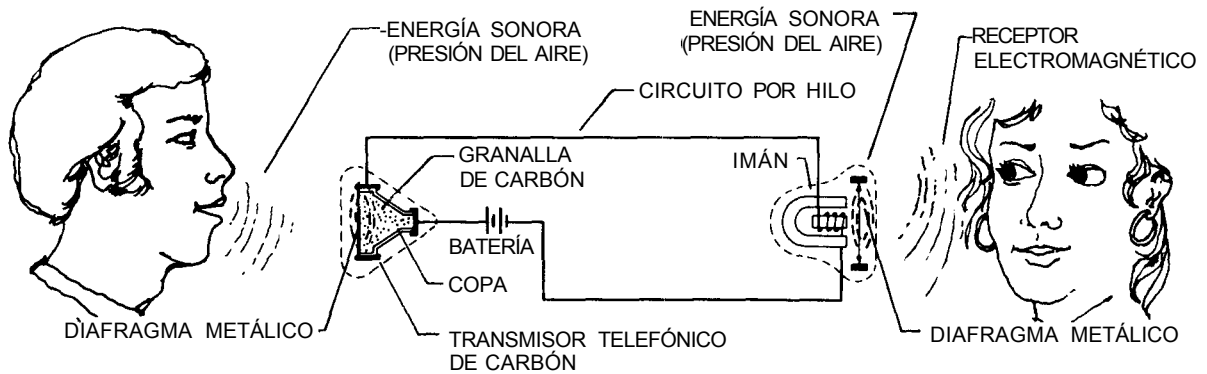
# Unidad 38 Sistema telefónico

Un sistema telefónico transforma la energía sonora, por lo general el habla, en energía eléctrica en el extremo transmisor o emisor. En el extremo receptor, la energía eléctrica se emplea para reproducir los sonidos originales (Fig. 38-1A).

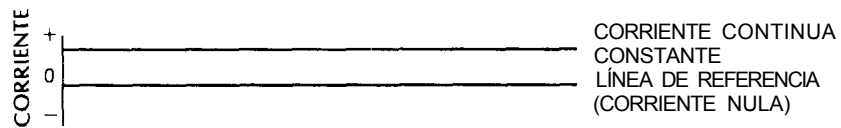
Fig. 38-1. El transmisor telefónico convierte la energía sonora en energía eléctrica: (A) circuito eléctrico telefónico básico; (B) corriente de cc constante fluyendo en alambres; (C) comparación entre corriente continua constante y corrientes de audiofrecuencias.

## TRANSMISOR TELEFÓNICO

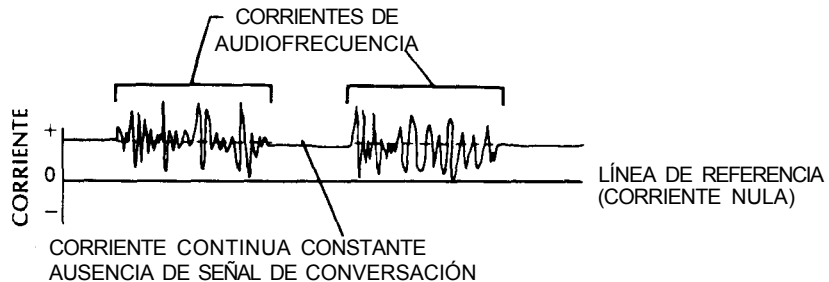
El transmisor *telefónico*, un micrófono, es la parte del sistema que convierte la energía sonora en energía eléctrica. Las ondas sonoras son en realidad una serie de cambios de presión



A



B



C

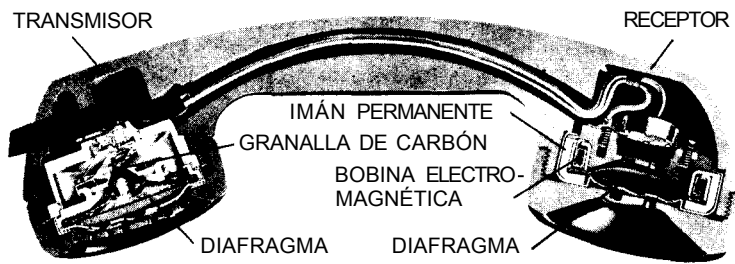


Fig. 38-2. Vista de la sección transversal de un microteléfono.

del aire. Éstos ejercen una fuerza sobre el diafragma metálico del transmisor. Un aumento de presión empuja al diafragma contra un pequeño recipiente de carbón granulado o granalla de carbón. Debido a eso, se reduce la resistencia eléctrica del carbón. Lo anterior provoca que aumente la corriente en la línea. Cuando no se ejerce presión sobre el diafragma, la resistencia eléctrica de la granalla de granulado es alta. Esto ocasiona que disminuya la corriente. El diafragma vibra contra el carbón granulado al mismo ritmo que las ondas sonoras; dicha vibración transforma la corriente continua constante del circuito telefónico en corriente continua pulsante o variable. Las frecuencias de las corrientes pulsantes que resultan, cuando se convierten en ondas sonoras, se encuentran dentro del intervalo de audición humana. Por tal motivo, se denominan corrientes de audiofrecuencia, af (Fig. 38-1C).

## RECEPTOR TELEFÓNICO

Las corrientes de af producidas en el transmisor se conducen por el circuito a un dispositivo llamado receptor telefónico o auricular. En éste, las corrientes de af fluyen a través de una bobina electromagnética. El electromagnetismo resultante provoca que un diafragma metálico en el receptor se mueva hacia uno y otro lado, siguiendo a la frecuencia de la corriente pulsante. La presión que genera el diafragma contra el aire produce ondas sonoras. De este modo, el mensaje en forma de energía sonora se transforma primero en energía eléctrica en el transmisor; posteriormente se transmite a un punto distante, donde el receptor transforma otra vez la energía eléctrica en energía sonora. Un teléfono moderno tiene el transmisor y el receptor en una sola unidad, denominada microteléfono. Esta se diseña para que el transmisor se encuentre cerca de la boca y el receptor cerca del oído (Fig. 38-2).

Volumen y frecuencia. Puede oírse mejor el receptor si se habla más fuerte o cerca del transmisor. Esto produce presiones más intensas en el diafragma del transmisor. De esta manera, se generan mayores cambios de corriente. Como resultado, el diafragma metálico del receptor vibra con mayor intensidad, y se

pone en movimiento una mayor cantidad de aire. **En esta forma** se produce un sonido de volumen más **intenso**. Un **aumento** o **disminución** en el volumen de un sonido por lo **general no** ocasiona un cambio en la frecuencia del mismo.

**Ancho de banda.** El hombre puede oír sonidos que se encuentran en el intervalo comprendido entre 16 y 20 000 hertz. Sin embargo, la mayor parte del contenido importante del habla está en el intervalo de frecuencia por debajo de los 3 000 hertz. Por esta razón, los receptores de comunicación oral atenúan o reducen las audiofrecuencias altas e intensifican o aumentan las frecuencias más bajas. Por ejemplo, el ancho de banda o intervalo de frecuencia del canal, telefónico normal es aproximadamente de 4 000 hz.

## TELÉFONO CON DISCO MARCADOR

Cuando se utiliza el disco marcador de un teléfono, en realidad se está codificando un mensaje. Por ejemplo, al marcar el número 5-55-12-12, el mecanismo marcador produce impulsos de energía de acuerdo con un código. Cada número telefónico tiene su propio código. Después de girar y liberar el disco marcador, la tensión de un resorte lo regresa a su valor inicial. La velocidad de retroceso del marcador es constante, no importa cuál haya sido el dígito marcado, pero el tiempo de retroceso es diferente para cada dígito. Por ejemplo, toma más tiempo el regreso después de marcar el número 9 que después de marcar el número 2. El mecanismo marcador actúa como un interruptor para abrir y cerrar el circuito nueve veces durante el ciclo de retroceso cuando se marca el número 9. Esto se realiza sólo dos veces cuando se marca el número 2. La significación de estos impulsos es empleada por el equipo de conmutación en la oficina central de la compañía telefónica.

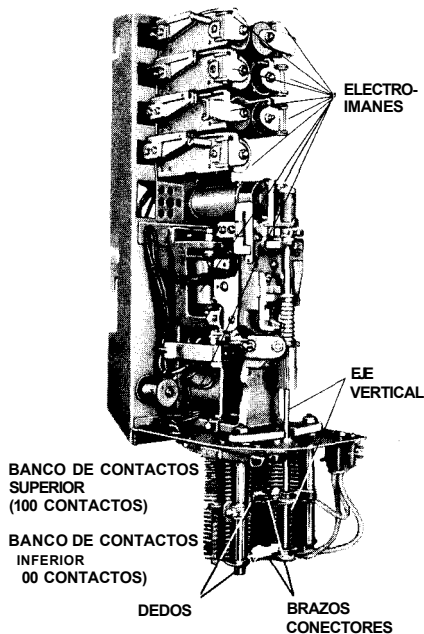
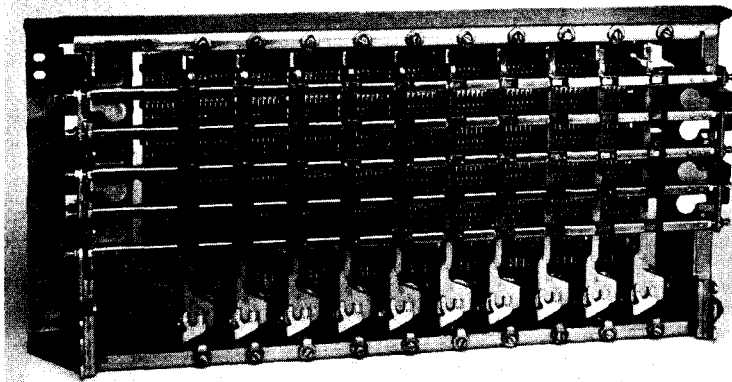


Fig. 38-3. Conmutador de conectores progresivo (Automatic Bectric Co.).

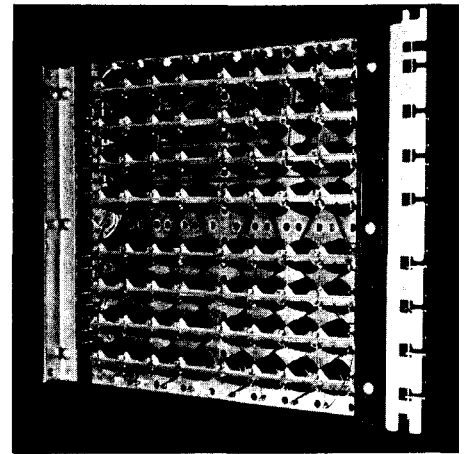
## CÓMO SE CONECTAN DOS TELÉFONOS

Existen varias formas para conectar los teléfonos. En los métodos antiguos se empleaban conmutadores que se operaban manualmente. La mayor parte de los sistemas en la actualidad cuentan con equipo de conmutación automática.

La conmutación automática se realiza por medio de acción electromagnética o dispositivos de estado sólido. En el equipo electromagnético, unos relevadores abren y cierran los circuitos. Un sistema de conmutación de este tipo utiliza un conmutador de conectores progresivo (Fig. 38-3). El conmutador cuenta con un conjunto de brazos de conexión con dedos conocidos como escobillas. Cada banco de contactos tienen 100 grupos de contactos metálicos apilados en 10 hileras curvas. El banco superior se emplea para determinar si la línea que



A



B

se solicita está ocupada o libre. Cada hilera cuenta con 10 grupos de contactos, cada uno de los cuales representa las terminales de una línea telefónica. Los impulsos eléctricos que se generan al girar el mecanismo marcador provocan que suba o baje al nivel adecuado el brazo de conexión en el conmutador. Posteriormente un brazo de conectores se mueve a través de las terminales del conmutador y se detiene en el punto de contacto apropiado. Este proceso se repite hasta que toda la secuencia marcada se efectúa paso por paso.

Otro tipo de sistema de conmutación emplea el conmutador de barras cruzadas o coordenadas (Fig. 38-4A). Funciona en forma muy parecida a los cambios de vías en un patio de ferrocarriles. Sólo pueden usarse la vía o vías que se encuentren vacías o no se utilicen. El conmutador de laminillas magnéticas es más reciente que el de barras cruzadas y cuatro veces más pequeño (Fig. 38-4B); su funcionamiento es más rápido, consume menos potencia y se emplea más ampliamente para establecer conexiones entre centros de conmutación electrónicos.

**Fig. 38-4.** (A) Conmutador de barras cruzadas típico (Bell Telephone Laboratories, Inc.); (B) conmutador de laminillas magnéticas (American Telephone and Telegraph Co.).

## TELÉFONO DE BOTONES

Esta clase de teléfono se introdujo en 1964; en vez del disco, cuenta con botones de presión (Fig. 38-5). Al oprimir un botón, dos tonos musicales se generan al mismo tiempo. Éstos se transmiten a la oficina de conmutación central, donde se transforman en una serie de impulsos semejantes a los formados por el teléfono de disco. Una de las principales ventajas del teléfono de botones es que un número puede marcarse más rápidamente que con el disco. Los botones con los símbolos \* y # son para servicios especiales, como llamadas que indican que se busca a alguien cuando no está en casa; pueden



**fig. 38-5.** Teléfono moderno con dos botones especiales marcados con los símbolos \* y # (American Telephone and Telegraph Co.).

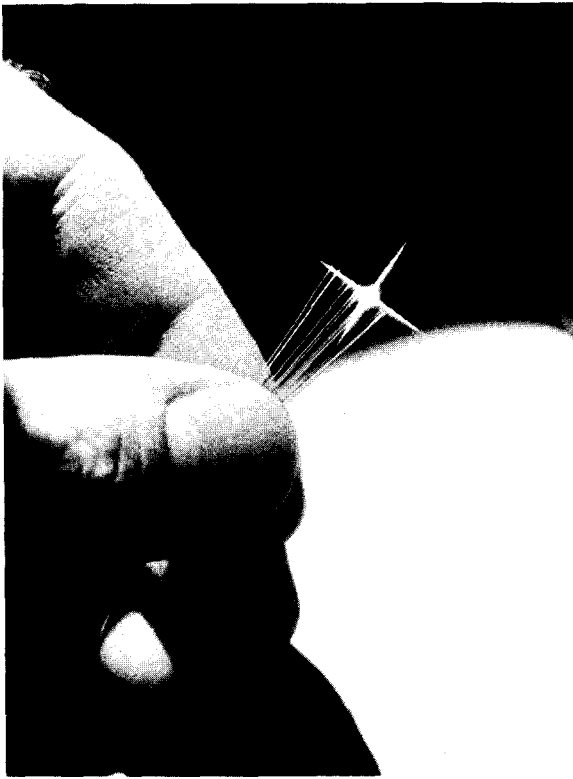


Fig. 38-6. Fibras ópticas delgadas, guías de luz (American Telephone and Telegraph Co.).

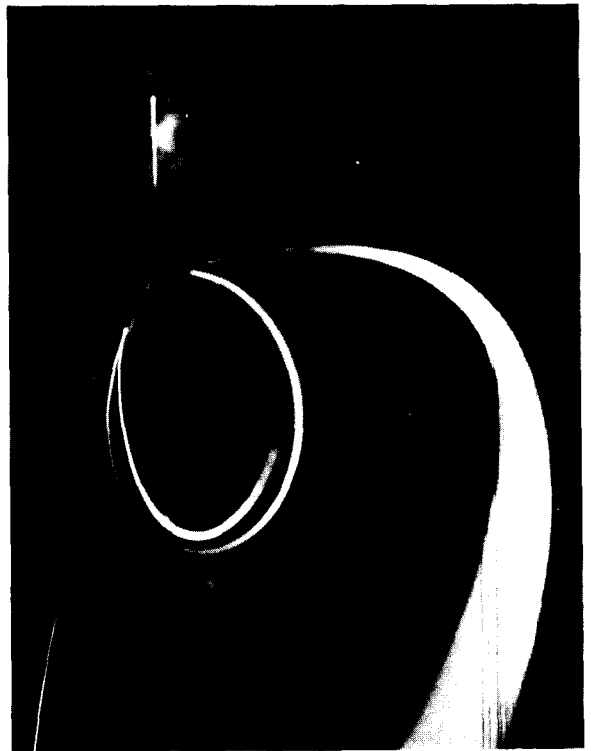


Fig. 38-7. El alambre telefónico del futuro: fibras ópticas ultrapuras (American Telephone and Telegraph Co.).

emplearse también para interconectar a la vez más de un aparato telefónico o para señalar que éste se encuentra ocupado.

## COMUNICACIONES POR ONDAS LUMINOSAS

Debido a que el número de llamadas telefónicas está aumentando, los alambres telefónicos en el futuro se sustituirán por filamentos delgados de fibra de vidrio (Fig. 38-6). La fabricación de alambres telefónicos con base en fibra de vidrio es una nueva tecnología desarrollada en los Bell Telephone Laboratories. Dicha tecnología incluye el empleo de un rayo o haz de láser y fibras de vidrio. Por ejemplo, un pequeño láser transmite pulsos de energía eléctrica en audiofrecuencias en la forma de un rayo de luz. Éste se lleva a su destino a través de fibras de vidrio denominadas guías de luz (Fig. 38-7). Fibras ópticas es el término popular para esta tecnología.

Existen varias ventajas para usar fibras de vidrio en lugar de alambres de cobre y cables; las fibras de vidrio son mucho más ligeras que los alambres de cobre; con un solo par de fibras del tamaño de un filamento pueden transportarse al

mismo tiempo 672 conversaciones. De esta manera, se emplea mucho menos espacio con las fibras de vidrio que con los alambres y cables comunes. Las fibras de vidrio se revisten con un compuesto orgánico especial que las hace más resistentes que el acero. Los rayos láser no son afectados por la interferencia electromagnética y por ello pueden utilizarse cerca de las líneas de energía eléctrica. El primer sistema de comunicaciones por ondas luminosas se operó en Chicago, Illinois, en 1977.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un transmisor telefónico convierte energía sonora en energía\_\_\_\_\_.
2. Cuando en un transmisor telefónico el diafragma comprime a la granalla de carbón, \_\_\_\_\_la resistencia de ésta.
3. Las corrientes eléctricas pulsantes que generan la voz en un transmisor telefónico se llaman corrientes\_\_\_\_\_frecuencia.
4. El hombre puede oír sonidos en el intervalo de\_\_\_\_\_a\_\_\_\_\_Hz.
5. Cuando se utiliza el marcador de disco de un teléfono, en realidad\_\_\_\_\_un mensaje.
6. Un conmutador\_\_\_\_\_es un dispositivo que realiza en forma automática las conexiones para el número marcado mediante una acción progresiva.
7. Un conmutador telefónico que funciona como el sistema de cambios para los carros de ferrocarril se denomina conmutador \_\_\_\_\_.
8. Al oprimir un botón en un teléfono de boto-

nes, se generan dos\_\_\_\_\_y se transmiten a la oficina de conmutación central.

9. En la tecnología de fibras de vidrio, el rayo láser se lleva a su destino por medio de \_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Describa cómo las ondas sonoras se transforman en corrientes eléctricas.
2. Describa cómo trabaja el mecanismo para marcar un número.
3. Explique cómo emplea el conmutador de conectores el número marcado en un teléfono.
4. Mencione dos ventajas principales del teléfono de botones.
5. ¿Cuáles son las tres ventajas que se tienen al usar fibras de vidrio en lugar de alambres de cobre en las comunicaciones telefónicas?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Demuestre cómo se conecta un teléfono con otro al marcar un número. Visite el centro telefónico más cercano para obtener ilustraciones y literatura acerca del tema.



# Unidad 39 Sistemas de audio

En el estudio del teléfono se observó que un micrófono de carbón puede transformar las ondas sonoras en voltajes o corrientes de audiofrecuencia. Estos voltajes o corrientes se denominan señales de audio o de *af*. En esta unidad, se estudian algunos dispositivos que amplifican o utilizan estas señales. Algunas veces las señales de *af* se amplifican cuando se habla o se ejecuta una pieza musical, por ejemplo, en el auditorio de una escuela. Las señales de audiofrecuencia también pueden almacenarse en un disco *fonográfico* o en una *cinta magnética*.

Los componentes de un sistema de audio básico se muestran en la figura 39-1. Comprenden micrófonos, cables de conexión, amplificador de audio y altavoz.

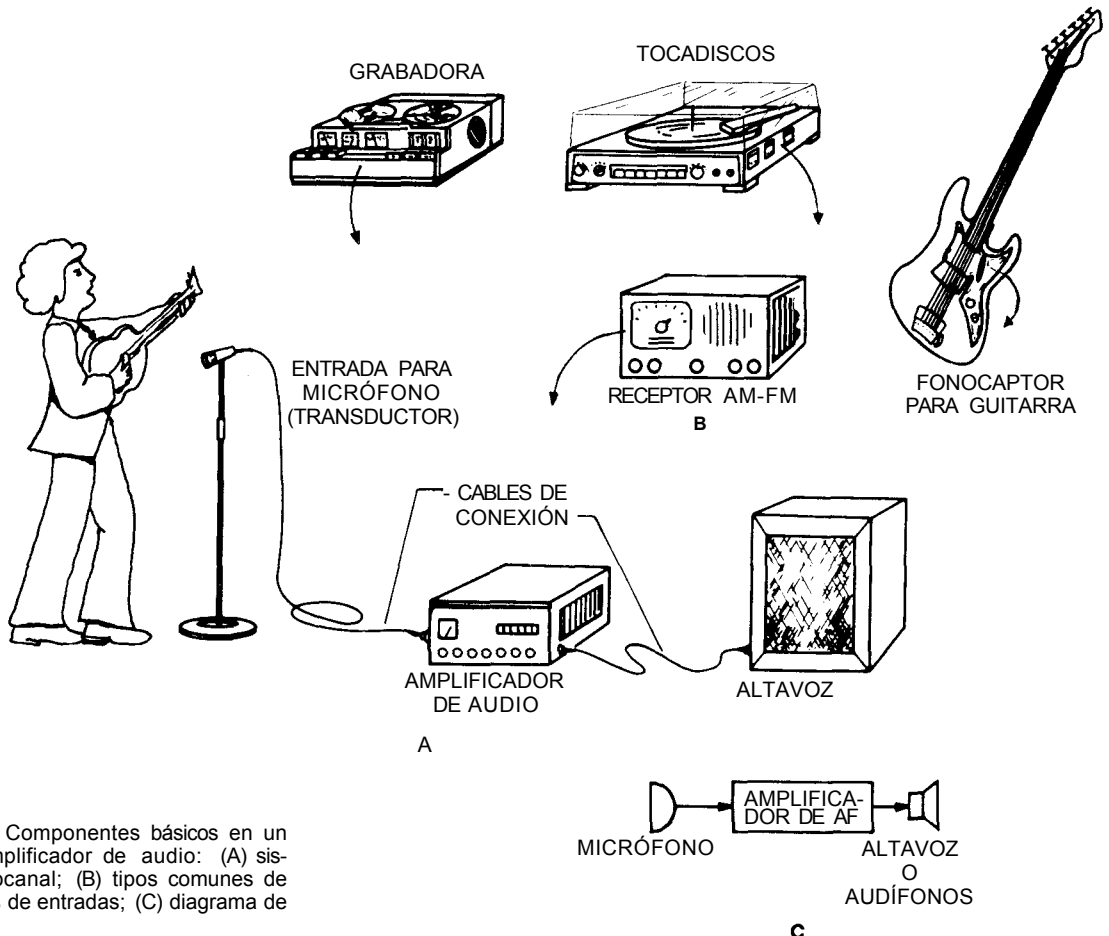


Fig. 39-1. Componentes básicos en un sistema amplificador de audio: (A) sistema monocal; (B) tipos comunes de dispositivos de entradas; (C) diagrama de bloques.

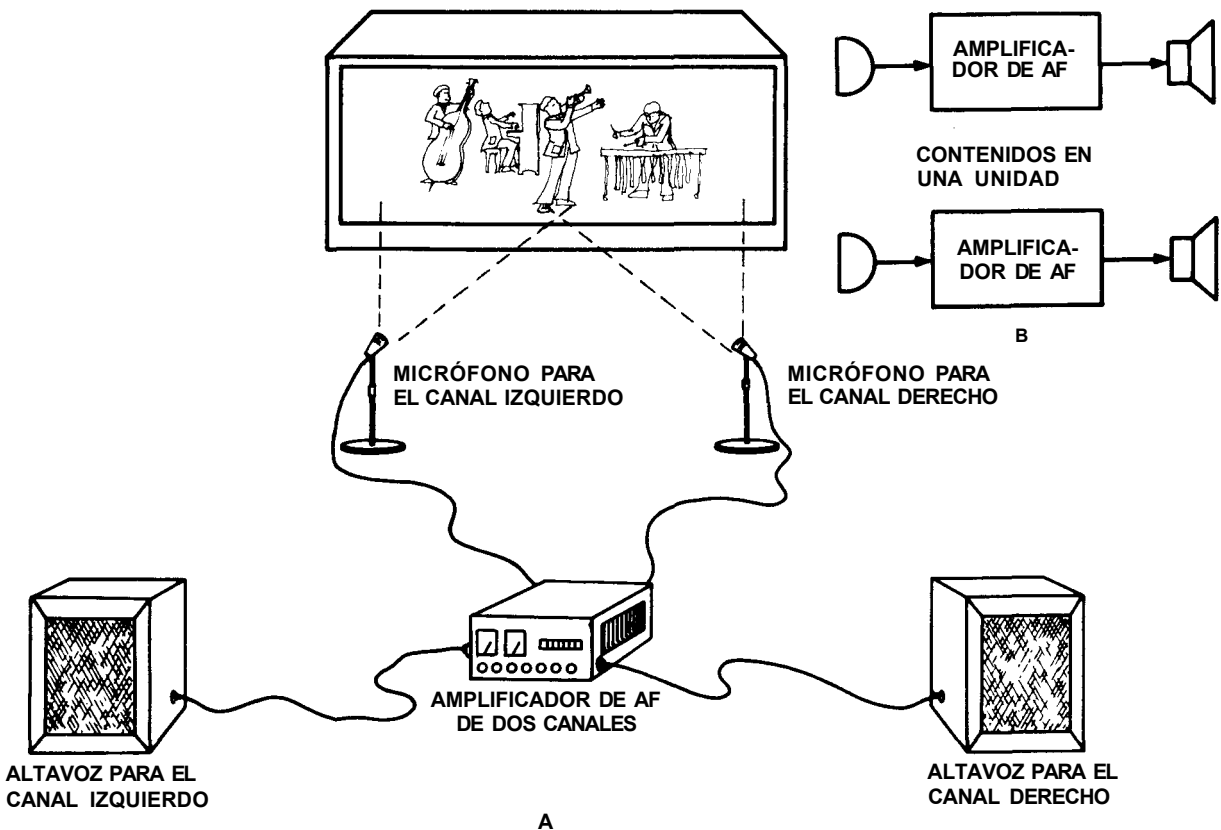
## SISTEMA MONOCANAL O MONOFÓNICO

El tipo de sistema audioamplificador que se muestra en la figura 39-1A se denomina sistema monocal, debido a que utiliza sólo un canal o trayectoria para la entrada, amplificación y salida. En la figura 39-1B se muestran varios dispositivos de entrada que se emplean con un sistema musical. A menudo a un solo amplificador se conectan dos altavoces. Si el amplificador cuenta con un canal único para la amplificación, es un sistema monofónico (Fig. 39-1C).

## SISTEMA ESTEREOFÓNICO

En la figura 39-2 se muestra un sistema estereofónico. Éste cuenta con dos amplificadores o dos canales para el sonido que será amplificado. Lo anterior posibilita amplificar en forma separada el sonido de cada micrófono; éstos pueden colocarse en diferentes lugares; pueden emplearse también para captar los sonidos del lado izquierdo y del derecho del escenario o los sonidos de éste y de los ecos del auditorio. Debido a eso, este sistema reproduce los sonidos más fielmente.

Fig. 39-2. (A) Sistema estereofónico (dos canales); (B) diagrama de bloques.



Puesto que el sistema de dos canales reproduce el sonido casi tridimensional, se le denomina estereofónico o en forma abreviada, estéreo. El prefijo estéreo significa tridimensional.

### SISTEMA DE CUATRO CANALES

Se han realizado mejoras adicionales en los sistemas de audio en un esfuerzo para obtener una reproducción del sonido lo más natural posible. El nuevo proceso incluye los sistemas estereofónicos de cuatro canales. Éstos se denominan cuadrifónicos, cuatrisonicos, multicanales o de sonido circundante. Todos estos sistemas no pueden producir sonidos de cuatro canales reales, pero son intentos para reproducirlos con el fin de que se oigan como si fueran ejecutados en "vivo". Esto se llama aJta fidelidad. En un concierto o espectáculo en vivo, no sólo se escucha lo que está enfrente sino también lo que está a la izquierda, a la derecha, arriba, abajo y detrás. Un sistema de cuatro canales trata de reproducir esta condición. El arreglo básico de un sistema de este tipo se muestra en la figura 39-3.

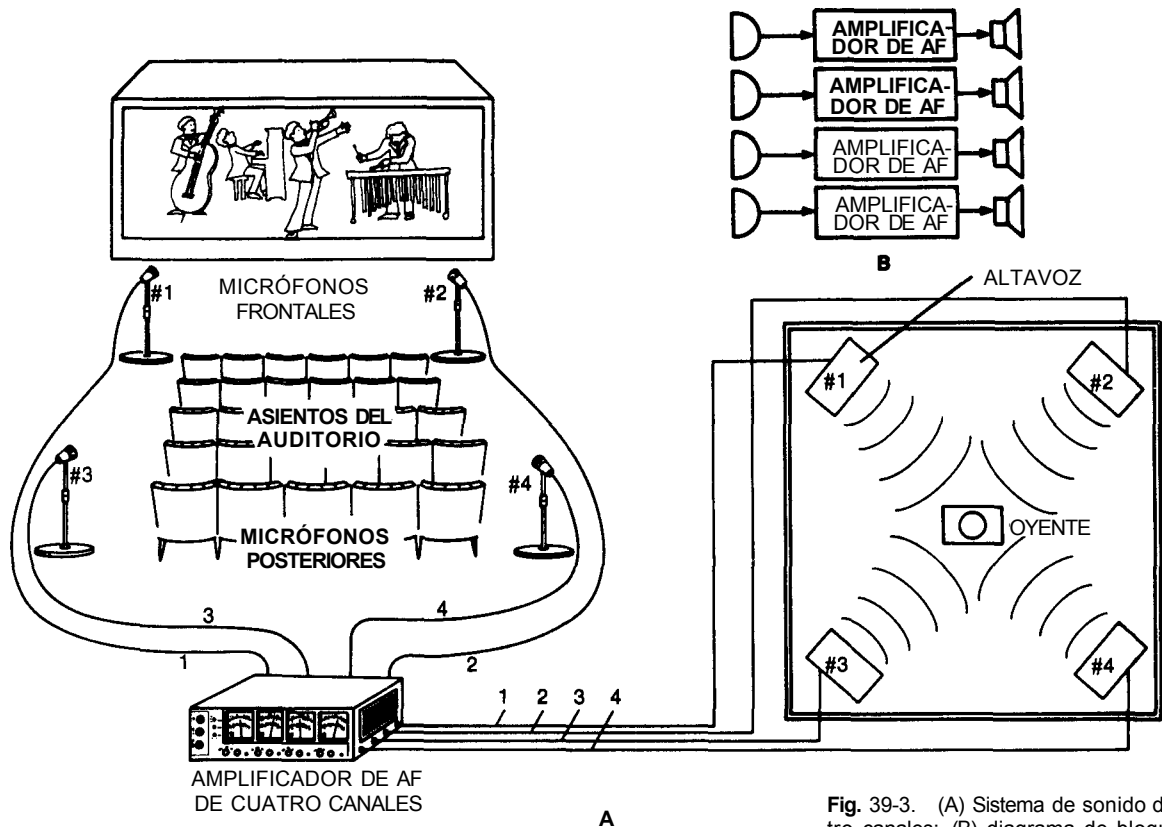


Fig. 39-3. (A) Sistema de sonido de cuatro canales; (B) diagrama de bloques.

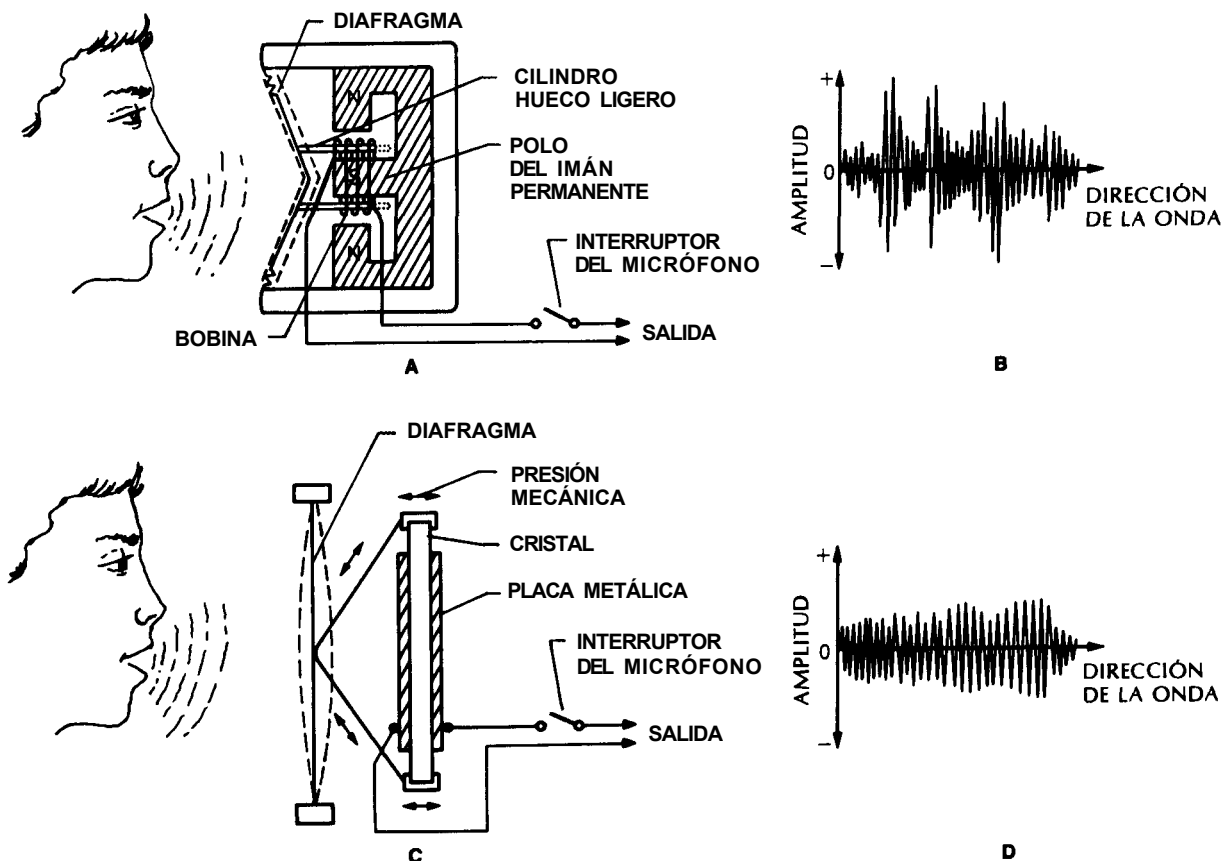
## COMPONENTES COMUNES

Varios componentes son comunes en los sistemas de amplificación monocanal, estereofónico y de cuatro canales. Éstos incluyen micrófonos, cápsulas fonocaptoras, cables de conexión, amplificadores de audio, altavoces y audífonos. Los micrófonos y las cápsulas fonocaptoras son dispositivos de entrada. Otras entradas comunes comprenden las salidas de las grabadoras y la radio. Cualquiera de éstos puede ser monocanal, estereofónico o de cuatro canales.

## MICRÓFONO

Un micrófono convierte la energía de las ondas sonoras en energía eléctrica. La energía mecánica del aire en movimiento que incide sobre el diafragma del micrófono se transforma en corrientes y voltajes eléctricos, los cuales representan las audiofrecuencias e intensidad (volumen) de la

Fig. 39-4. Micrófonos: (A) dinámico; (B) voltaje de AF de un micrófono dinámico; (C) cristal; (D) voltaje de AF de un micrófono de cristal.



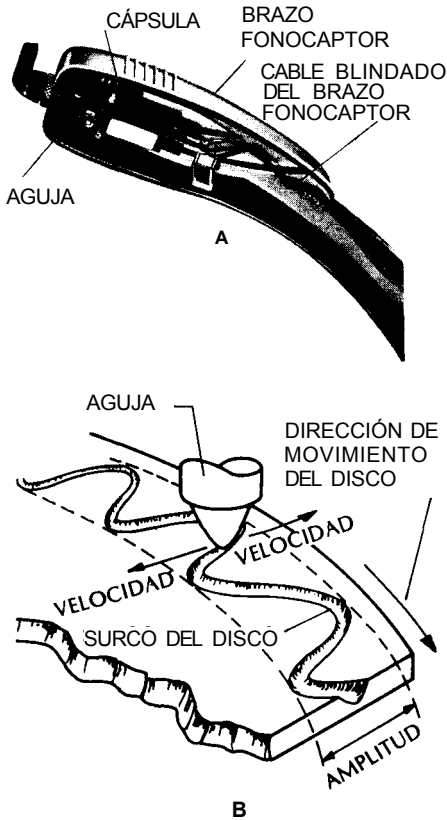
onda sonora original. Existen diversas clases de micrófonos; dos de las más comunes se estudian en los siguientes párrafos:

**Micrófono dinámico.** Cuenta con un diafragma conectado en un cilindro hueco ligero con una pequeña bobina devanada alrededor de él. El cilindro y, por tanto, la bobina se mueve libremente sobre un polo del imán permanente (Fig. 39-4A). Las ondas sonoras que inciden sobre el diafragma provocan que se muevan el cilindro hueco y la bobina.

Conforme se mueve la bobina, atraviesa el campo magnético del imán permanente; a través de ella se induce un voltaje, cuyo valor y frecuencia varía de acuerdo con la intensidad y frecuencia de la onda sonora. Por tanto, el voltaje de audiofrecuencia desarrollado en la bobina es una representación eléctrica de la onda sonora (Fig. 39-4B). Nótese que el voltaje cambia de valor, primero sobre la línea de referencia (+) y después debajo de la misma (-).

Los micrófonos dinámicos de alta fidelidad pueden responder a frecuencias que varían aproximadamente entre 40 y 20 000 Hz. Puesto que la bobina móvil de un micrófono dinámico tiene sólo unos cuantos ohms de impedancia, contiene además un transformador elevador integrado. Esto posibilita acoplar la impedancia del micrófono con la del circuito de entrada del amplificador. El acoplamiento de la impedancia es importante, ya que permite transferir la máxima cantidad de energía del micrófono a un amplificador.

**Micrófono de cristal.** El corazón de un micrófono de cristal se compone de cristales de sal de la Rochelle o de un elemento cerámico. Los cristales tienen propiedades semejantes a las del cuarzo. Cuando el cristal vibra mecánicamente, se genera un voltaje alterno entre sus dos caras opuestas (Fig. 39-4C). Esto se conoce como *efecto piezoeléctrico*. Los voltajes de af de los micrófonos dinámico y de cristal son semejantes, pero la impedancia de salida del segundo es mucho más alta.



**Fig. 39-5.** (A) Brazo fonocaptor de un tocadiscos con cápsula de cristal; (B) los surcos del disco ocasionan que la aguja vibre (Sonotone Corporation).

## CÁPSULAS

Los dos tipos comunes de cápsulas que se emplean en brazos fonocaptors para sistema de audio son:

**Cápsula de cristal.** La cápsula fonocaptora de cristal cuenta con un cristal de sal de la Rochelle o un elemento cerámico, en el cual se fija una aguja o estilete. La cápsula se monta en un brazo fonocaptor (Fig. 39-5). Conforme la aguja se mueve en los surcos del disco, vibra entre uno y otro. Este movimiento mecánico se aplica en el cristal y por ello se produce un voltaje. Tal efecto piezoeléctrico es el mismo que en el caso del micrófono de cristal.

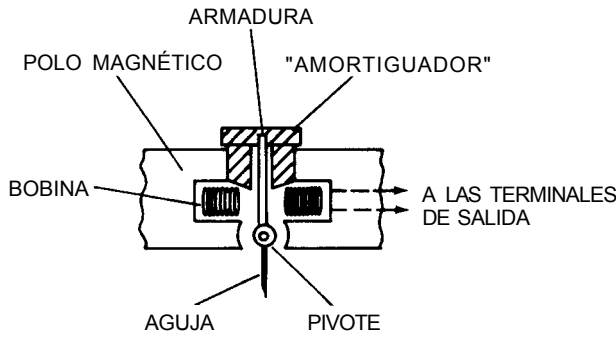


Fig. 39-6. Características de la estructura básica de una cápsula fonográfica magnética.

**Cápsula magnética.** La cápsula fonocaptora magnética realiza la misma función que la cápsula de cristal. Existen varios tipos de cápsulas magnéticas, pero todas funcionan por inducción electromagnética.

En un tipo común de cápsula magnética, la aguja se acopla mecánicamente a una armadura de hierro dulce. Esta se localiza en el entrehierro del imán permanente (Fig. 39-6). Al moverse la aguja por los surcos de un disco, la armadura se pone en movimiento. Dicho movimiento provoca que el entrehierro cambie, lo cual, a su vez, cambia la densidad del flujo del circuito magnético. Se produce un campo magnético variable, que, al atravesar la bobina estacionaria, induce un voltaje a través de ella. La intensidad de este voltaje depende de cuánto se mueve la aguja. De esta manera, el movimiento mecánico de la aguja a través de los surcos del disco se transforma en voltajes y corrientes, que reproducen las ondas sonoras.

En la cápsula magnética móvil, la aguja se fija en un imán permanente pequeño. Conforme se mueve la aguja, el campo del imán se mueve y atraviesa las bobinas estacionarias. Esto induce un voltaje en las mismas.

Dos importantes características se emplean a menudo para comparar las cápsulas fonocaptoras magnéticas: *respuesta en frecuencia y docilidad*. La primera es la gama de audiofrecuencias a la cual la cápsula magnética responde sin distorsión. En la cápsula de alta fidelidad, este intervalo puede ser desde 20 Hz hasta 20 kHz. Esto significa que la cápsula se fabrica de manera que las partes móviles vibren a cualquier frecuencia en esta gama sin producir una salida de voltaje que reproduzca una señal distorsionada.

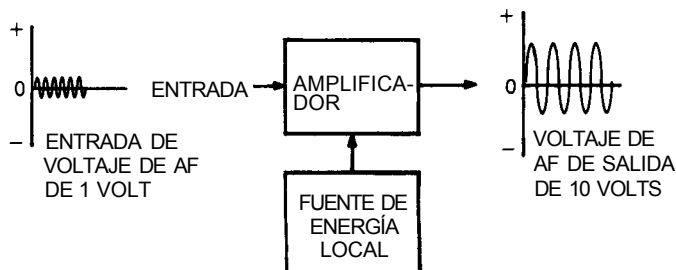


Fig. 39-7. El amplificador incrementa los voltajes de AF de entrada.

La docilidad es una medida de la capacidad de la aguja para moverse fácilmente dentro del montaje de la cápsula. Con frecuencia la docilidad de una cápsula se indica en unidades de centímetros por dina. Un ejemplo, podría ser  $25 \times 10^{-6}$  cm con una fuerza aplicada de 1 dina. Es conveniente una docilidad elevada de la cápsula; lo cual aumenta la respuesta en frecuencia de la cápsula y reduce el desgaste de la aguja y del disco.

## CABLES PARA AUDIO

El cable blindado coaxial es más indicado para conectar los componentes de un sistema amplificador de audio. Por lo general, no más de 20 pies (6.1 m) de cable pueden usarse entre un micrófono de alta impedancia y un amplificador sin provocar distorsiones en el sonido. Conectores como clavijas para cable, clavijas para audífonos y conectores para micrófono, deben fijarse firmemente en el cable mediante soldadura o sujetos con tornillos. Muchos problemas en los sistemas de amplificación pueden deberse a conexiones sueltas o alambres rotos.

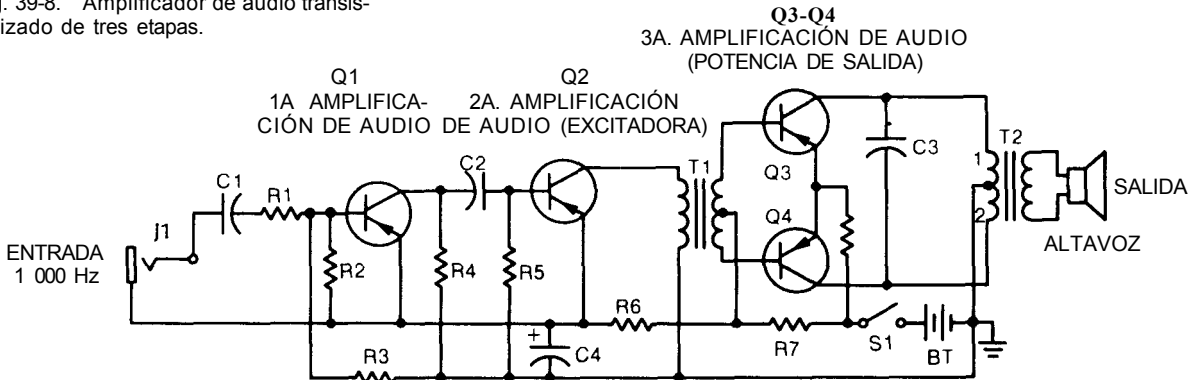
## AMPLIFICACIÓN

La función principal de un amplificador de audio es incrementar la intensidad o volumen de la señal de entrada. En la figura 39-7 se muestra un diagrama de bloques que indica que la señal de entrada de un volt se incrementa 10 veces para producir una salida de 10 volts.

## AMPLIFICADOR DE AUDIO DE TRES ETAPAS

En la figura 39-8 y 39-9 se muestran dos tipos de amplificadores de audio de tres etapas. Uno emplea transistores y el otro,

Fig. 39-8. Amplificador de audio transistorizado de tres etapas.



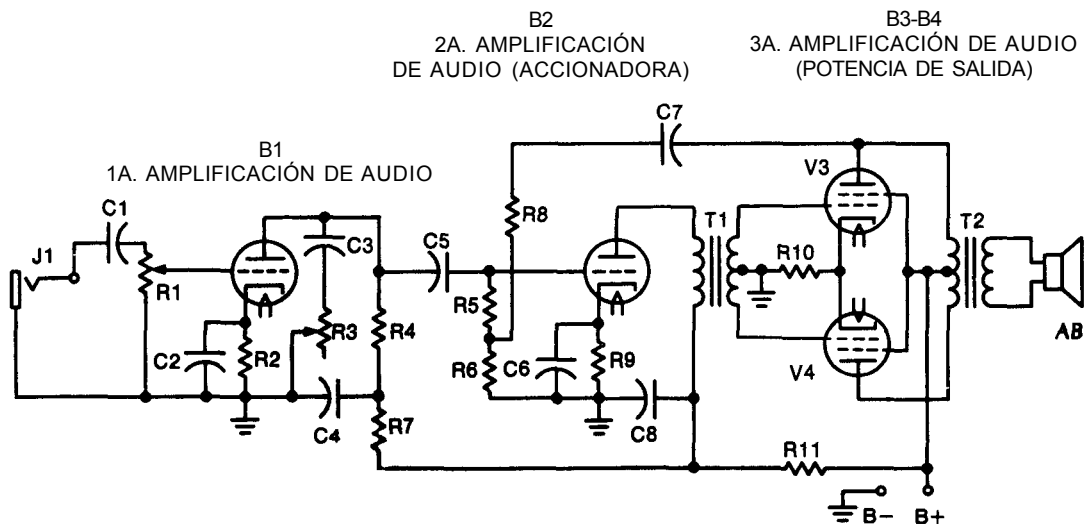


Fig. 39-9. Amplificador de audio de tubos electrónicos de tres etapas.

tubos electrónicos. El siguiente análisis se refiere principalmente a los amplificadores que incluyen transistores, puesto que en la actualidad ninguno se fabrica con tubos.

**Señales de entrada.** La señal de entrada de audio para el amplificador en la figura 39-8 podría provenir de un micrófono de alta impedancia o de una cápsula fonocaptora de un reproductor fonográfico o tocadiscos. El conector J1 proporciona el acceso o conexión del cable al amplificador. El capacitor C1 acopla las señales de entrada en el amplificador. El C1 y el resistor R1 que trabajan en conjunto, forman una red de acoplamiento de impedancias entre el transductor de alta impedancia y la entrada de baja impedancia del transistor Q1.

La primera etapa de amplificación de audio está compuesta por el transistor Q1, los resistores R1, R2, R3 y R4, y los capacitores C1 y C2. La trayectoria de la corriente principal se inicia en la terminal negativa de la batería (conectada también en el chasis) pasa por R4, entra al colector de Q1, sale del emisor y circula por los resistores R6 y R7 y por el interruptor S1 hacia la terminal positiva de la batería. El circuito que establece la polarización para Q1 comienza en la terminal negativa de la batería, pasa por R3, R2, R6, R7 y S1 y regresa a la terminal positiva de la misma. La polarización para la base de Q1 se desarrolla en la unión de R2 y R3.

Puesto que la corriente del colector del transistor Q1 varía de acuerdo con las variaciones de la señal de entrada, se produce una caída de voltaje variable a través de Q1. Durante este proceso existe una ganancia de voltaje y de corriente. De este modo, la señal de entrada se amplifica en la primera etapa de este amplificador.



**Acoplamiento por resistencia y capacitancia.** La señal de salida del transistor Q1 de la primera etapa se acopla al transistor Q2 de la segunda etapa por medio del capacitor C2. El resistor R4 actúa como el resistor de carga del colector para Q1. C2 es el capacitor de bloqueo de cc que evita que el voltaje de cc del colector de Q1 aparezca en la base de Q2. El resistor R5 es un resistor limitador de corriente a través del cual se aplica la corriente de base necesaria a Q2.

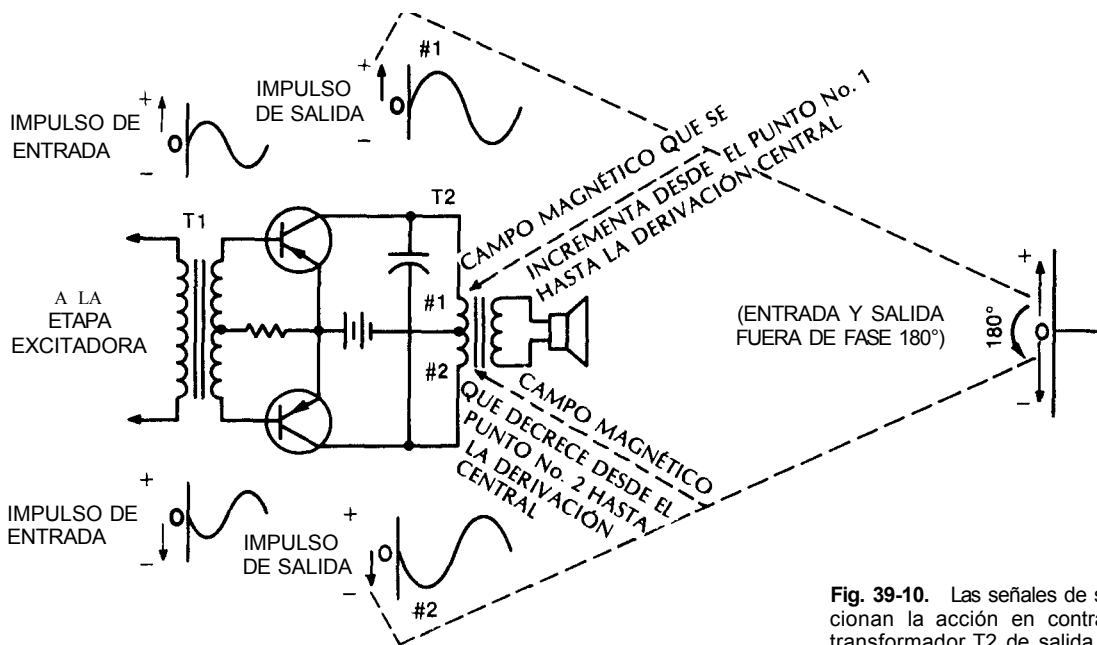
**Acoplamiento por transformador.** El acoplamiento interetapas entre el transistor Q2 y los transistores Q3 y Q4 (Fig. 39-8) se realiza con el transformador T1. El devanado primario de este transformador proporciona la impedancia de carga necesaria para el colector (salida) de Q2. El devanado secundario con derivación central de T1 acopla inductivamente la señal de salida de Q2 con Q3 y Q4; actúa como el circuito por el cual el voltaje entre la base y el emisor se aplica en estos transistores. Esta etapa de amplificación se denomina a menudo etapa *excitadora* y T1, el transformador de excitación.

El transformador de acoplamiento se emplea también entre la etapa de-salida (transistores Q3 y Q4) y la bobina móvil del altavoz. Aquí, el transformador T2 (el transformador de salida) actúa para el acoplamiento de la impedancia relativamente alta del circuito de salida del transistor con la baja impedancia de la bobina móvil. Puesto que éste es un transformador reductor, su acción de acoplamiento produce un bajo voltaje en el devanado secundario. Como resultado, el valor de la corriente en el circuito del devanado secundario es suficientemente grande para excitar la bobina móvil al nivel necesario de operación del altavoz. Nótese que este sistema de acoplamiento del transformador es semejante al del circuito con tubos electrónicos (Fig. 39-9).

## OPERACIÓN EN CONTRAFASE (PUSH-PULL)

La etapa de la salida final o de la amplificación de potencia de un circuito amplificador monocanal de tres etapas (Fig. 39-8) es lo que se conoce como etapa en contrafase o simétrica (push-pull). En las operaciones en contrafase se emplean dos transistores (o tubos). Cuando un circuito amplificador cuenta con sólo un transistor (o tubo) en la etapa final, ésta se denomina *etapa asimétrica*.

Las señales de entrada en un etapa en contrafase se desarrollan entre los extremos del devanado secundario con derivación central del transformador T1 de interetapa. Por tanto, las señales de voltaje aplicadas en los circuitos de entrada de una etapa en contrafase del devanado secundario de T1 aumentan repentinamente, primero en un sentido y después en el otro. Cuando esto sucede, se dice que las señales están fuera *de fase* 180° entre sí (Fig. 39-10). Las corrientes de salidas pasan a través del transformador T2.



**Fig. 39-10.** Las señales de salida proporcionan la acción en contrafase para el transformador T2 de salida.

En esta condición, se incrementa la corriente desde el punto 1 hasta la derivación central del devanado primario del transformador T2 de salida. La corriente desde el punto 2 del devanado hasta la derivación central disminuye. Por tanto, se expande el campo magnético alrededor de una mitad del devanado primario. El campo magnético alrededor de la otra mitad del devanado se colapsa. Esta acción se denomina efecto en *contrafase*. Los efectos de estos campos magnéticos se combinan para inducir el voltaje en el devanado secundario del transformador de salida.

Una ventaja de la etapa de amplificación en contrafase es que suministra dos veces la potencia de la etapa asimétrica. Además la operación en contrafase reduce el ruido de la componente alterna que las variaciones de potencia pueden producir en la salida de un amplificador.

**Potencia de salida.** La potencia de salida de un amplificador se especifica de varias maneras. Por ejemplo, la salida de potencia de modulación musical, de pico y rms, son especificaciones comunes. La más significativa es la rms. Ésta se obtiene aplicando en la entrada ondas senoidales de frecuencias diferentes. Después la potencia de salida se mide en los extremos de una carga resistiva. Los valores de las diferentes frecuencias se elevan al cuadrado, se suman y se encuentra la media o promedio. Posteriormente se calcula la raíz cuadrada para obtener el valor rms. Las siglas rms provienen del inglés root mean squared (raíz cuadrática media). El valor rms es importante para comparar amplificadores diferentes.

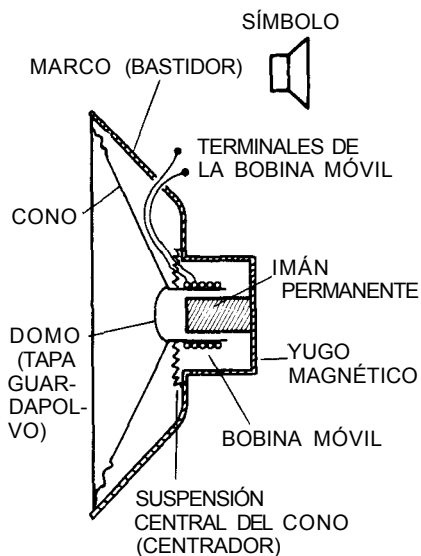


Fig. 39-11. El altavoz es un tipo de reproductor.

## ALTAVOZ

El altavoz convierte la energía eléctrica en sonido. En la figura 39-11 se muestra la sección transversal de un altavoz típico. En este altavoz la bobina móvil se mueve libremente sobre la pieza polar del imán permanente sin tocarlo. La bobina móvil se conecta en el devanado secundario del transformador T2 de salida (Fig. 39-10). La señales de audio amplificadas se desarrollan en el devanado secundario del transformador de salida. Dichas señales se aplican en la bobina móvil y, por consiguiente, la excitan. El campo electromagnético de la bobina móvil experimenta atracciones y repulsiones alternativas por el campo magnético permanente. Esto ocasiona que vibre la bobina móvil. La intensidad de tal movimiento cambia con las señales de audio producidas inicialmente por el micrófono. Puesto que la bobina móvil se conecta en el cono del altavoz, provoca vibraciones de grandes cantidades de aire; tales vibraciones producen las ondas sonoras. Si el micrófono, el amplificador y el altavoz son de alta calidad, los sonidos amplificados y reproducidos serán casi iguales que las señales de entrada.

**Tipos de altavoces.** Un solo altavoz puede producir una buena respuesta de frecuencia. Sin embargo, los sistemas de alta fidelidad emplean a menudo tres altavoces denominados: *altavoz para graves*, *altavoz para el registro medio* y *altavoz para agudos*. Con estos tres altavoces, se separan las frecuencias de entrada. Las bajas (20 Hz a 1 000 Hz) las maneja el altavoz para graves; las medias (800 Hz a 10 kHz), el altavoz para registro medio; y las altas (3.5 kHz a 20 kHz), el altavoz para agudos. Las altas frecuencias tienen poca dispersión o difusión. Por tal motivo, al altavoz para agudos se le adapta a menudo una pequeña bocina (Fig. 39-12). Una red *divisora* se emplea para separar las señales de entrada en las bandas de frecuencia para los altavoces. Estas redes, constituidas por capacitores e inductores (bobinas), alimentan las regiones correctas en frecuencia para cada uno de los altavoces.

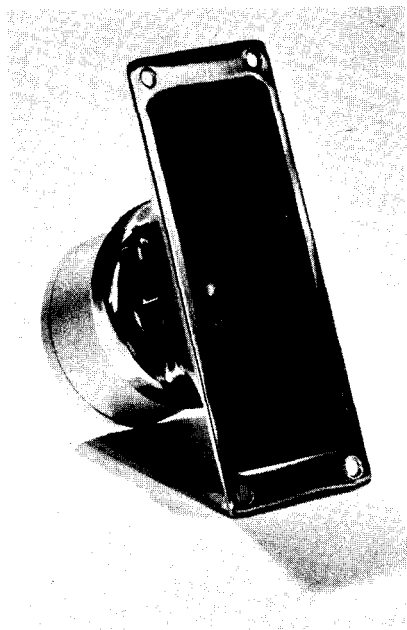


Fig. 39-12. Altavoz para agudos con una bocina adaptada (Electro-Voice).

**Especificación.** Un altavoz se especifica por el tamaño de su cono, la impedancia y la capacidad de potencia o consumo de su bobina móvil, su respuesta en frecuencia y el peso de su imán (Fig. 39-13).

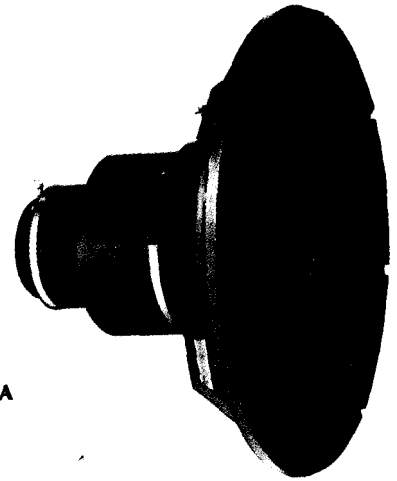
El diámetro del cono indica si el altavoz es pequeño o grande. Por ejemplo, un altavoz de 12 pulg (304.8 mm) generalmente es un altavoz para graves; uno de 4 pulg (101.6 mm) es un altavoz para agudos. Las impedancias nominales típicas para los altavoces son 4, 8 y 16 ohms. Es importante que la impedancia "vista" por la salida del amplificador pueda aco- plarse (iguale) a la del altavoz. De otra forma, el amplificador puede sobrecargarse lo cual distorsiona seriamente la señal. Además la potencia admisible debe conocerse para cada alta-

voz. Si el amplificador de potencia puede suministrar 30 watts, el altavoz también debe ser capaz de manejar esta cantidad.

La caja que contiene al altavoz es importante para reproducir sonidos de alta calidad. Por ejemplo, una caja diseñada en forma conveniente conserva la misma fase de las ondas sonoras enfrente y en la parte posterior del cono del altavoz.

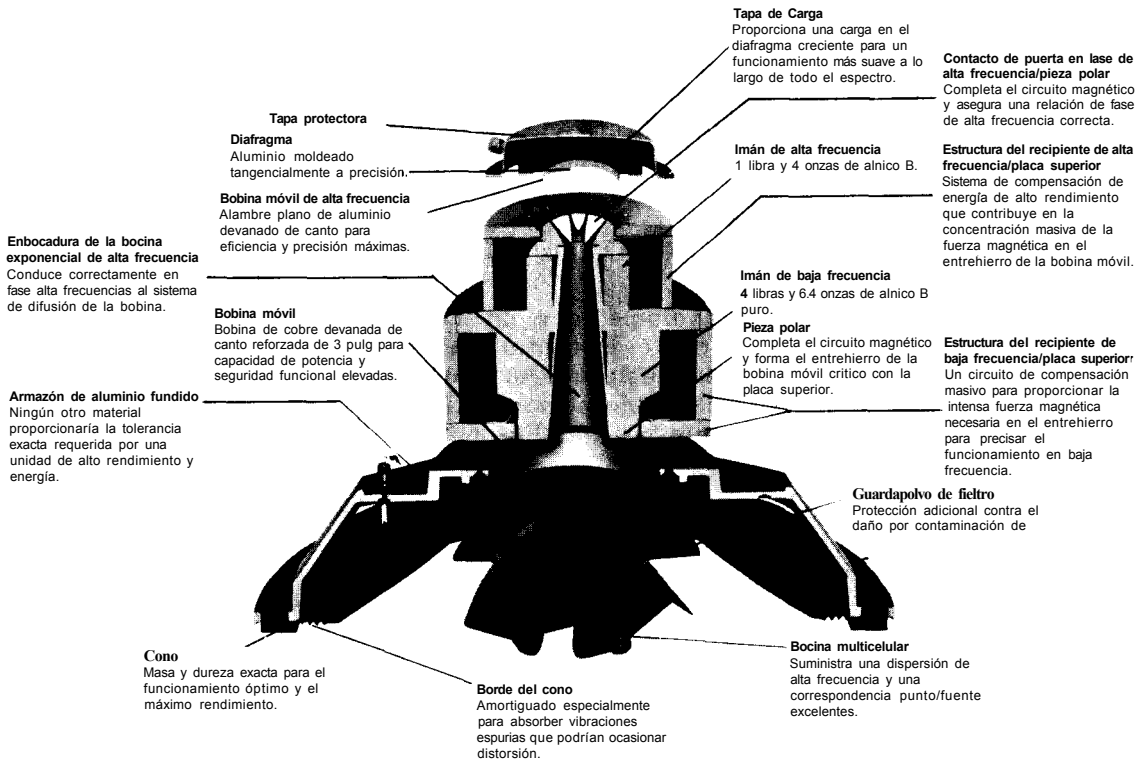
Si altavoces semejantes cuentan con imanes del mismo tipo, pero de diferente peso, el del imán más pesado será generalmente más eficaz. Por ejemplo, la gama de respuesta en frecuencia será reproducido completamente por el imán más pesado sin una distorsión importante. La respuesta de la gama de frecuencias en un altavoz de bajo precio va aproximadamente de 50 Hz a 8 kHz. En altavoces más costosos que se diseñan para sistemas de alta fidelidad, el intervalo está comprendido entre 20 Hz y 20 kHz.

**Fig. 39-13.** (A) Un altavoz de control doble de 15 pulg (381 mm); (B) vista de la sección transversal (Altec; Sound Products Division).



## SIMETRÍA COMPLEMENTARIA

Algunos amplificadores de audio no cuentan con un transformador de salida (Fig. 39-14]. En su lugar, el circuito emplea transistores p-n-p y n-p-n. Por sus características de polaridad, estos transistores proporcionan el efecto en contrafase.



B

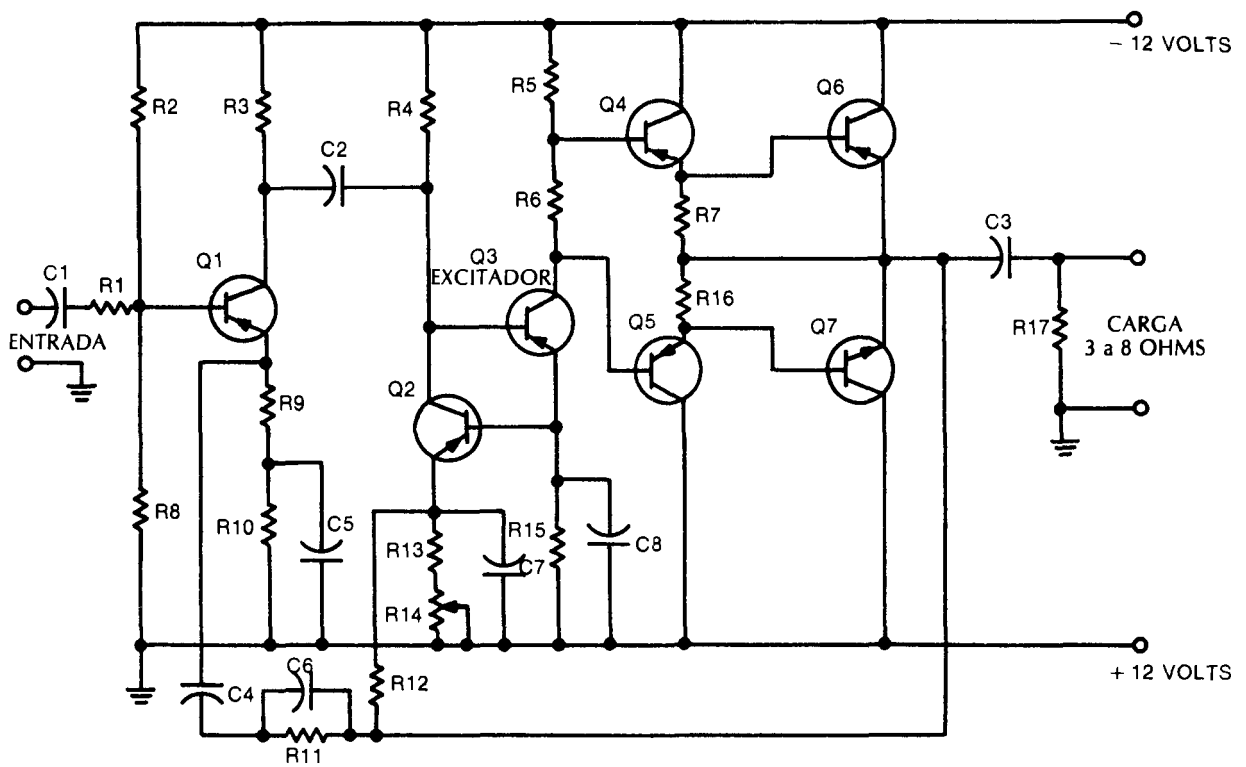


Fig. 39-14. Circuito amplificador de audio de simetría complementaria (de la revista Electronics, McGraw-Hill, Inc.).

Este tipo de circuito se denomina circuito amplificador de audio de simetría complementaria. El amplificador tiene una etapa de entrada Q1, un excitador Q3 y una etapa de salida de potencia: transistores Q4, Q5, Q6 y Q7.

### CONTROL DE VOLUMEN

El volumen es el nivel o intensidad de sonido de salida de un circuito. El control de volumen de un circuito amplificador casi siempre es un resistor variable o potenciómetro: en general se coloca en el circuito de entrada en una de las etapas de amplificación (Fig. 39-15). El control de volumen actúa como

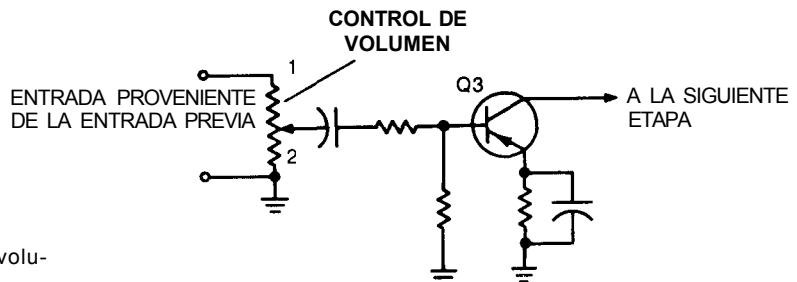


Fig. 39-15. Circuito de control de volumen.

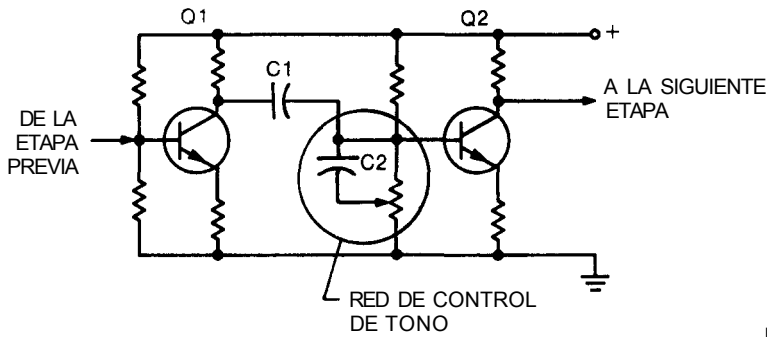


Fig. 39-16. Circuito de control de tono.

un divisor de voltaje. Al ajustar el eje del potenciómetro, el brazo móvil se mueve hacia el punto 1 o hacia el punto 2. Cuando se mueve hacia el punto 1, una gran parte del voltaje desarrollado entre los puntos 1 y 2 del control se aplica en el circuito de entrada del transistor Q3. Como resultado, aumenta el volumen del circuito amplificador. El volumen disminuye girando el brazo móvil hacia el punto 2.

## CONTROL DE TONO

El tono se refiere al equilibrio de las frecuencias bajas o graves, y al de las frecuencias altas, o agudos, del sonido de salida. Un control de tono permite ajustar la respuesta de frecuencia de un amplificador de audio ajustando este balance.

Un circuito de control de tono básico se compone de un capacitor y un resistor variable o potenciómetro conectado en serie en la salida de una etapa de amplificación. En la figura 39-16, C2 tiene un valor de capacitancia que ocasiona que él mismo presente una reactancia capacitiva baja a las señales de más alta frecuencia en el circuito de salida de Q2. De esta manera, el capacitor tiende a desviar a tierra las señales de alta frecuencia, lo cual impide que alcancen al altavoz. Con la atenuación de las altas frecuencias, el amplificador produce una respuesta relativamente mayor a los graves. El grado en que esto sucede lo determina el ajuste del potenciómetro.

## PREAMPLIFICADOR

Un preamplificador incrementa el voltaje de salida de la fuente de señales de manera que el amplificador de audio principal pueda alcanzar la potencia máxima. Un preamplificador puede ser de una sola etapa o de varias; se conecta entre un dispositivo de entrada con un nivel de salida bajo, como una cápsula fonocaptora magnética o un micrófono dinámico, y el amplificador principal. El preamplificador puede ser una unidad independiente o estar contenido en el amplificador principal.

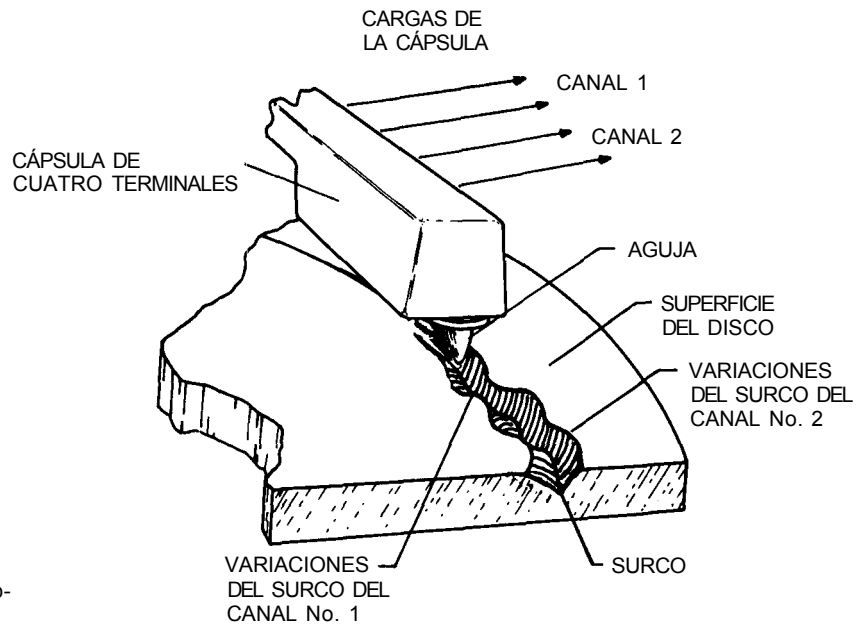


Fig. 39-17, Surco de disco estereofónico.

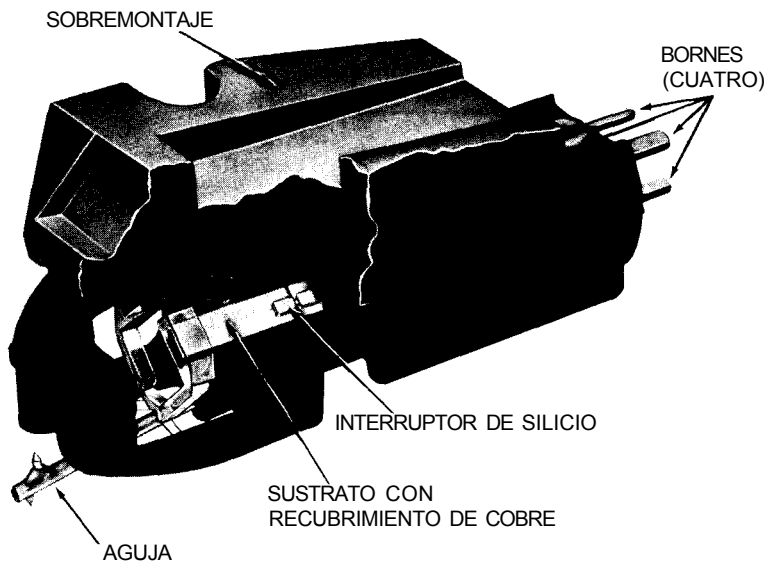
## ALMACENAMIENTO DE SONIDO

Existen dos dispositivos comunes para almacenar sonidos: el disco fonográfico y la cinta magnética. El tocadiscos reproduce los sonidos almacenados en el disco, y la grabadora hace lo mismo con la cinta.

## DISCO FONOGRAFICO

Se fabrica, en forma indirecta, con una máquina grabadora. Esta transforma los sonidos originales en vibraciones eléctricas. La aguda cabeza de corte de la aguja de la máquina registra estas vibraciones en un surco que graba sobre el disco original. Durante la grabación, la cabeza se mueve lentamente hacia el centro del disco. Esto forma un surco espiral continuo. Copias baratas del original se fabrican a partir de discos en blanco de vinilo.

Los surcos en los discos monofónicos son ondulaciones irregulares. Las ondas pequeñas representan los tonos altos y las más grandes, los bajos. Los surcos de un disco estereofónico típico se componen de paredes cortadas entre sí en ángulo recto (90°), y en un ángulo de 45° respecto de la superficie del disco (Fig. 39-17). Cuando se está grabando el disco estereofónico original, las vibraciones de un canal se registran en una pared del surco; las vibraciones del otro canal, en la otra pared. Cuando el disco se reproduce con una cápsula estereofónica



**Fig. 39-18.** Cápsula estereofónica (Sonotone Corporation).

(Fig. 39-18), las vibraciones de las dos paredes son captadas en la otra pared en forma separada. De esta manera, se reproducen los sonidos de los dos canales.

## CINTA MAGNÉTICA

La cinta magnética cuenta con un revestimiento especial de óxido de hierro. Los sonidos se inducen y registran electromagnéticamente en este revestimiento. En la actualidad se dispone de cintas de 2, 4 y 8 pistas. En una cinta de dos pistas, un lado se graba o toca sobre la pista 1. Posteriormente la cinta se voltea y se utiliza la otra pista (Fig. 39-19). En un sistema estereofónico se emplean cintas de cuatro pistas, dos al mismo tiempo, una para cada canal. Después la cinta se voltea y, se utilizan las otras dos pistas.

## CABEZAS MAGNÉTICAS

Las cabezas magnéticas graban los sonidos en la cinta, los captan para la reproducción o borran la cinta. La cabeza magnética se mantiene en contacto con la cinta cuando se graba y reproduce. Durante la grabación la cabeza convierte las señales de audio en un campo electromagnético, el cual magnetiza el revestimiento óxido de la cinta. En la reproducción, la cabeza detecta el campo electromagnético de la cinta. En algunas grabadoras, una cabeza para borrar desmagnetiza la cinta por medio de un campo electromagnético de frecuencia ultrasónica. Una frecuencia ultrasónica es aquella que se en-



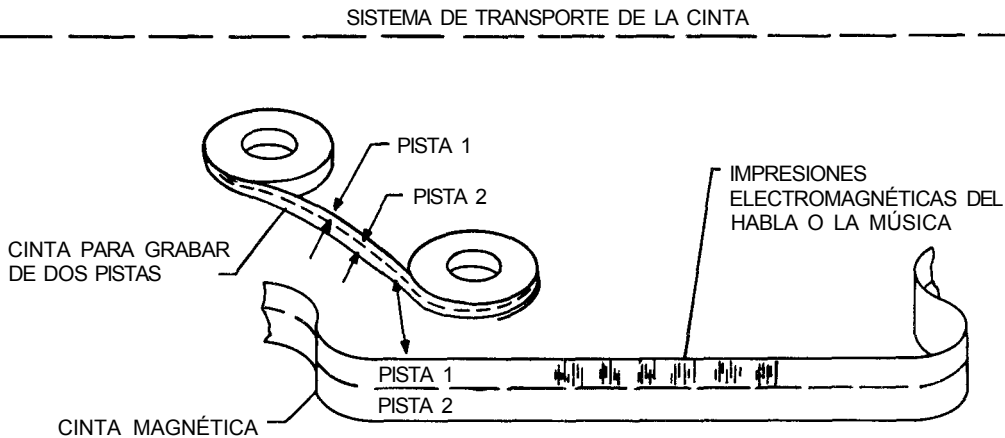
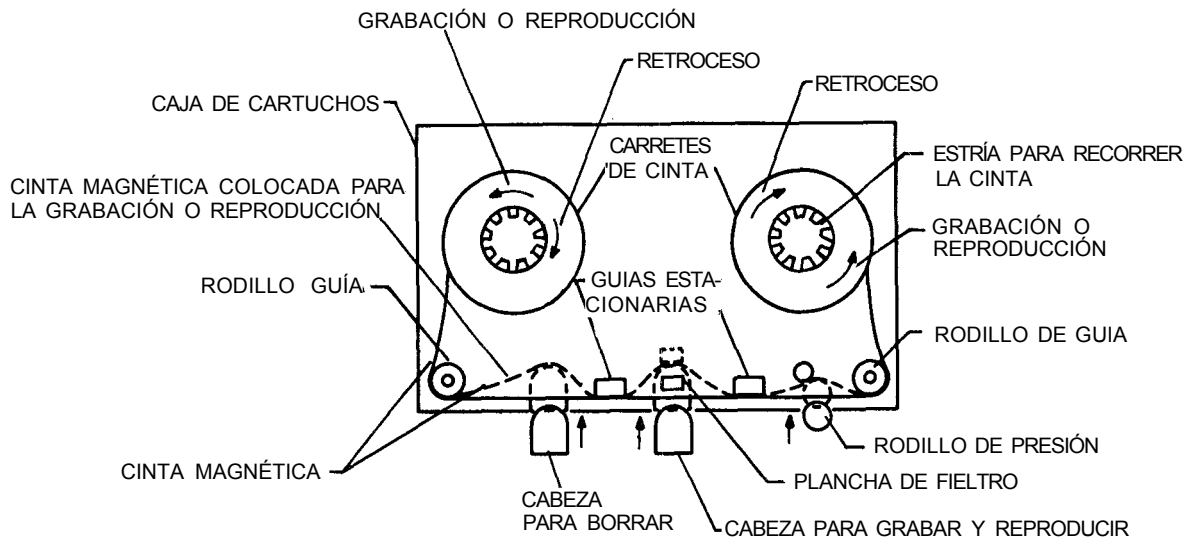


Fig. 39-19. Cartucho de cinta.

cuenta por encima de la región audible. Otras formas de borrar la cinta incluyen pasarla sobre un imán permanente o sobre un electroimán activado con corriente continua. La cinta puede borrarse y reusarse muchas veces antes de que se deseché. Un motor y un mecanismo hacen pasar la cinta por una o más cabezas magnéticas desde un carrete de alimentación hasta un carrete de enrollamiento denominado *platina* o enrollador de cinta. En algunas grabadoras, la cinta puede correrse a cualquiera de tres velocidades estándares: 1 7/8, 3 3/4 o 7 1/2 pulg por segundo. En general, las cintas que operan a 7 1/2 pulg por segundo ofrecen una reproducción de sonido superior.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Los componentes de un sistema de audio básico son \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
2. El \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ son cuatro dispositivos de entrada comunes que se emplean con los amplificadores de audio.
3. Un micrófono \_\_\_\_\_ cuenta con un diafragma sujeto a un cilindro hueco ligero con una pequeña bobina devanada en ella.
4. Los micrófonos dinámicos de alta fidelidad pueden responder a frecuencias que varían entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ Hz.
5. La \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ son dos características importantes que se emplean a menudo para comparar las cápsulas fonocaptoras magnéticas.
6. El \_\_\_\_\_ es el más apropiado para conectar los componentes de un sistema de amplificación de audio.
7. Las etapas de amplificación de audio se acoplan a menudo mediante acoplamiento \_\_\_\_\_ o acoplamiento \_\_\_\_\_.
8. Una etapa de amplificación \_\_\_\_\_ se emplea cuando el circuito de amplificación final cuenta con sólo un transistor o tubo.
9. La especificación más significativa de un amplificador es la potencia de salida \_\_\_\_\_.
10. Tres tipos de altavoces que se encuentran en los sistemas de audio de alta fidelidad son el \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
11. Una red \_\_\_\_\_ se emplea para separar las señales de entrada en bandas de frecuencia para los altavoces en un sistema de audio de alta fidelidad.
12. Un tipo de amplificador de audio sin transformador se denomina amplificador \_\_\_\_\_.
13. Una \_\_\_\_\_ y un \_\_\_\_\_ son los dos componentes básicos que se emplean para formar el control de tono de un amplificador de audio.
14. El \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ magnética son los dos medios comunes para almacenar el sonido.
15. El motor y el mecanismo que hacen pasar la cinta magnética por las cabezas magnéticas desde un carrete de alimentación hasta uno de enrollamiento se denominan \_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Distinga entre el sistema monofónico y el estereofónico.
2. ¿Cuál es la función principal de un micrófono?
3. Explique la diferencia entre un micrófono dinámico y uno de cristal.
4. Explique la diferencia entre la cápsula fonocaptora de cristal y la magnética.
5. ¿Qué es docilidad?
6. ¿Cuál es la función principal de un transformador de salida?
7. Describa cómo se amplifica una señal de entrada de audio.
8. Describa las ventajas de un amplificador en contrafase.
9. Identifique tres términos que se empleen para identificar la potencia de salida de los amplificadores de audio. ¿Cuál término es el más representativo?
10. Explique cómo trabaja una bobina móvil en un altavoz.
11. ¿Para qué se utiliza una bocina unida a un altavoz para agudos?
12. ¿Por qué es importante el peso de un imán en un altavoz?
13. ¿Cuál es la función básica de un preamplificador?
14. Describa los surcos de un disco fonográfico monocanal y de uno estereofónico. ¿Cómo registra la cápsula los sonidos del disco?
15. ¿Cuál es la función de una cabeza para borrar en una grabadora?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Dibuje un diagrama de bloques de un sistema de audio doméstico que incluya entradas como un micrófono y un tocadiscos, y reproductores como altavoces y audífonos. El sistema puede incluir también una grabadora y una radio.

# Unidad 40 Fundamentos de radio



Fig. 40-1. Dos estudiantes operan un sistema de radio básico empleando dos transceptores (transmisor y receptor combinados en una unidad).

Ya se analizó cómo se emplean los hilos telefónicos para enviar mensajes de un lugar a otro. Ahora se verá cómo el habla y la música pueden transmitirse sin alambres o por transmisión inalámbrica. Esto se realiza con el sistema de radio, el cual, como en el caso del teléfono, cuenta con un transmisor y un receptor (Fig. 40-1). El sistema de radio, sin embargo, no cuenta con hilos de conexión.

## TRANSMISOR

El transmisor de radio permite enviar la música y el habla por medio de la energía radiada o emitida. Ésta se transmite a través del aire. Entender el mecanismo de la voz ayudará a comprender cómo es posible esto. Respirar profundamente es como abrir un fuelle de aire; se forma una fuente de energía para el aire que pasará al hablar a través de las cuerdas vocales, garganta y boca. La estación de radio, donde se localiza el equipo para transmitir el habla y la música, cuenta también con una fuente de energía y con un *oscilador de alta frecuencia*. La fuente produce un alto voltaje y el oscilador ocasiona que una corriente de electrones vibre hacia adelante y hacia atrás a elevadas frecuencias (Fig. 40-2).

## ONDAS DE RADIO

Las cuerdas vocales producen las ondas sonoras. Éstas se transmiten a través del aire como variaciones de presión del mismo. En un transmisor de radio, se emplea un circuito para generar ondas que, en algunos aspectos, son semejantes a las ondas sonoras. Este circuito, el oscilador de alta frecuencia, contiene una bobina y un capacitor. El oscilador hace vibrar u oscilar una corriente de electrones. De manera similar, las cuerdas vocales en la garganta de una persona ocasionan que una corriente de aire vibre. El rápido movimiento oscilatorio de los electrones *radia* o emite a través del aire energía en la forma de ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas son una forma de energía radiante que puede realizar trabajo. Cuando una piedra se lanza al agua, las ondas que se forman en ésta emanan desde el punto donde se sumergió la piedra (Fig. 40-3). Las ondas electromagnéticas pueden compararse con estas ondas en el agua. En la figura 40-4 se muestra esta forma de onda. Cuanto mayor sea la frecuencia, más corta será la longitud de onda, la cual representa la distancia entre dos puntos homólogos situados en ondas adyacentes. Las ondas en el agua, las sonoras y las electromagnéticas son semejantes; sin embargo, las de radio tienen una frecuencia mucho mayor que la de las sonoras.

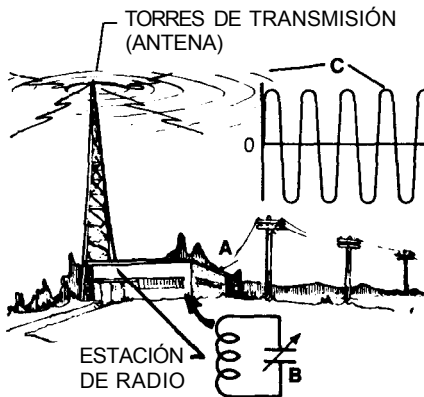


Fig. 40-2. El vibrador (oscilador) en una estación transmisora: (A) líneas eléctricas (fuente de energía); (B) vibrador u oscilador (bobina y capacitor); (C) portadora (onda electromagnética).

Una onda de radio debe tener una frecuencia cercana a los 10 000 Hz para poder aplicarlas en la radiocomunicación.

Ondas aéreas y terrestres. Las ondas de radio se propagan a través del espacio con la velocidad de la luz desde la antena de una estación transmisora. Algunas de estas ondas se propagan próximas a la superficie de la Tierra y se denominan ondas terrestres; son absorbidas rápidamente por la Tierra y no viajan muy lejos. Otras ondas de radio se propagan por el cielo; en este caso se denominan ondas aéreas (Fig. 40-5). Una capa de gas ionizado que se localiza a una altura de entre 60 y 200 millas (97 a 322 kilómetros) sobre la Tierra refleja hacia ésta algunas ondas aéreas; se conoce como capa Kennelly-Heaviside (o ionosfera), en honor de los dos hombres que la descubrieron. Algunas ondas aéreas atraviesan esta capa y nunca regresan a la Tierra. Sin embargo, las ondas aéreas reflejadas posibilitan la comunicación por radio a largas distancias alrededor de la superficie de la Tierra.

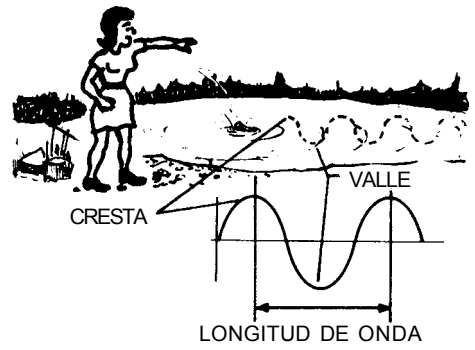


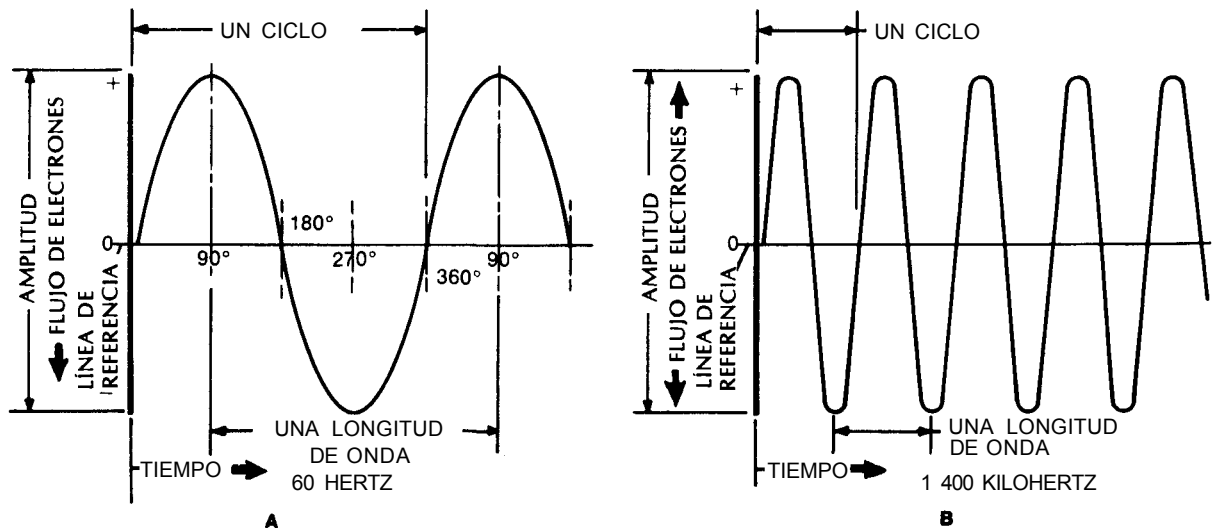
Fig. 40-3. El lanzamiento de una piedra al agua provoca ondas en ésta que emanan desde el punto en que la piedra se sumergió.

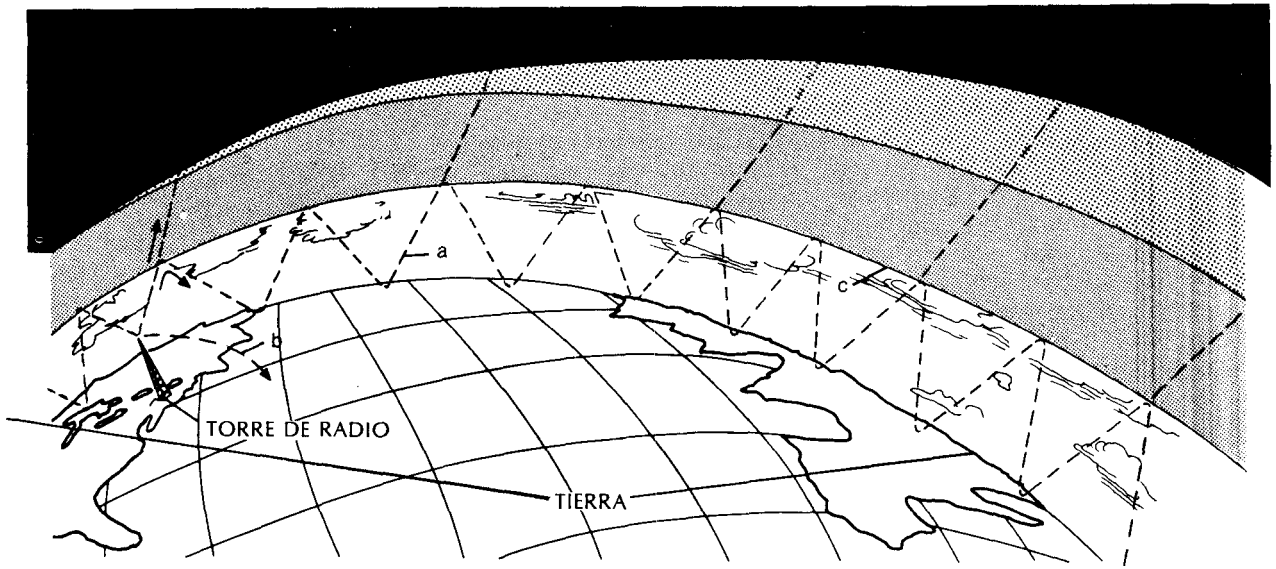
Ondas portadoras. Una onda de radio de cierta frecuencia se asigna a una estación de radio; se denomina onda portadora, debido a que "transporta" el habla y la música desde el transmisor de la estación hasta los receptores de radio. En Estados Unidos, las frecuencias de las ondas portadoras que se emplean en diferentes tipos de transmisiones de radio son asignadas por la Federal Communications Commission (FCC) de dicho país.

## MODULACIÓN

Cuando se habla, las vocales y las consonantes que se producen forman una corriente vibratoria de aire. Esta acción la

Fig. 40-4. Comparación de una gráfica de onda senoidal con una forma de onda de radio; (A) corrientes alternas (baja frecuencia); (B) onda de radio (alta frecuencia).



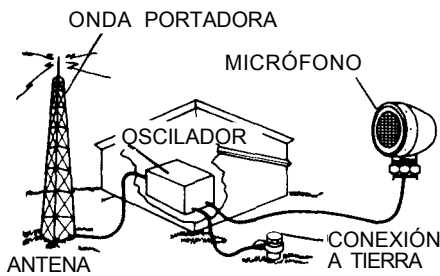


**Fig. 40-5.** Transmisión de ondas de radio: (A) ondas aéreas; (B) ondas terrestres; (C) capa de gas Kennelly-Heaviside.

realizan la lengua, labios, dientes y las paredes de la boca y garganta. Dicha formación permite enviar ondas sonoras que contienen un significado para otras personas.

En un sistema de radiodifusión, el proceso de moldear la corriente de electrones para el habla o música se llama modulación. Un modulador es un circuito que combina la información hablada o musical con la onda portadora.

Al hacer incidir ondas sonoras en un micrófono, se produce una corriente eléctrica variable (Fig. 40-6). La salida del micrófono se alimenta después en el oscilador. Ahí se combinan la onda portadora y la de audio. La modulación permite a la onda portadora transportar la información de un lugar a otro mediante energía electromagnética (Fig. 40-7). Luego, en el receptor se extrae esta información de la onda portadora mediante circuitos especiales en el radioreceptor.



**Fig. 40-6.** Modulación de una onda de radio con un micrófono.

**Modulación de amplitud y frecuencia.** La onda de radio modulada se desarrolla combinando la portadora de onda y la corriente alterna de un micrófono. Nótese que la frecuencia de la onda portadora no cambia después de la modulación (Fig. 40-7). La corriente alterna del micrófono modula la onda portadora provocando que su amplitud o intensidad aumente y disminuya. Este proceso se llama modulación de amplitud, *MA* (AM: amplitud modulation).

La onda portadora puede modularse también cambiando su frecuencia. Este proceso se denomina modulación de frecuencia, *MF* (FM: frequency modulation) (Fig. 40-8). Los cambios en la frecuencia son controlados por la señal de un micrófono. Adviértase que la amplitud no cambia en la modulación de frecuencia.

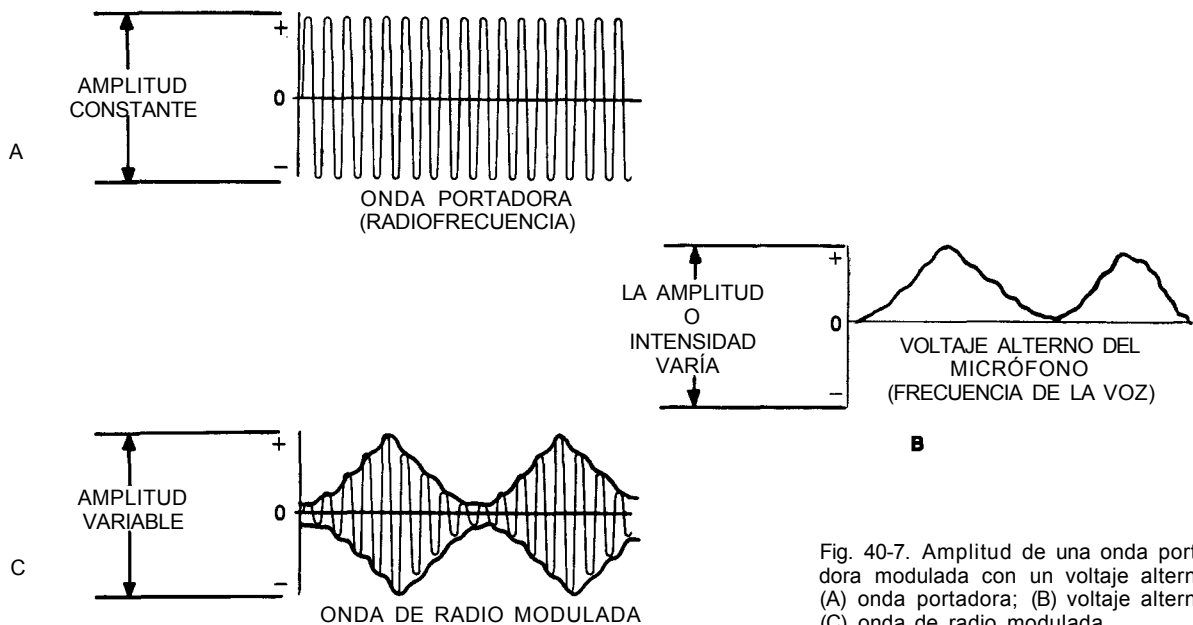


Fig. 40-7. Amplitud de una onda portadora modulada con un voltaje alterno: (A) onda portadora; (B) voltaje alterno; (C) onda de radio modulada.

**Bandas de radiodifusión.** Las estaciones radiodifusoras comerciales de AM operan dentro de una banda de frecuencia de portadora que se extiende desde 535 hasta 1 605 kHz. La frecuencia de portadora de las radiodifusoras comerciales de FM se extiende desde 88 hasta 108 MHz.

## RADIOAFICIONADO

En Estados Unidos una persona interesada en convertirse en radioaficionado puede solicitar a la Federal Communications Commission (FCC) una licencia para operar una estación (Fig. 40-9). Esta actividad puede mejorar tanto su capacidad para la comunicación como su conocimiento técnico de la radio.

La Federal Communications Commission proporciona las reglas y reglamentos para el servicio de radioaficionados. En el presente, existen seis clases de licencias de operadores: novato, técnico, condicional, general, avanzado y de primera. La clase novato brinda al primerizo una oportunidad para obtener rápidamente experiencia en el aire. Un novato debe aprobar un examen del código Morse internacional de cinco palabras por minuto. El examen cubre también las reglas y reglamentos de la FCC y teoría elemental de la radio. La primera clase es la más avanzada; requiere aprobar un examen sobre teoría avanzada y operación de radio, incluidas reglas y reglamentos que se aplican a estaciones y operadores de aficionados, y una prueba de código de 20 palabras por minuto. Con cada ascenso de clase, se adquieren ciertos privilegios. Por ejemplo, se reservan frecuencias específicas como de 3 500 a

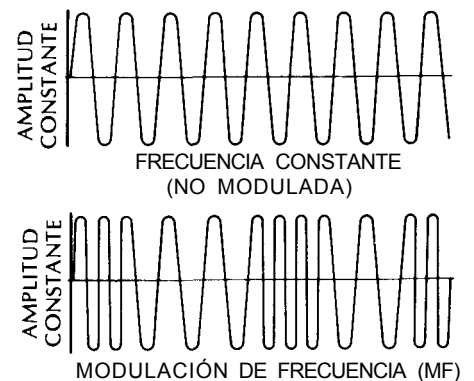


Fig. 40-8. Efecto de la modulación de frecuencia.

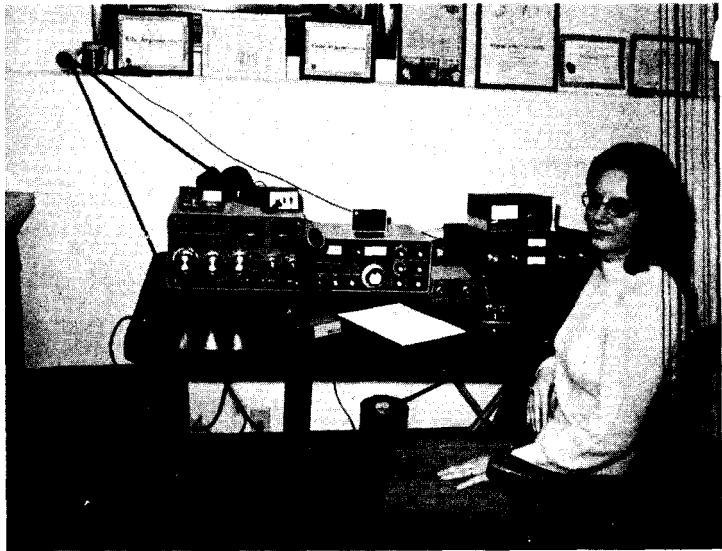


Fig. 40-9. Estación de radioaficionado (fotografía, cortesía de QST, Journal of American Radio Relay League).

3 525 kHz para uso exclusivo de los operadores de primera clase. Las bandas de frecuencia comunes para aficionados van de 3 500 a 4 000 kHz (longitud de onda alrededor de 80 m), 7 000 a 7 300 KHz (longitud de onda alrededor de 40 m), y 14 000 a 14 350 kHz (longitud de onda alrededor de 20 m). Se autorizan también frecuencias más altas, como de 144 a 148 MHz (longitud de onda alrededor de 2 m).

## SERVICIOS DE RADIO PERSONALES

La Federal Communications Commission publica también reglas y reglamentos que rigen la operación de servicios de *radio personales*. Estos servicios comprenden a las estaciones siguientes:

**Estación de radio servicio móvil general.** Este tipo de estación se reserva para operar entre estaciones móviles y terrestres o entre estaciones móviles. Se les permite operar con frecuencias asignadas en la banda de 460 a 470 MHz con una salida de potencia de transmisión no mayor a 50 watts.

**Estación de servicio de radio control (R/C).** Este tipo de estación tiene licencia para operar a una frecuencia autorizada en la banda de 26.96 a 27.23 MHz. Para el control remoto de objetos por radio, está autorizada la frecuencia de 27.255 MHz. La banda de 72 a 76 MHz está autorizada para el radiocontrol de modelos empleados con fines recreativos.

**Estación de radio servicio de banda civil (BC).** Este tipo de estación está autorizada para operar únicamente en la



Fig. 40-10. Transceptor moderno (Aerotron, Inc.).

radiotelefonía, es decir, la transmisión de mensajes orales. Esta estación proporciona comunicación de radio móvil de corto alcance para negocios o actividades personales.

Las frecuencias autorizadas para la BC están en la banda de 26.96 a 27.41 MHz. Las frecuencias específicas en esta banda se denominan comúnmente canales, de los cuales existen 40. Por ejemplo, la frecuencia de 26.965 MHz es el canal 1. La frecuencia de 27.065 MHz, canal 9, se emplea sólo para comunicaciones de urgencia. El canal 19, con una frecuencia asignada de 27.185 MHz, es muy popular entre los conductores de auto-transportes y otros viajeros. El equipo de BC, denominado estación de radioaficionado (rig) está autorizado para operar con una salida de potencia de portadora máxima de 4 watts.

Todo ciudadano de 18 años de edad o mayor puede solicitar una licencia para operar una estación de BC. Las licencias se expiden por lo general para cinco años. Las últimas reglas y reglamentos de la FCC deben consultarse para mayores detalles.

## TRANSCCEPTOR

Un transceptor es un solo aparato que combina un transmisor y un receptor. Una pequeña unidad portátil, se denomina popularmente transceptor portátil o radioteléfono ambulante (walkie-talkie). En la figura 40-10 se muestra un transceptor moderno que se emplea para comunicación instantánea en los negocios. Existen varios modelos portátiles, los cuales se controlan con un cristal y operan a baja potencia (100 miliwatts) en el intervalo de 49.82 a 49.90 MHz. Se requiere un par de transceptores portátiles para realizar una conversación (véase la Fig. 40-1). Cada una de estas unidades tiene de tres a 12 transistores según la calidad y diseño de los circuitos electrónicos. Puesto que los pequeños transceptores son portátiles, con frecuencia se emplea una batería de 9 volts como



fuente de alimentación. Los controles comunes en estas pequeñas unidades son: 1) botón de encendido con control de volumen, 2) botón para llamar, 3) control para reducir el ruido y 4) clavija para audifonos. El control de reducción de ruidos elimina los ruidos de fondo y los indeseables que se presentan en las transmisiones.

## RECEPTOR DE RADIO SUPERHETERODINO

Con intención de mejorar las recepciones de radio, un circuito especial denominado circuito superheterodino fue inventado en 1918 por el estadounidense Edward H. Armstrong. Este circuito ayudó a que los receptores de radio fueran más selectivos y sensibles. Un receptor de radio es selectivo cuando puede seleccionar la onda portadora modulada de la estación radiodifusora que se desea, y descartar las otras señales portadoras que llegan a su antena. Un receptor de radio es sensible cuando puede recibir ondas o señales débiles de radio. El circuito superheterodino ha permitido que los receptores de radio sean altamente selectivos y sensibles.

## FRECUENCIA DE BATIDO

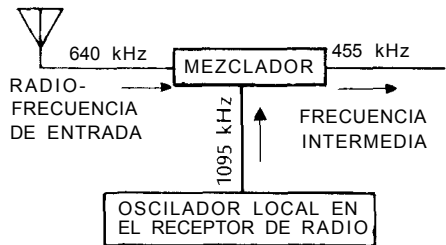
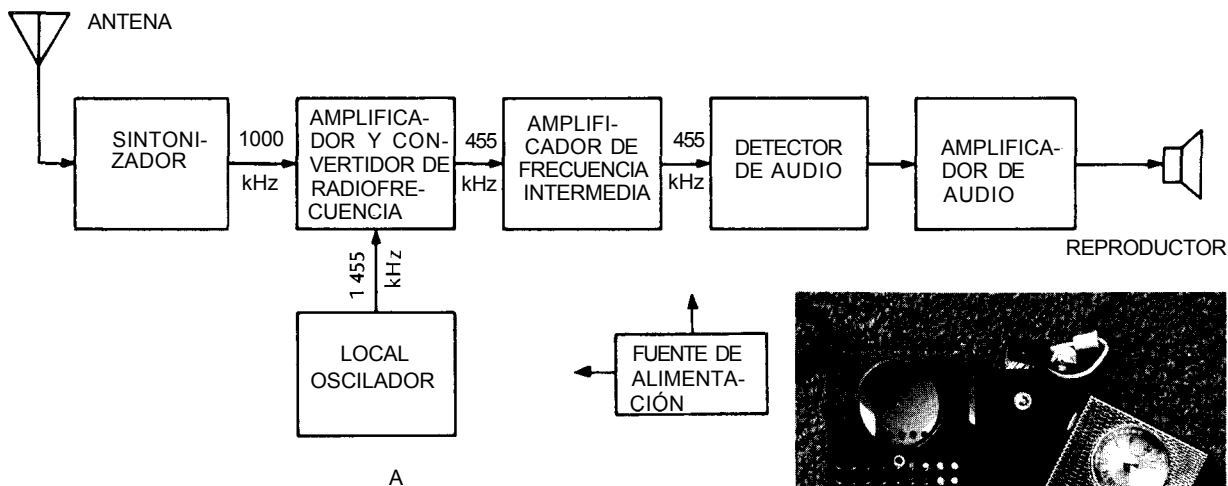


Fig. 40-11. Producción de una frecuencia de batido (frecuencia intermedia).

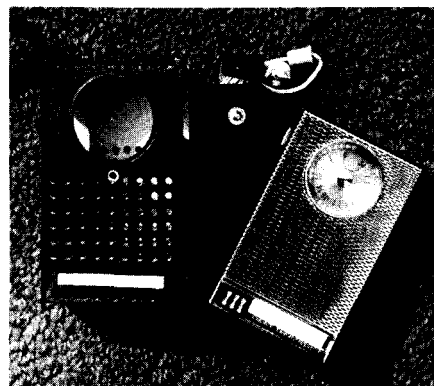
Las características especiales de un circuito de radio superheterodino son una etapa de mezcla o conversión y una etapa osciladora que se denomina *oscilador local*. Las señales de radiofrecuencia generadas por el oscilador local por lo general tienen una frecuencia mayor que la de la onda portadora a la cual el receptor se sintoniza. Las señales del circuito sintonizador del receptor y las del circuito del oscilador local se combinan en la etapa mezcladora. El resultado es una señal con una frecuencia igual que la diferencia entre las frecuencias de las dos señales que intervienen. Ésta se denomina frecuencia de batido y su producción se le conoce como heterodinaje.

En la figura 40-11 se muestra cómo se produce una frecuencia de batido en un receptor de radio superheterodino. La señal portadora a la que se sintoniza el receptor tiene una frecuencia de 640 kHz; la señal generada por el oscilador local tiene una frecuencia de 1 095 kHz. Estas dos señales se combinan en la etapa mezcladora. La salida de esta etapa es la diferencia o señal de frecuencia de batido de 455 kHz. Esta señal se denomina *frecuencia intermedia* (FI). En Estados Unidos, la mayor parte de los receptores de radio superheterodinos de AM operan con una frecuencia intermedia de 455 kHz.

A fin de mantener una frecuencia intermedia constante de 455 kHz, el circuito oscilador debe ajustarse cada vez que se sintoniza una estación diferente. Esto por lo general se efectúa por medio de un capacitor variable controlado por el botón de sintonía principal. Como resultado, la frecuencia de sa-



lida del oscilador está siempre 455 kHz por encima de la frecuencia de la estación seleccionada.



## ETAPAS EN UN RECEPTOR SUPERHETERODINO DE AM

En el diagrama de bloques (Fig. 40-12) se muestran las etapas electrónicas en un receptor superheterodino de MA transistorizado moderno. Los receptores de tubos electrónicos tienen también etapas parecidas.

**Antena.** La antena de un receptor de radio puede compararse con el devanado secundario de un transformador. Los campos electromagnéticos de las ondas de radio emitidas desde la antena de un transmisor atraviesan la antena del receptor. Al hacerlo inducen voltajes en el circuito de la antena. Dichos voltajes representan la información del habla o música con la cual la onda portadora ha sido modulada. Los voltajes se aplican después al circuito sintonizador del receptor de radio. Debido a que "portan" información, se denominan señales de radiofrecuencia (RF) o señales de radio.

**Circuito sintonizador.** En la figura 40-13 se muestra el circuito sintonizador de un receptor de radio superheterodino. El circuito consta de un capacitor variable C1 y una bobina de antena L1. El capacitor variable se emplea para sintonizar o seleccionar el circuito a diferentes frecuencias.

Cuando el circuito sintonizador se ajusta a la frecuencia de una estación, se dice que el circuito está en resonancia con la frecuencia de dicha estación. En tales condiciones, la reactancia inductiva de la bobina L1 es igual que la reactancia capacitiva del capacitor C1. El circuito presenta ahora la menor

Fig. 40-12. (A) Diagrama de bloques de un receptor de radio superheterodino; (B) radio portátil.

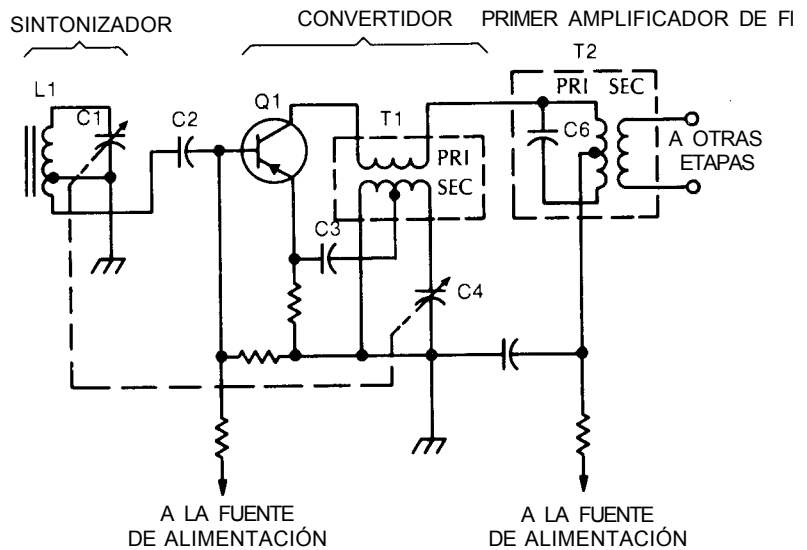


Fig. 40-13. Circuitos del sintonizador y convertidor (oscilador-mezclador).

impedancia a las señales de la frecuencia de la portadora de la estación. Sin embargo, presenta una alta impedancia a las señales de portadoras de otras frecuencias. Por tanto, todas las demás señales de portadora son descartadas por el circuito.

Se sintoniza la mayor parte de los receptores de radio domésticos ajustando un capacitor variable. Sin embargo, con otros receptores, como los de automóvil, se sintoniza al variar la inductancia de la bobina del circuito de sintonización. Esto se realiza introduciendo un núcleo de ferrita dentro o hacia afuera de un tubo alrededor del cual se devana la bobina de sintonización. En los circuitos sintonizadores de este tipo, se emplea un capacitor fijo.

**Convertidor (oscilador-mezclador).** En el circuito convertidor o conversor se realiza el proceso de heterodinaje sobre las señales de RF entrantes o para conseguir la frecuencia intermedia de 455 kHz (Fig. 40-13). El transformador T1, los capacitores C3 y C4 y el transistor Q1, constituyen el oscilador local. El capacitor C4 se acopla en tándem o una mecánicamente al capacitor C1; C4 actúa con el devanado secundario de T1 para establecer la frecuencia de oscilación para Q1. Obsérvese que las frecuencias de radio de entrada se acoplan también con Q1 mediante el capacitor C2. Q1 mezcla las dos frecuencias —una señal de radio de 1 000 kHz y una señal del oscilador local de 1 455 kHz— para producir la frecuencia intermedia de 455 kHz.

Por lo general existen en una zona varias estaciones radio-difusoras; por ejemplo, tres estaciones, cada una transmitiendo respectivamente con su propia frecuencia (630 kHz, 980 kHz y 1 500 kHz), podrían sintonizarse en el receptor. Sin embargo, sin importar cuál sea la frecuencia de radio sintonizada, la frecuencia intermedia siempre será de 455 kHz.

**Amplificador de frecuencia intermedia (FI).** El amplificador de FI sólo amplifica una frecuencia, 455 kHz. Por consiguiente, su diseño puede hacerse altamente selectivo y de alto rendimiento. Las señales de FI se acoplan a sus etapas sintonizando los transformadores como el primer transformador T2 de FI en la figura 40-13. Existen por lo general dos etapas de amplificación de FI antes que las señales de audio sean detectadas por un diodo. La detección implica recuperar las señales moduladas de audiofrecuencia de la portadora.

**Detector de audio y circuito CAV.** El detector CR1, un diodo semiconductor, elimina los semiciclos negativos de las señales de FI provenientes del transformador T3 (Fig. 40-14). La salida de audio aparece en el resistor de control de volumen R13, el cual se acopla por medio del capacitor C17 a la etapa excitadora de audio Q4. Las señales de audio amplificadas se alimentan a continuación en el amplificador en contrafase y posteriormente en el altavoz.

El control automático de volumen (CAV) proporciona una ganancia elevada para las señales débiles en las etapas de FI de entrada; reduce también la intensidad de las señales fuertes. Por ejemplo, cuando se detecta una señal de audio intensa, el voltaje en C13 se hace más positivo. El semiciclo positivo de la señal del CAV se alimenta en las etapas de FI de entrada y reduce su ganancia. Lo contrario sucede cuando se reciben señales débiles.

## AJUSTE

El ajuste o alineación de los capacitores variables de corrección o compensación de sintonía y de los núcleos variables de transformadores y bobinas en el circuito receptor se realiza para que los mismos trabajen en forma eficaz. Para ello se

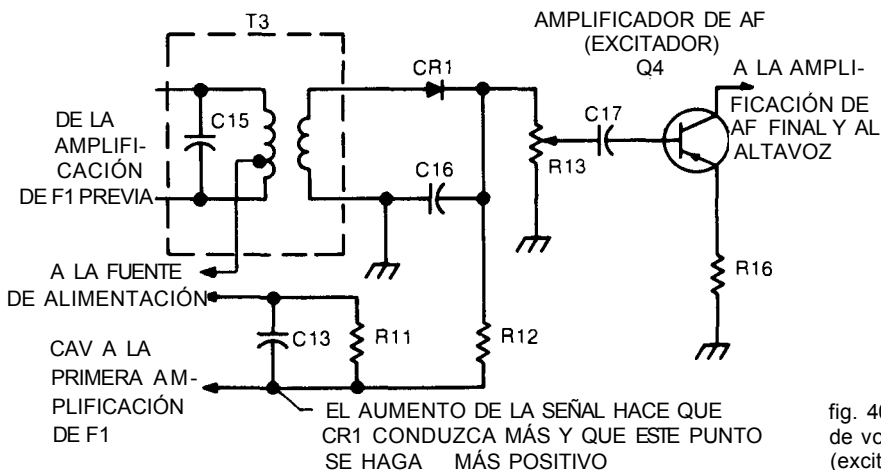
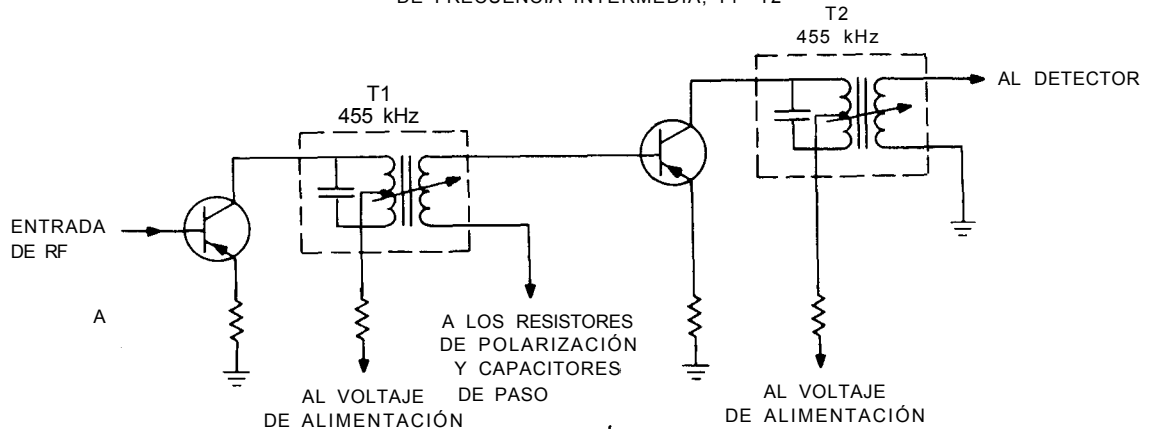


fig. 40-14. Detector, control automático de volumen (CAV) y amplificador de AF (excitador).

TRANSFORMADORES  
DE FRECUENCIA INTERMEDIA, T1—T2



utiliza por lo general una *herramienta de ajuste de plástico* (Fig. 40-15). El ajuste correcto de un receptor de radio proporciona la mejor selectividad y sensibilidad. El procedimiento para ajustar diferentes receptores de radio se obtiene usualmente en los libros de reparaciones y en los manuales.

RECEPTOR DE MF

Las etapas del circuito electrónico de un receptor superheterodino de MF se muestran en el diagrama de bloques de la figura 40-16. Estos circuitos incluyen la antena, amplificador de RF, mezclador, oscilador local, fuente de alimentación, amplificador de FI, detector de MF, amplificadores de audio y altavoz. Con excepción del detector de MF, tales circuitos electrónicos ya se han estudiado. La banda de radiodifusión de MF común en Estados Unidos está comprendida entre 88 y 108 MHz. La frecuencia intermedia utilizada es de 10.7 MHz.

Fig. 40-15. (A) Etapa amplificadora de frecuencia intermedia; (B) ajuste del transformador de frecuencia intermedia regulando los núcleos de hierro móviles en las bobinas.

**Detector de MF.** La figura 40-17 es un esquema de un detector de MF llamado *detector de relación*. La entrada en este

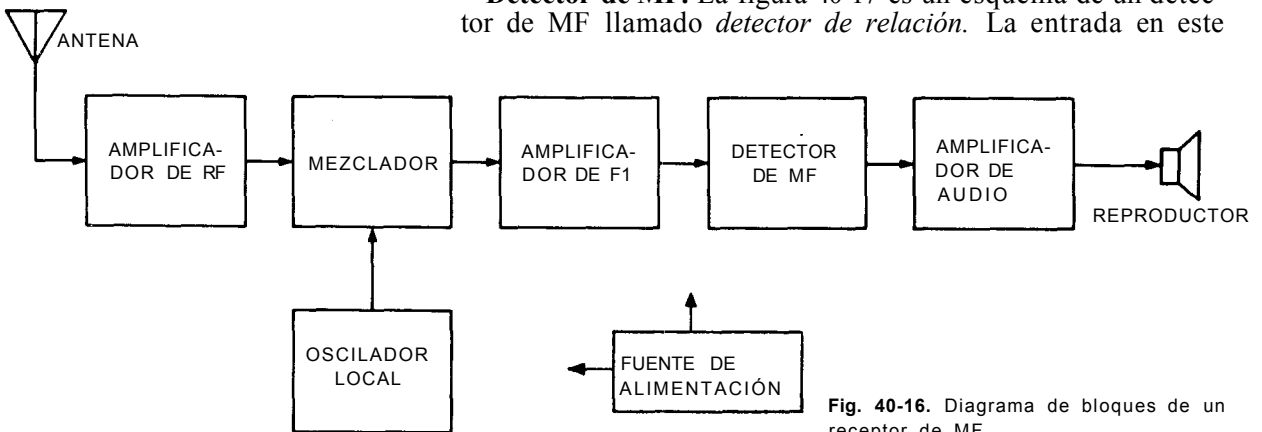


Fig. 40-16. Diagrama de bloques de un receptor de MF.

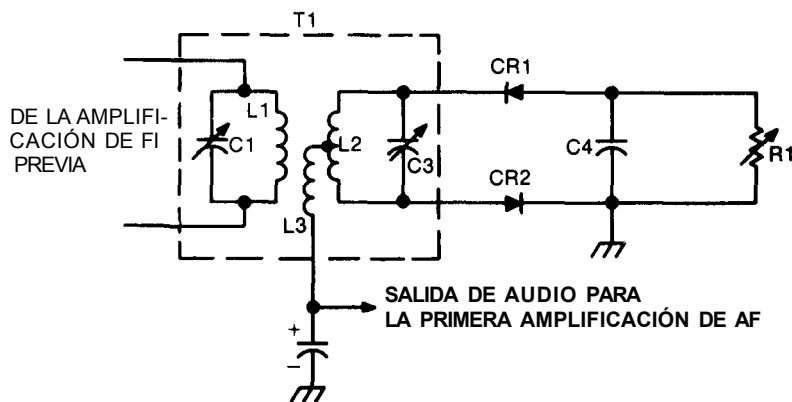


Fig. 40-17. Detector de relación de MF.

circuito proviene de las etapas de amplificación de FI previas. El detector de relación recupera las señales de audio que están moduladas en frecuencia en la señal portadora. En la modulación de frecuencia, las señales de audio provocan la variación de la frecuencia de la señal portadora de MF por arriba y debajo de la frecuencia central asignada.

En MF la amplitud de la señal de audio es proporcional al valor del corrimiento de frecuencia por arriba y debajo de la frecuencia de la portadora. Por tanto, el detector de relación debe ser capaz de producir un voltaje de salida que sea proporcional a la frecuencia de la onda portadora en cualquier instante de tiempo.

**Ventajas de la MF sobre la MA.** Los sistemas de encendido de los automóviles, las luces y, cerrar y abrir las conexiones de un circuito por acción de los interruptores, generan ondas electromagnéticas. Dichas ondas interfieren con las ondas portadoras de comunicaciones de modulación de amplitud, lo cual provoca que éstas se interrumpan o distorsionen. Por tal motivo, los receptores de radio de MA producen con frecuencia un ruido llamado comúnmente estática. Las ondas electromagnéticas indeseables no provocan cambios en la frecuencia de una onda portadora de modulación de frecuencia. Por esta razón, el receptor de radio de MF es capaz de reproducir información oral o musical sin distorsiones por ruido estático.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Un sistema de radio se compone básicamente de un \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
2. En un transmisor, el dispositivo que ocasiona que una corriente de electrones vibre hacia adelante y hacia atrás a altas frecuencias se denomina \_\_\_\_\_ de alta frecuencia.
3. La longitud de onda de una onda de radio depende de su frecuencia. Cuanto más alta

- sea la frecuencia, tanto \_\_\_\_\_ la longitud de onda.
4. Una onda de radio puede tener aproximadamente una frecuencia de por lo menos \_\_\_\_\_ Hz para poder emplearse en las comunicaciones.
  5. Las ondas de radio se propagan a la velocidad de \_\_\_\_\_
  6. Las ondas \_\_\_\_\_ se propagan próximas a la superficie de la Tierra. Las ondas \_\_\_\_\_ se propagan por el cielo o el espacio.
  7. La onda de radio de cierta frecuencia asignada a una estación de radio se denomina onda \_\_\_\_\_
  8. El proceso de moldear la corriente electrónica para el habla o la música se llama \_\_\_\_\_
  9. Durante la modulación en un sistema de MA, la \_\_\_\_\_ de la onda portadora aumenta y disminuye de acuerdo con la entrada de audio.
  10. En un sistema de MF, se varía la \_\_\_\_\_ de acuerdo con la entrada de audio.
  11. Las estaciones radiodifusoras comerciales de MA operan dentro de una banda de frecuencia entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ kHz.
  12. Cuando un receptor de radio es capaz de seleccionar una señal de radio y descartar todas las demás, se dice que está \_\_\_\_\_
  13. Se dice que un receptor de radio es \_\_\_\_\_ cuando puede recibir especialmente señales de radio débiles.
  14. El oscilador local de un circuito de radio superheterodino se sintoniza a una frecuencia \_\_\_\_\_ que la frecuencia de portadora a la cual se sintoniza el receptor.
  15. La frecuencia intermedia común que se emplea en un circuito de radio superheterodino es \_\_\_\_\_ kHz.
  16. El control automático de volumen (CAV) proporciona una ganancia \_\_\_\_\_ para las señales débiles.
  17. El \_\_\_\_\_ de los capacitores variables de corrección o compensación de sintonía y de los núcleos variables de los transformadores en el circuito de un receptor de radio

se realiza para que los mismos trabajen en forma más eficaz.

18. La frecuencia intermedia en los receptores superheterodinos de MF es de \_\_\_\_\_ MHz.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuáles son los componentes de un oscilador de alta frecuencia?
2. Compare la frecuencia de las ondas sonoras y la de las ondas de radio.
3. ¿Qué efecto tiene la capa Kennelly-Heaviside sobre las ondas de radio?
4. Describa los procesos de modulación de MA y MF.
5. Mencione cinco bandas de radioaficionados comunes. Identifique sus frecuencias y longitudes de onda.
6. Describa cómo trabaja una etapa mezcladora o convertidora en un circuito de receptor de radio superheterodino.
7. ¿Cuáles son las principales ventajas de las etapas amplificadoras de FI?
8. Compare las frecuencias asignadas para las bandas de radiodifusión comunes de MA y MF. Mencione tres frecuencias de radiodifusión tanto de MA como de MF en su localidad.

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Obtenga un diagrama esquemático de un radio de MA completo. Identifique los componentes y circuitos principales. Describa la función de cada sección principal, como el detector, sintonizador, etc.
2. Obtenga un par de transceptores que no requieran licencia para operar. Lea y siga las instrucciones de operación. Determine la región o banda de operación más grande que pueda emplear para comunicarse. ¿Qué efecto producen en la región o banda de operación los edificios, cerros y vehículos?

# Unidad 41 Fundamentos de televisión

Dos partes de equipo fotográfico pueden emplearse para demostrar cómo funciona una cámara de televisión. Uno es una cámara con un visor en la parte posterior y el otro un fotómetro. El visor de la cámara permite ver la imagen enfocada a través de la lente. Dicha imagen está invertida (Fig. 41-1). Los rayos luminosos viajan en línea recta. Si se dibujara una línea recta desde la base de un objeto que atravesase la lente, llegará al visor cerca de la parte superior. De este modo, la base de un objeto se proyecta a través de una lente en la parte superior de la superficie de visión.

El fotómetro mide la intensidad de la luz que incide sobre él. El fotómetro ayuda a obtener la abertura del objetivo de la cámara. En un día nublado, el fotómetro registra una baja intensidad luminosa; en uno brillante, una alta intensidad luminosa.

Cuando la luz incide sobre ciertas sustancias, se produce una corriente eléctrica. Este efecto fotoeléctrico fue descubierto en 1873. Tal descubrimiento condujo a otros experimentos y, con el tiempo, a la primera patente de un sistema de televisión. Ésta fue solicitada en 1928 por el físico estadounidense V. K. Zworykin. En el efecto fotoeléctrico, los electrones son emitidos o desprendidos cuando la luz u otras radiaciones electromagnéticas inciden sobre una superficie fotosensible. El óxido de cesio y el selenio son dos materiales fotosensibles comunes. En un fotómetro, los electrones emitidos se conducen mediante alambres desde el material hasta un medidor muy sensible. Éste mide la intensidad luminosa.

## TUBO SUPERORTICÓN

El corazón de la cámara de televisión es el tubo captor de escena. El tubo superorticón y el tubo vidicón son dos tipos que se usan comúnmente en la actualidad. Los elementos básicos del tubo superorticón se muestran en la figura 41-2 y se tratan a continuación.

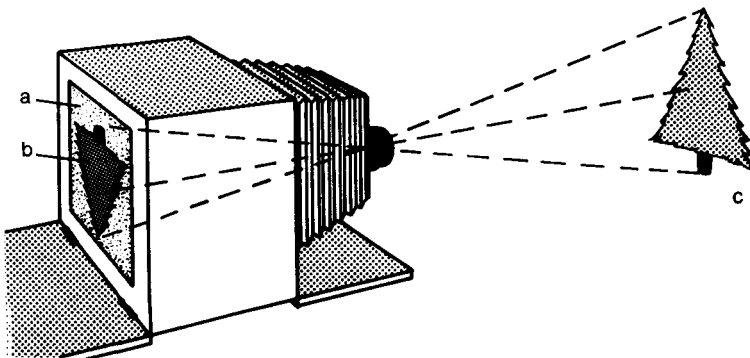


Fig. 41-1. Imagen sobre el visor de una cámara: (a) visor; (b) imagen; (c) objeto fotografiado.



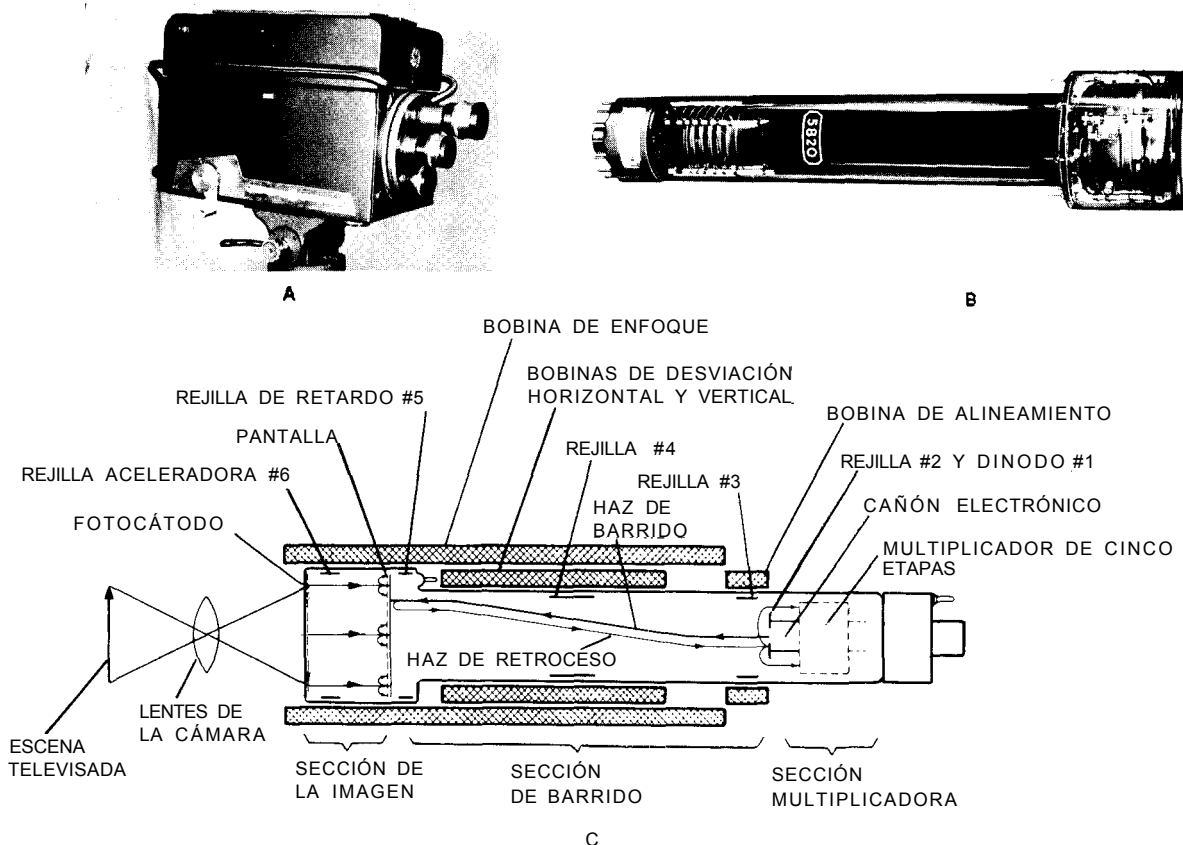
**Sección de la imagen.** La imagen de un objeto que se televisa se enfoca por medio de lentes sobre un material sensible a la luz dentro del tubo. Como en una cámara, esta imagen se encuentra invertida. La imagen ocasiona que se generen electrones en el material sensible a la luz. El número de los mismos depende de la intensidad de la luz que incide sobre el material. Por ejemplo, el vestido blanco de una artista ocasiona que se generen más electrones que un vestido oscuro.

Los electrones que se generan los atrae un blanco o placa de vidrio delgada. Dicha placa se fabrica de manera que la imagen electrónica se transfiera al lado opuesto, el cual recibe al haz de barrido (Fig. 41-2C).

**Haz de barrido.** El haz de barrido o de electrones transfiere la información de la imagen a la sección multiplicadora del tubo. El haz de barrido se desaceiera o retarda justo antes de incidir sobre el blanco. Esto permite la transferencia desde el blanco de los detalles de la imagen. Este haz de barrido se enfoca del mismo modo que un haz de luz en una corriente estrecha.

Las áreas del blanco donde se han emitido más electrones son menos negativas. Estas áreas repelen menos a las de ba-

Fig. 41-2. (A) Cámara de televisión con tres lentes; (B) tubo superortocón (cortesía de Radio Corporation of America); (C) arreglo esquemático de un tubo superortocón (cortesía de Radio Corporation of America).



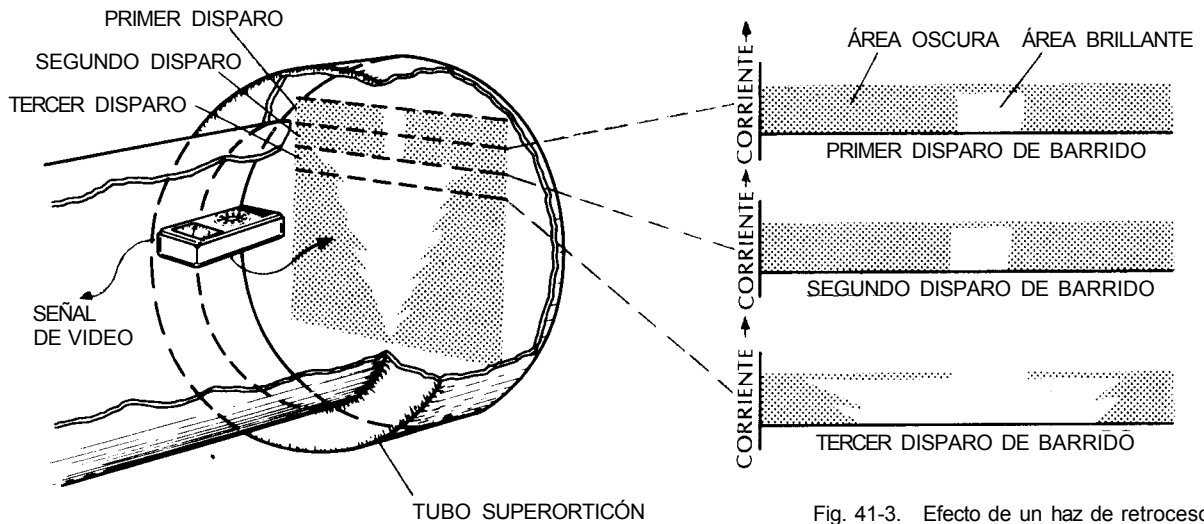


Fig. 41-3. Efecto de un haz de retroceso usando un medidor fotográfico.

rrido. Aquéllas en que un número mayor de electrones se ha conservado son más negativas. Tales áreas repelen más al haz de barrido. El resultado es un haz de retroceso de electrones que varía en intensidad dependiendo de los detalles de la imagen.

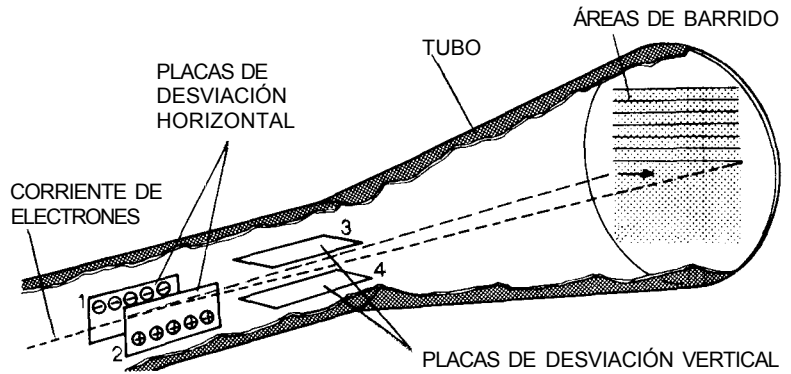
Haz de retroceso. Las variaciones en el haz de retroceso provocadas por las áreas brillantes y oscuras del objeto que se observa constituyen la señal de video o imagen.

El haz de retroceso funciona como un fotómetro fotográfico moviéndose por la imagen sensible. Un medidor presenta mayor sensibilidad en las áreas brillantes que en las oscuras. El movimiento de la aguja indicadora en el medidor registrará los detalles, como lo hace el haz de retroceso (Fig. 41-3).

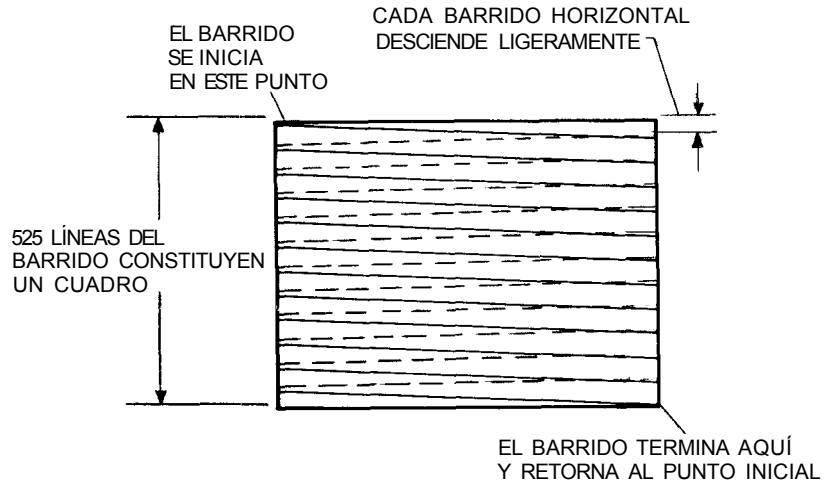
**Sección de barrido.** Para reproducir una imagen, el haz de barrido debe explorarla o barrerla completamente. La sección de barrido hace que el haz de barrido explore toda la imagen.

El haz de barrido puede desviarse a la izquierda o derecha colocando cierta cantidad de carga eléctrica en placas horizontales como las placas 1 y 2 de la figura 41-4. El haz puede subirse o bajarse variando las cargas en las placas verticales 3 y 4. En la figura 41-4 la placa 2 tiene la carga más positiva. Esto ocasiona que el haz de barrido se desvíe a la derecha, ya que es atraído por la placa cargada positivamente. Toda la pantalla puede barrerse fijando diferentes valores de carga en las placas horizontales o verticales. Un haz de barrido puede controlarse también por medio de bobinas deflectoras horizontales y verticales en lugar de placas (véase la Fig. 41-2).

El haz de barrido barre simultáneamente en forma horizontal y vertical (Fig. 41-5). Por tanto, cada línea horizontal de barrido



**Fig. 41-4.** Las cargas en las placas provocan que el haz de electrones barra una área específica.



**Fig. 41-5.** Proceso de barrido.

se inclina un poco hacia abajo. Cada vez que se completa una línea horizontal, el haz de electrones regresa rápidamente al punto inicial de la siguiente línea horizontal. Este punto está siempre un poco abajo de la línea anterior.

En televisión, una serie de 30 cuadros se proyecta sobre la pantalla cada segundo. Cada cuadro se compone de 525 líneas. De esta manera, la velocidad de barrido es de 15 750 (30 x 525) líneas o hertz. Una película cinematográfica presenta 24 cuadros por segundo para crear el efecto de movimiento continuo. Los 30 cuadros por segundo de la televisión tienen el mismo efecto. En la figura 41-6 se muestra el efecto de una conexión mecánica entre los sistemas de barrido de la cámara y el receptor de televisión. En realidad, tienen que estar sincronizados electrónicamente o enlazados en fase.

## TUBO CAPTOR DE ESCENA VIDICIÓN

En la figura 41-7 se muestra un diagrama esquemático simplificado de un tubo captor de escena vidicón; entre uno de los

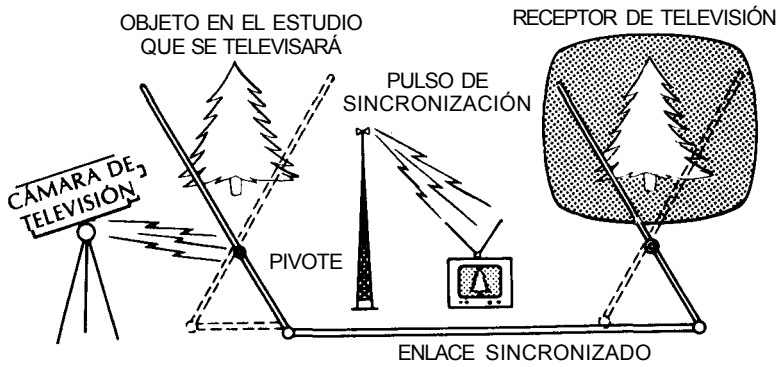


Fig. 41-6. Los sistemas de barrido de la cámara y el receptor de televisión deben sincronizarse o enlazarse en fase.

sistemas que utilizan este tipo de tubo captor de escena se encuentran los satélites meteorológicos, los cuales toman fotografías de la Tierra y de las nubes. El tubo vidicón no cuenta con un haz de retroceso.

Cuando el tubo captor de escena está tomando una fotografía, el material sensible eléctricamente es expuesto a la imagen. Ésta se convierte por la emisión de electrones en un patrón de cargas eléctricas en la superficie de este material. El patrón se transfiere a una capa de poliestireno, donde se Jee o barre con un haz de electrones que se mueve hacia abajo por toda la superficie. El patrón de la carga eléctrica provoca variaciones en el haz de electrones o corriente. Esta corriente variable forma la señal de video, cuyo voltaje aparece en el resistor de carga.

## TUBOS CAPTORES DE IMAGEN DE COLOR

Para producir una señal de televisión monocromática o en blanco y negro, sólo se requiere un tubo captor de escena o de

Fig. 41-7. Tubo captor de imágenes vidicón.

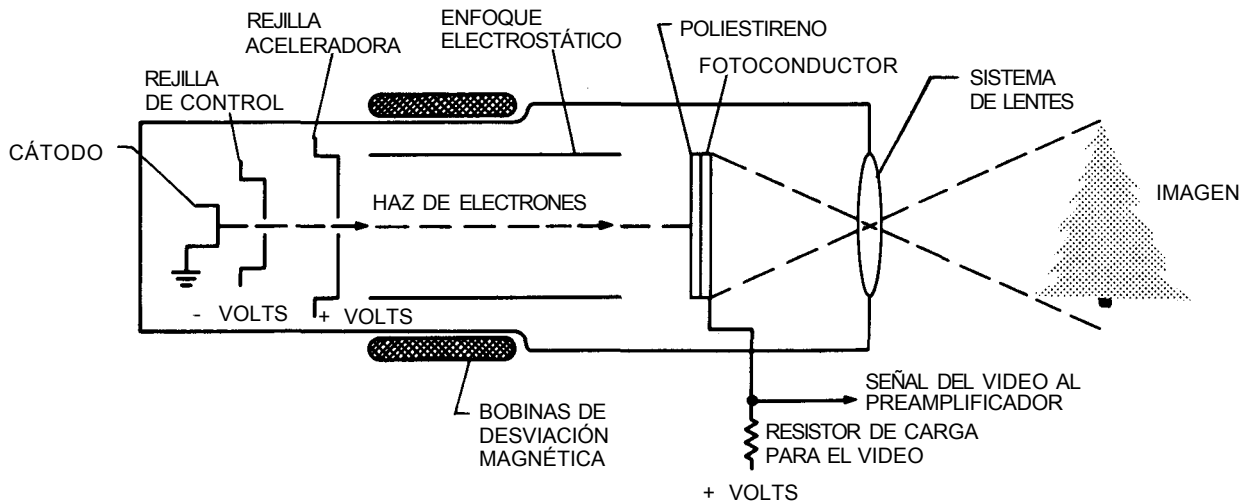
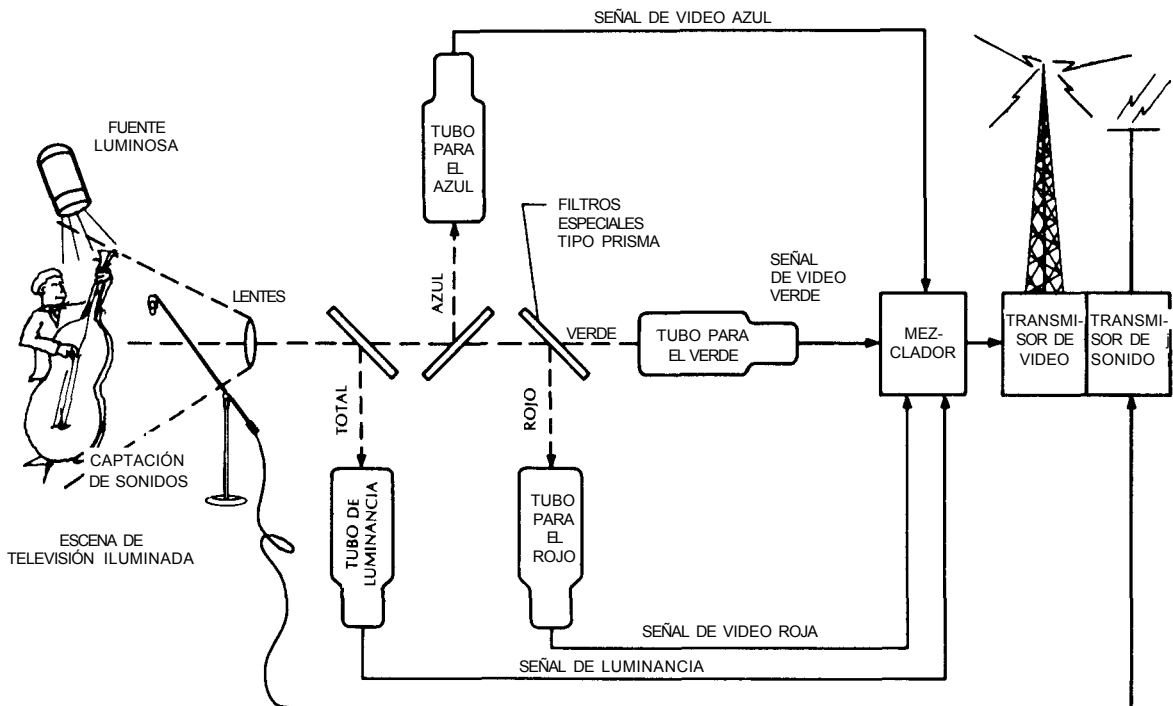


imagen. Sin embargo, para transmitir en color, se utilizan tres o más tubos. Un tipo común de cámara de color cuenta con cuatro tubos; uno de ellos produce la señal de Luminancia. Ésta es exactamente igual que una señal en blanco y negro. Toda la luz reflejada de la imagen se transmite como la señal de luminancia. Para el color, se emplea un sistema óptico adicional. La luz se filtra de manera que el tubo captor para el verde pueda detectar sólo los colores verdes, los rojos sólo con el tubo para el rojo y los azules únicamente con el tubo para el azul. Antes que se realice la transmisión, las cuatro señales de video (luminancia, rojo, verde y azul) se codifican en forma de una matriz o se mezclan entre sí. Los receptores de televisión en blanco y negro aceptan la señal de luminancia. Los de color, separan las señales correspondientes al rojo, verde y azul y las reproducen en sus pantallas (Fig. 41-8).

## TRANSMISIÓN DE SEÑALES DE TELEVISIÓN

La señal de video de televisión se transmite en cierto modo como la señal de audio de radio. Ambas señales son corrientes continuas variables. Cada vez que el haz de electrones barre la imagen en la cámara del estudio, esta señal de video se capta y se transmite. El sonido de un programa de televisión se transmite al mismo tiempo que la imagen, pero con una frecuencia distinta. En un canal de televisión, por tanto, hay

Fig. 41-8. Elementos básicos en la transmisión de televisión en color empleando una cámara de color de cuatro tubos.



**Tabla 41-1. Ejemplos de frecuencias de video y audio que se emplean en las transmisiones de televisión.**

Ancho de banda máximo	Frecuencia MHz	Naturaleza del servicio	Número del canal	maf o uaf
66-72	67.25 71.75	video sonido	} 4	} banda de ultra altas frecuencias (uaf)
180-186	181.25 185.75	video sonido	} 8	
204-210	205.25 209.75	video sonido	} 12	
506-512	507.25 511.75	video sonido	} 20	} banda de muy altas frecuencias (maf)
542-548	543.25 547.75	video sonido	} 26	
818-824	819.25 823.75	video sonido	} 72	

dos frecuencias de portadoras, una para la imagen y otra para el sonido.

Las estaciones radiodifusoras de televisión y de modulación de frecuencia emplean ondas portadoras de alta frecuencia. Las ondas portadoras de televisión se clasifican como ondas de muy alta frecuencia, maf (vhf: very-high-frequency), 30 a 300 MHz, o como ondas de ultraalta frecuencia, uaf (uhf: ultra-high-frequency), 300 a 3 000 MHz. En la tabla 41-1 se listan los anchos de banda y las frecuencias de video y sonido de algunos canales de televisión de Estados Unidos. Existen 12 canales de maf, del número 2 al 13. El canal número 1 no se utiliza actualmente debido a que la FCC ha asignado esa banda de frecuencia a otro tipo de servicio de comunicación. Se cuenta con 70 canales de uaf, del número 14 al 83. Estos canales de uaf se disponen para la expansión del servicio de televisión, especialmente mediante el empleo de la televisión por cable. Esta última, en contraste con la televisión por el aire, puede proporcionar una amplia variedad de canales de televisión así como comunicación en dos direcciones. Esto se realiza utilizando cable coaxial.

Debido a las altas frecuencias que se emplean en televisión, las ondas se comportan como las ondas luminosas. Por tal motivo, las estaciones radiodifusoras de televisión están limitadas en trayectorias en línea recta como las trayectorias luminosas (Fig. 41-9). Para lograr transmisiones a grandes distancias, se emplean a menudo torres retransmisoras. El cable telefónico coaxial se utiliza también para la transmisión a gran distan-

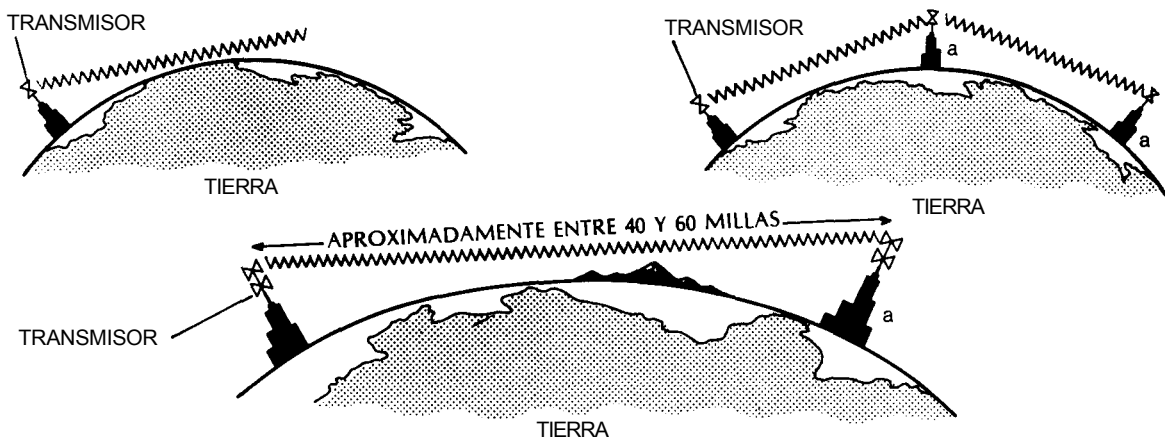


Fig. 41-9. Transmisión de televisión: (a) torres retransmisoras.

cia. En las estaciones locales, los programas se transmiten por el aire a los televidentes locales.

## RECEPTOR DE TELEVISIÓN

El receptor de televisión (Fig. 41-10) y el de la radio son semejantes en muchos aspectos. El principio superheterodino, las frecuencias intermedias, radiofrecuencias, amplificación y circuitos mezcladores y detectores se emplean tanto en la televisión como en la radio. En la figura 41-11 se muestran paquetes modulares de terminales múltiples que se emplean en un receptor típico de televisión de color. La figura 41-12 es un diagrama de bloques de un receptor de televisión de color; el de un receptor de televisión en blanco y negro sería similar. Sin embargo, no incluye los circuitos necesarios para procesar las señales de color.

## ANTENA DE TELEVISIÓN

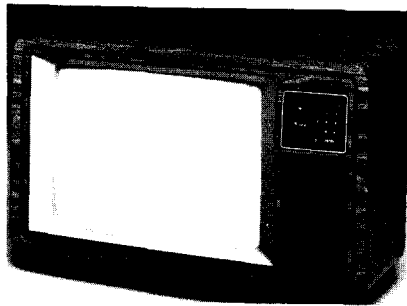


Fig. 41-10. Receptor de televisión de color (General Electric Co.).

Las antenas de televisión captan tanto las señales de sonido como las de imagen. Una de las antenas más sencillas para la recepción televisiva es la antena dipolar o de dos polos (Fig. 41-13). Esta es una antena de media onda abierta en el centro. Cada sección de dicha antena representa un cuarto de la longitud de onda de la señal de entrada. Por ejemplo, la longitud de una rama de un dipolo para el canal 6 es aproximadamente de 32 pulg. Los alambres de conexión que conducen a receptores de televisión se unen en los extremos abiertos en la mitad del dipolo.

En la figura 41-14 se muestra una antena de 5 elementos, la cual se utiliza en áreas de recepción débil muy alejadas del transmisor de televisión.

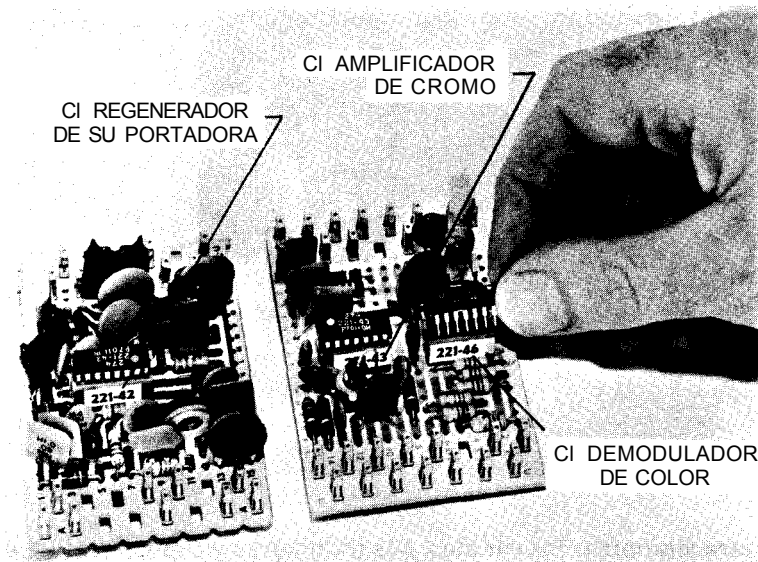


Fig. 41-11. Ejemplo de un sistema de procesamiento de color de circuitos integrados (CI) y los componentes asociados (Zenith Radio Corporation).

## SINTONIZADOR

El sintonizador de un receptor de televisión permite seleccionar el canal que se desea. Un sistema selector rotatorio se emplea con frecuencia para este propósito. El selector rotatorio cambia los inductores o capacitores según sea necesario

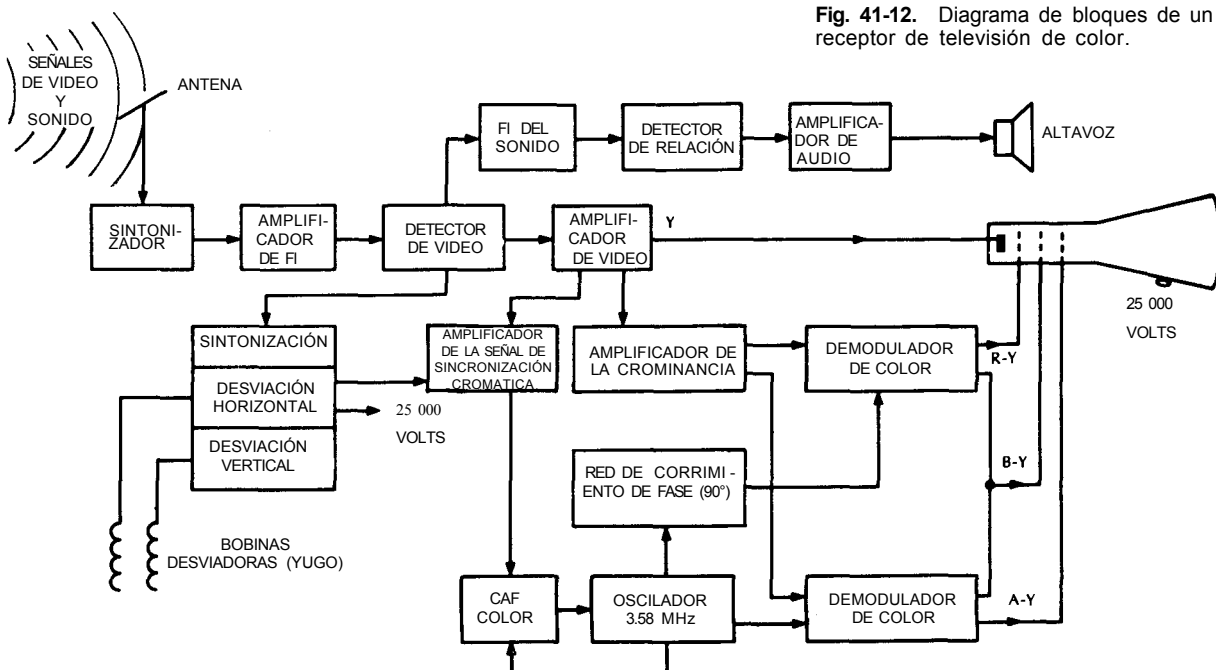


Fig. 41-12. Diagrama de bloques de un receptor de televisión de color.



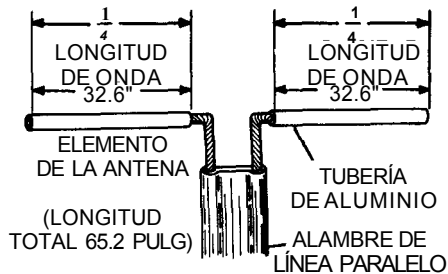
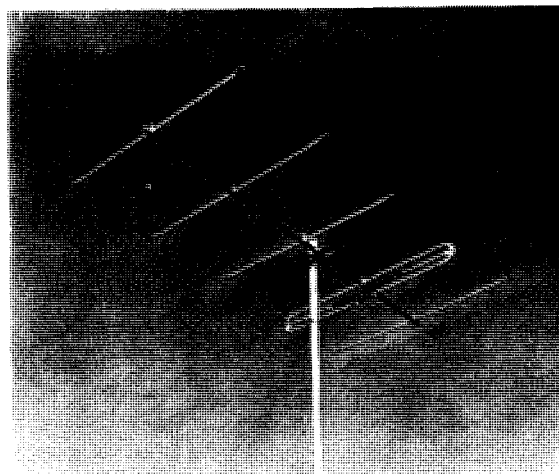


Fig. 41-13. Antena dipolar para el canal 6.

Fig. 41-14. Antena de televisión de cinco elementos.

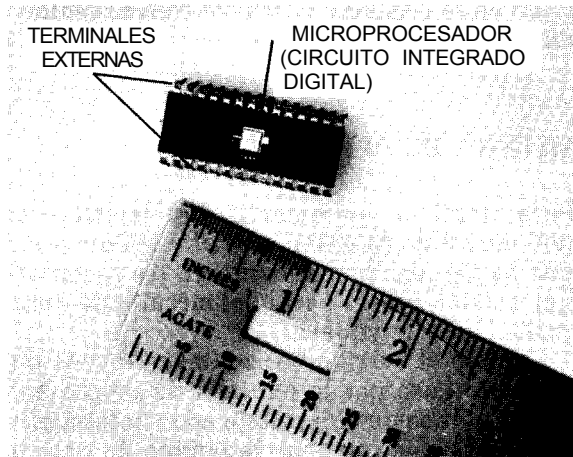


para sintonizar los canales. Los inductores y capacitores en el circuito sintonizador de un receptor de televisión realizan la misma función que en un receptor de radio.

**Sintonizador preprogramado.** En la actualidad, algunos receptores de televisión cuentan con un nuevo sistema sintonizador computarizado. Dicho sistema tiene los canales de maf y uaf y los canales por cable preprogramados y almacenados en la memoria del *microprocesador*. Éste es un circuito integrado digital, el cual se considera como la unidad de procesamiento *central* (CPU: *central processing unit*) en una microcomputadora. Tal microcomputadora almacena la información de la frecuencia del canal y la recuerda a solicitud (Fig. 41-15). La estación se sintoniza al instante cuando el televidente marca en los botones de "entrada" el número del canal. Un teclado de 10 dígitos se encuentra también en el aparato de televisión o separado de éste. El teclado permite escoger un canal oprimiendo las teclas adecuadas.

## AMPLIFICADORES

Igual que en el receptor de radio superheterodino, el circuito de un receptor de televisión cuenta con amplificadores de radiofrecuencia, amplificadores de FI y etapas mezcladoras. Sin embargo, los amplificadores de FI de televisión deben ser sensibles en un intervalo mayor a 6 MHz. Esta región incluye tanto las ondas portadoras de imagen como las de sonido. El receptor de televisión de color de la figura 41-12, además de los amplificadores de audio, cuenta con un amplificador de video. Éste incrementa la potencia de las señales de video. Un receptor de televisión en blanco y negro no contiene los circuitos para los amplificadores de la señal de sincronización cromática y de crominancia.



**Fig. 41-15.** Microprocesador que cuenta con frecuencias de canal de televisión almacenadas en su memoria recuperables en forma instantánea. La regla proporciona una indicación del tamaño del microprocesador (**Zenith Radio Corporation**).

## CIRCUITOS DE SONIDO

El circuito de sonido de MF contiene un amplificador de frecuencia intermedia, un detector de relación y un amplificador de audio. El eficaz amplificador de frecuencia intermedia amplifica las señales de sonido e incrementa la sensibilidad y selectividad del receptor respecto de ella. El detector de relación separa la componente de audio en el sistema de modulación de frecuencia. El amplificador de audio incrementa la señal de audio lo suficiente para operar un altavoz.

## CIRCUITOS DE SINCRONIZACIÓN Y BARRIDO

Los circuitos de sincronización y barrido o de desviación reciben los impulsos de sincronización de la señal de la imagen televisada y el haz de barrido del cinescopio en sincronismo con el haz del tubo captor de escena. Como en el caso de este último, el cinescopio cuenta también con placas de desviación para los barridos verticales y horizontales o bobinas. Estas placas para formar la imagen barren horizontal y verticalmente la pantalla recubierta con un compuesto químico.

El circuito de barrido horizontal regresa al haz del cinescopio a su punto inicial. En este barrido de retroceso, denominado señal de retroceso horizontal, el haz electrónico se suprime. Es decir, la señal de retroceso no puede ser vista por el televidente.

Varios controles se emplean para ajustar la operación de los circuitos de sincronización y barrido. Los controles de estabilidad horizontal y vertical ajustan a los circuitos oscilado-

res para que correspondan a los impulsos de sincronización. Los controles de altura y ancho ajustan la extensión del barrido en la pantalla. Otros controles regulan el efecto del barrido horizontal o vertical para prevenir la distorsión.

## SISTEMA DE ALTO VOLTAJE

Para iluminar una pantalla de televisión se necesita un voltaje muy alto. El sistema de *alto voltaje* por retroceso es uno que se emplea comúnmente en los receptores de televisión. Tal sistema utiliza parte del circuito de deflexión para desarrollar un alto voltaje.

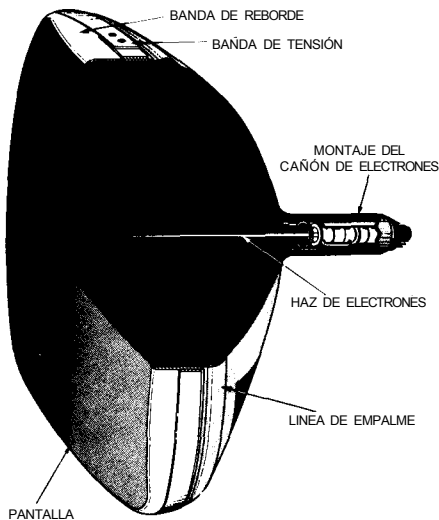
Cuando el barrido horizontal retrocede o retorna para iniciar otro paso por la pantalla de televisión, su campo magnético induce un alto voltaje en la bobina. Esto es semejante a la forma como funciona la bobina de encendido de un automóvil.

El sistema de retroceso prescinde de voluminosos transformadores y grandes capacitores. Esto se debe a que la frecuencia es alta (15 750 Hz) y sólo se necesita una pequeña corriente para operar el cinescopio. Otros elementos eléctricos en el sistema de alto voltaje rectifican el circuito de barrido alterno y filtran cualquier variación en el circuito. Un receptor típico de televisión de color requiere 27 500 volts en el cinescopio.

## CIRCUITOS DEL COLOR

Los principales circuitos del color se muestran en la sección inferior derecha de la figura 41-12. Una característica interesante es la sección de control automático de frecuencia (CAF). Ésta proporciona las señales precisas necesarias para demodular la compleja señal de color. Debido a que se experimentaría una interferencia, la portadora del color (alrededor de 3.58 MHz) no puede transmitirse con las otras señales necesarias para la operación del televisor. Sin embargo, la portadora del color se requiere para la demodulación de la señal de color.

Este problema se resuelve transmitiendo pequeños impulsos (ráfaga) de sincronización de la portadora durante el retorno o retroceso horizontal. Mientras sucede el retroceso, la interferencia no se mostrará en la pantalla. Estos impulsos o ráfaga de sincronización cromática se amplifican y comparan con una señal portadora de color generada internamente. La etapa de comparación se denomina *CAF del color*; en ella se corrige el oscilador interno de 3.58 MHz según sea necesario. De este modo, las señales de color pueden demodularse en forma adecuada. Se conservan las relaciones de fase o tinte iniciales de la escena captada en el estudio. El televidente



**Fig. 41-16.** Elementos principales de un cinescopio en blanco y negro (Radio Corporation of America).

puede realizar ligeros cambios en estas relaciones de fase regulando el control de tono o tinte.

Después de la demodulación, las señales R-Y (rojo menos luminancia) y A-Y (azul menos luminancia) son matizadas o mezcladas para producir una señal V-Y (verde menos luminancia). Las tres señales se aplican posteriormente en el cinescopio. Ahí una señal Y positiva del amplificador de video cancela todas las componentes -Y. De esta manera se produce una imagen completa de color en la pantalla.

## **CINESCOPIO**

Reproduce la imagen de la pantalla del tubo captor de escena en la estación radiodifusora de televisión. Muchos elementos del cinescopio son similares a los del tubo captor. El cinescopio produce un haz de electrones que barren el frente del mismo. El sistema de barrido utiliza placas deflectoras o bobinas magnéticas para desviar el haz. En la figura 41-16 se muestra una vista simplificada de la sección transversal de un cinescopio en blanco y negro.

## **HAZ DE ELECTRONES**

El haz de electrones es en realidad una corriente modulada de electrones de acuerdo con las señales de video que se presentan en la rejilla de control. La intensidad luminosa de la pantalla de televisión depende de cuántos electrones inciden sobre ella y de la velocidad con que lo hacen. Cuanto más elevado sea el número de electrones y mayor la velocidad de los mismos, tanto mayor será la intensidad luminosa. Por tanto, la brillantez y contraste de la imagen dependen de: 1) el número de electrones, 2) su velocidad y 3) el tipo de pantalla utilizada.

## **PANTALLA DEL CINESCOPIO**

La superficie interior del frente del cinescopio está recubierta de una sustancia luminiscente o fluorescente la cual brilla si un haz de electrones u otra energía de radiación incide sobre ella. A este tipo de iluminación se le denomina algunas veces luz fría.

Realmente, esta cubierta continúa brillando después que ha pasado el haz de electrones. Un material que tiene esta propiedad se dice que es fluorescente. El brillo permanece sólo un poco tiempo, pero ello evita que la imagen parezca centellear.

En un receptor de televisión en blanco y negro, el haz electrónico produce puntos brillantes, grises y oscuros

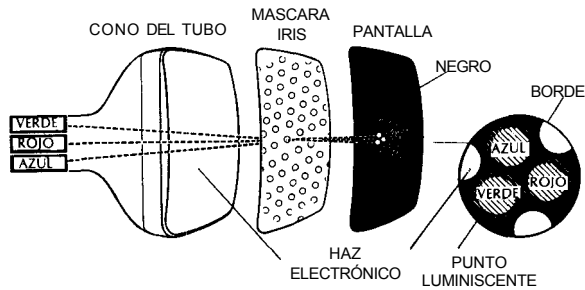


Fig. 41-17. Cinescopio de color (Zenith Radio Corporation).

cuando incide sobre una pantalla. Si la modulación permite que muchos electrones lleguen a la pantalla, aparecerá luz brillante; si sólo se permite que le alcance un número moderado, se generará menos luz (grises); en el caso de que no se permita que los electrones incidan sobre la pantalla, no aparecerá luz (negro). Estas sombras diferentes conforman la imagen que se ve. Una pantalla de televisión iluminada que no está recibiendo una imagen se denomina *trama* o cuadrículado de exploración.

## CINESCOPIO PARA COLOR

En un cinescopio de televisión a colores (Fig. 41-17), las señales de video (verde, rojo y azul) se orientan para que se exciten 1 350 000 diminutos puntos luminiscentes. Éstos, al ser bombardeados por un haz de electrones, emiten los colores verde, rojo y azul.

Cuando se fabrica el tubo, se emplean 450 000 aberturas en una máscara de iris para aplicar la sustancia luminiscente y un área de contraste de color negro azabache sobre la pantalla. Las aberturas posteriormente son agrandadas y como resultado, los haces de electrones son más grandes que los puntos de la sustancia luminiscente. Por consiguiente, dichos puntos se iluminan completamente. El borde negro reduce las reflexiones luminosas y permite que se use una placa frontal más clara para incrementar la transmisión de la luz.

## SINTONIZACIÓN DEL COLOR

Para recibir la emisión en colores en forma adecuada, el aparato de televisión debe ajustarse primero para la recepción en blanco y negro. Después los controles del color, ganancia de color y tinte, deben ajustarse en la forma siguiente:

**Ganancia de color.** El control de ganancia de color o intensidad debe girarse en dirección del movimiento de las agujas del reloj para aumentar la intensidad cromática. Este control se mueve al mínimo para una ilusión en blanco y negro. Si la

ganancia es muy pequeña, los colores aparecen débiles y sin brillo; si, por el contrario la ganancia es demasiado grande, los colores aparecen poco definidos y mal enfocados.

**Tono del color.** Este control regula el tono o tinte del color. Ajuste el control hasta que se vean naturales los tonos de la cara. Si el control de tonos se gira en exceso en la dirección contraria al movimiento de las agujas del reloj, los tonos de la cara aparecen morados; si el control se gira demasiado en dirección al movimiento de las agujas del reloj, los tonos de la cara aparecen verdes.

Una vez que se fijan debidamente la ganancia de color y el tono, por lo general no tienen que ajustarse de nuevo. Sin embargo, el cambio de canales puede requerir un ligero reajuste. Cuando todos los controles permanecen en su graduación previa, el receptor de televisión reproduce en forma automática el blanco y el negro o el color, según la emisión.

## **INTERFERENCIA EN LA IMAGEN DE TELEVISIÓN**

Muchos tipos de aparatos eléctricos pueden interferir con la imagen de televisión. Los sistemas del encendido de los automóviles, señales de destellos, motores eléctricos, equipo de diatermia y otros receptores y transmisores de radio y televisión pueden causar interferencia. La mayor parte de los aparatos de televisión actuales reducen esta interferencia al mínimo.

**Por sistemas de encendido de automóvil y similares.** La interferencia del sistema de encendido de los automóviles, los aviones, aparatos eléctricos, etc., causan la aparición de puntos brillantes y rayas en la imagen. Esta situación es más notable en áreas donde la señal es débil.

**Por equipo de diatermia.** Este tipo de equipo médico produce una perturbación en forma de esqueleto de pescado y posiblemente una o dos bandas horizontales en la imagen. Las interferencias más débiles de este tipo pueden ocasionar que toda la imagen se torne nebulosa o se borre.

**Por señales de radio.** La interferencia por señales de radio puede generar ondulaciones móviles o rayas diagonales sobre la pantalla. Estas señales pueden producirse en estaciones próximas de radio de banda civil, comerciales, de aficionados o policía. Otros receptores de televisión o de modulación de frecuencia que operen cerca del aparato pueden producir el mismo efecto.

**Por señales de reflexión.** Esta interferencia es la razón de la imagen múltiple en la pantalla; la provoca la reflexión de la señal de televisión en un edificio, colina o montaña cercanos.

En realidad, esta reflexión ocasiona que la antena reciba dos o más señales. La señal de reflexión se recibe un poco después que la señal directa; la primera aparece en la pantalla como una imagen fantasma.

**Por recepción en zona límite.** En los límites del área de transmisión de la estación televisora, la imagen puede aparecer demasiado blanca. Esta situación algunas veces puede corregirse en forma parcial moviendo el receptor de televisión dentro de una habitación. Una antena exterior orientable debe usarse para una mejor recepción en las áreas límite.

## TELEVISIÓN POR CABLE

A finales de 1940, la televisión por cable se volvió una realidad; se le denomina sistema de televisión de antena colectiva. Este sistema lleva las señales de televisión a comunidades lo-

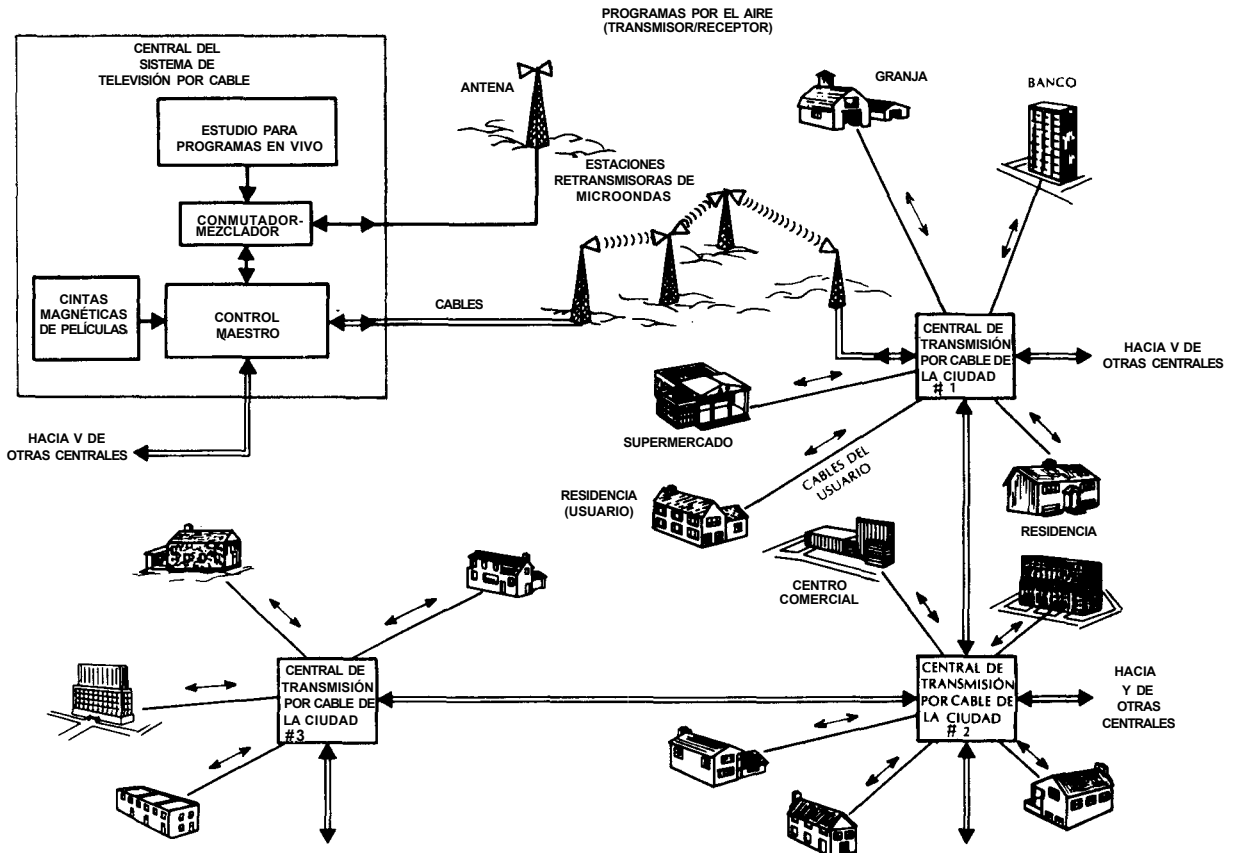


Fig. 41-18. Sistema de comunicación bi-direccional de televisión por cable.

calizadas demasiado lejos de la estación televisora. Se utiliza también en comunidades donde las señales de televisión son bloqueadas por valles profundos o altas montañas. Las antenas de los sistemas por cable se localizan en áreas que tienen buena reflexión. De esta manera, las señales de televisión son distribuidas por cables a los suscriptores por una cuota. En la actualidad, la cuota mensual promedio por el servicio en Estados Unidos es aproximadamente de siete dólares; el costo promedio de instalación es de alrededor de 15 dólares. La mayor parte de las compañías dedicadas a esta actividad distribuyen las señales de televisión utilizando cables coaxiales. Éstos se tienden sobre postes telefónicos o se instalan subterráneamente.

Puesto que los sistemas por cable cuentan con más canales que los que son difundidos, pueden proporcionar servicios adicionales. Los sistemas por cables tienen a menudo canales independientes para informes meteorológicos, informes del mercado de valores, servicios noticiosos por cable, radio de MF y películas. Las compañías que operan sistemas por cable crean además sus propios programas. Proporcionan canales por cable para uso público, educativo, gubernamental y para renta.

Los nuevos sistemas por cable que tienen más de 3 500 suscriptores proporcionan por lo general 25 canales de televisión. Algunos sistemas disponen de capacidad para la comunicación en dos direcciones (Fig. 41-18). Esto permite a los suscriptores realizar compras, efectuar operaciones bancadas y tener información acerca de servicios colectivos.

Los sistemas por cable ofrecen a menudo servicios de cable adicionales. Este servicio permite a los usuarios ver programas especiales, como películas seleccionadas y espectáculos deportivos. Desde su inicio en Estados Unidos a finales de 1975, dicho servicio se ha vuelto muy popular y económico.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Dos tubos captadores de imágenes de televisión comunes son el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
2. Las variaciones en el haz de retroceso constituyen la señal \_\_\_\_\_.
3. Las cargas en las placas de reflexión \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ desvían el haz de barrido hacia la izquierda, derecha, arriba y abajo.
4. Cada cuadro en la pantalla de televisión se compone de \_\_\_\_\_ líneas de barrido horizontales.
5. Cuando el transmisor y el receptor de televisión se enlazan en sincronía, se dice que están \_\_\_\_\_.
6. En el tubo vidicón, el voltaje de la señal de video aparece en el resistor \_\_\_\_\_.
7. Toda la luz reflejada de la imagen se transmite como la señal \_\_\_\_\_.
8. Un canal de televisión contiene señales tanto de \_\_\_\_\_ como de \_\_\_\_\_.
9. Las frecuencias de la onda portadora de televisión se clasifican en los intervalos \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.



10. En Estados Unidos existen \_\_\_\_\_ canales de televisión de maf y \_\_\_\_\_ de uaf.
  11. Un tipo de antena de televisión sencillo con dos brazos se denomina \_\_\_\_\_.
  12. Un sistema selector rotatorio empleado en la televisión para la sintonía tiene \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
  13. Un sintonizador con una microcomputadora se denomina sintonizador \_\_\_\_\_.
  14. El amplificador \_\_\_\_\_ y el de \_\_\_\_\_ son los dos que se encuentran sólo en los receptores de televisión en color.
  15. El cinescopio, igual que el tubo captor de imágenes cuenta con un \_\_\_\_\_ que barre su placa frontal.
  16. El recubrimiento sobre la superficie interior de un cinescopio es una \_\_\_\_\_.
5. Identifique los circuitos electrónicos que se encuentran en un receptor de televisión en color y en uno de blanco y negro.
  6. Liste y explique las funciones de los circuitos electrónicos encontrados en un receptor de televisión típico.
  7. Describa la función del amplificador de la señal de sincronización cromática en un receptor de televisión en color.
  8. Explique el objetivo de los circuitos de barrido de sintonización en un receptor de televisión.
  9. Describa cómo el haz de electrones forma la imagen en un receptor de televisión en blanco y negro.
  10. Describa el tipo de interferencia que con mayor probabilidad ocasionan los sistemas de encendido de los automóviles, los equipos de diatermia y la reflexión de las señales de televisión.

#### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Analice las relaciones comunes de los principios de una cámara de televisión, una cámara fotográfica y un fotómetro.
2. Describa la sección de la imagen, el haz de barrido, el haz de retroceso y la sección de barrido de un tubo superortión.
3. Describa las diferencias básicas entre los tubos superortión y vidicón.
4. ¿Cómo se desarrollan las señales de color en una cámara de televisión?

#### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Averigüe si existe un sistema de televisión por cable disponible en su zona. Describa el sistema, cómo una persona puede suscribirse y cómo se instala el sistema en la casa de un usuario.

## Unidad 42 Telemetría

---

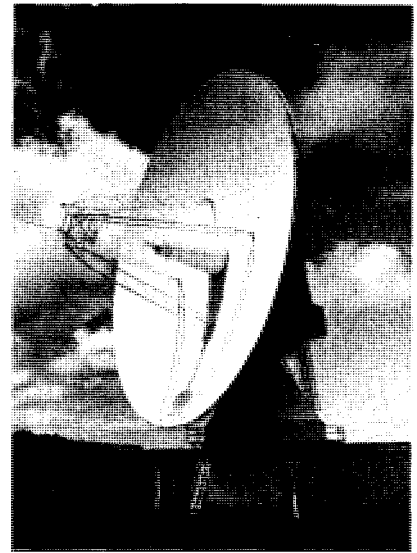
La *telemetría* es la realización de medidas en un lugar y el envío de las mismas para su registro y estudio a otro lugar remoto. La información que se obtiene puede estar en forma apropiada para desplegarse en un cinescopio, para grabarse en una cinta o para emplearse en una computadora analógica o digital. En las exploraciones espaciales no tripuladas, la telemetría ha ayudado a los científicos a perfeccionar el diseño de los vehículos vigilando su funcionamiento durante el vuelo. En los vuelos tripulados, las señales telemétricas se suman a los mensajes que envían los astronautas. La telemetría permite realizar los cálculos de los datos del vuelo en la Tierra con el empleo de equipo de gran capacidad. Los datos incluyen información como hechos y cifras. Esos datos se emplean para estudio o para tomar una decisión.

## REQUERIMIENTOS DE POTENCIA

La potencia necesaria para enviar señales telemétricas desde satélites en pruebas espaciales es mucho menor que la necesaria para las estaciones comerciales de radio y televisión. El explorador espacial Mariner IV envió datos a la Tierra desde una distancia mayor a 191 millones de millas (307 millones de kilómetros), con un transmisor de 10 watts. Se recibieron mensajes de la radio, aunque no datos telemétricos, del Mariner IV cuando se encontraba a una distancia de 216 millones de millas (348 millones de kilómetros).

## SISTEMA DE ANTENA

En cierta medida, los bajos requerimientos de potencia en una nave espacial se deben a que los sistemas de radio terrestres cuentan con equipos de recepción muy sensibles y con antenas de alta ganancia. Por ejemplo, la antena que se empleó con la nave espacial Mariner tenía un diámetro de 85 pies (26 metros); ésta era aproximadamente 20 000 veces más efectiva que la antena de televisión aérea promedio. Las estaciones terrestres con estos sistemas de antena pueden emplear señales de radio de naves espaciales o satélites para seguirlos con un alto grado de exactitud. Dichos sistemas hacen posible comunicarse y recibir datos de las naves espaciales y los satélites (Fig. 42-1).

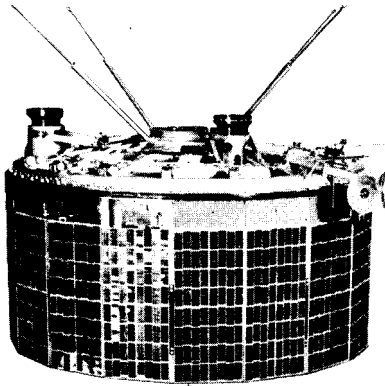
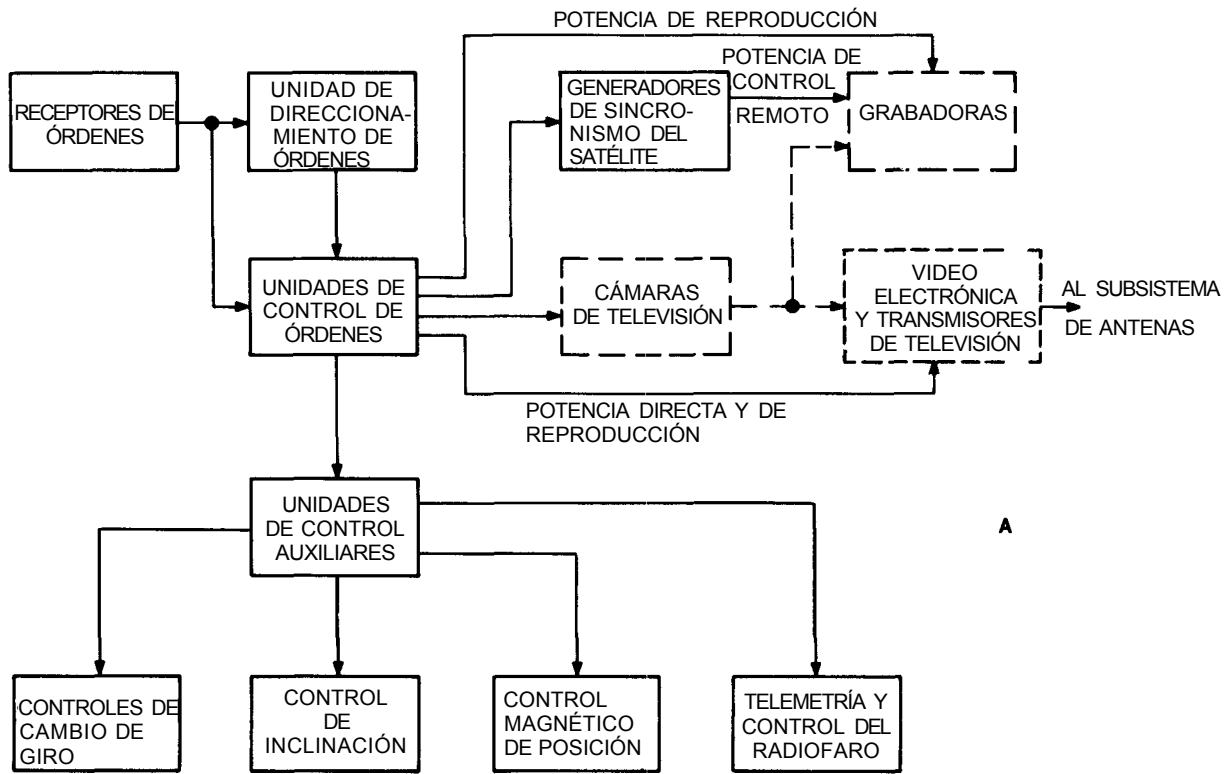


**Fig. 42-1.** Antena parabólica de 85 pies (26 m) de diámetro empleada para comunicaciones de naves espaciales y satélites (General Telephone and Electronics Corporation).

## PROGRAMACIÓN Y CONTROL

Uno de los subsistemas electrónicos que se emplea en un satélite meteorológico se destina a la programación y control (Fig. 42-2). Este subsistema permite que el satélite pueda controlarse ya sea en forma automática o por medio de órdenes desde estaciones terrestres dentro del radio de alcance o comunicación. El satélite responde a una unidad de dirección de órdenes. Esta unidad permite establecer contacto con un satélite fuera de un grupo. Por ejemplo, primero un tono de dirección de una frecuencia y duración especificada se transmite desde la estación terrestre. Si el satélite está dentro del radio de acción y el tono de dirección se recibe, el subsistema de programación y control se activa de inmediato.

Los satélites contienen varios controles auxiliares. El control magnético de altitud (posición) es un ejemplo. Dicho control guía el eje de control de rotación del satélite a lo largo de una trayectoria predeterminada. Otros controles auxiliares son el de cambio de inclinación del eje de control de inclinación y los de telemetría y del radiofaro. Este último sistema envía dos señales de ondas de radio continuas que se emplean para seguir al satélite. Las señales de radiofaro se emplean



B

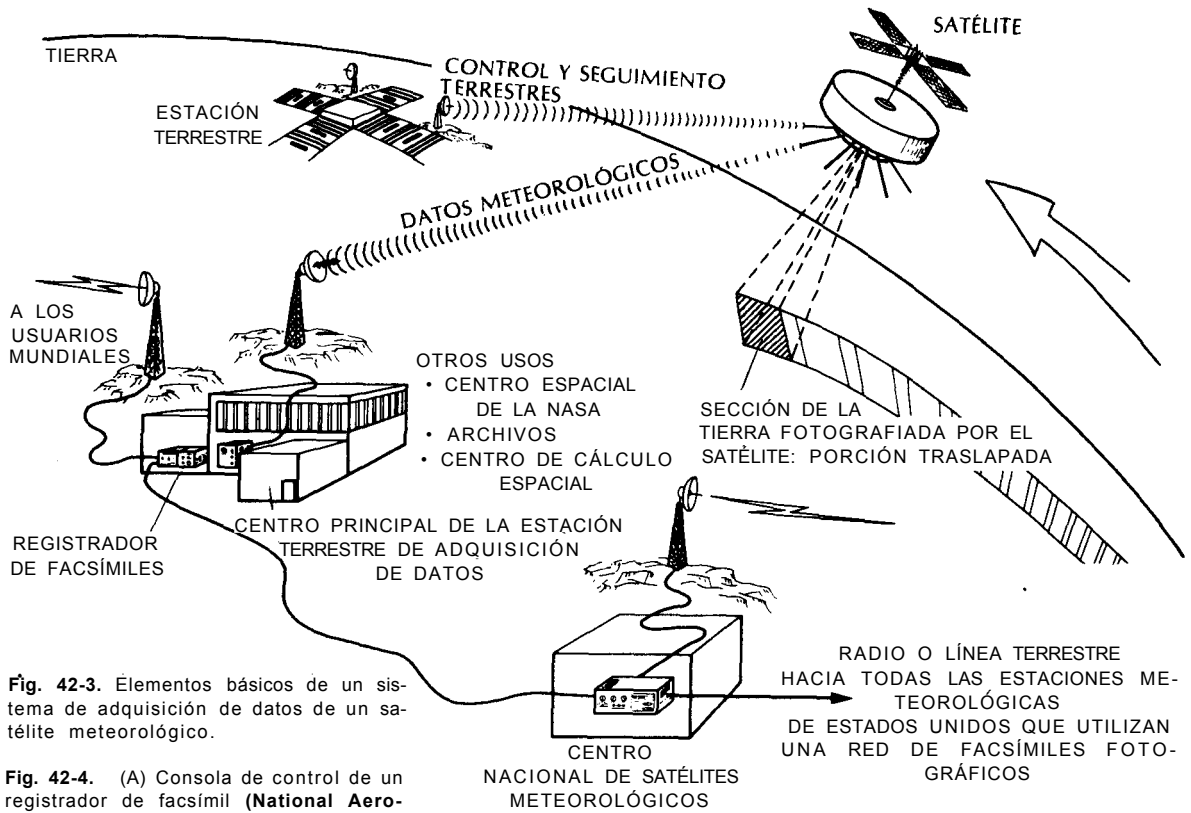
Fig. 42-2. (A) Diagrama de bloques de un subsistema de programación y control de un satélite meteorológico (National Aeronautics and Space Administration); (B) satélite meteorológico.

también como ondas portadoras de radiofrecuencia para las señales telemétricas.

El reloj o generador de base de tiempos o de sincronismo del satélite es uno de los elementos importantes en el sistema de control y programación. Un reloj es similar a un oscilador; genera señales periódicas. Debe sincronizarse con el reloj maestro de la estación terrestre. En ésta, el reloj maestro se calibra con las señales de un patrón de tiempo. Dichas señales se transmiten por el sistema radioeléctrico del National Bureau of Standards de Estados Unidos; por ejemplo, la estación WWB. El reloj del satélite mantiene la sincronización y programación adecuadas para el sistema completo de satélites alrededor del mundo. Se emplean diferentes señales de tono para regular relojes o generadores de sincronismo diferentes. Una vez ajustado y en funcionamiento el reloj del satélite, ayuda al control de las etapas operativas.

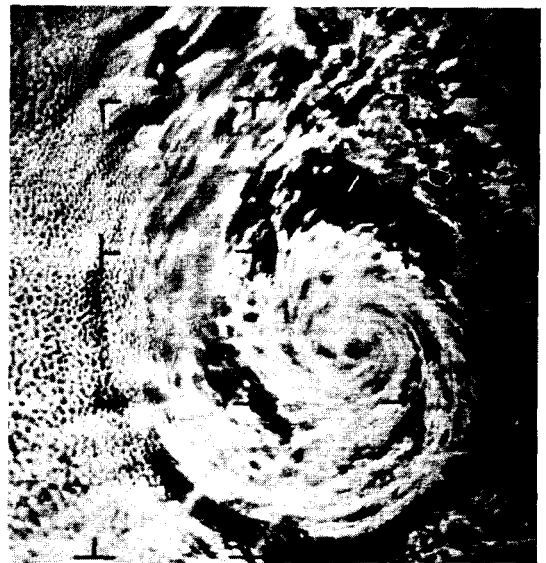
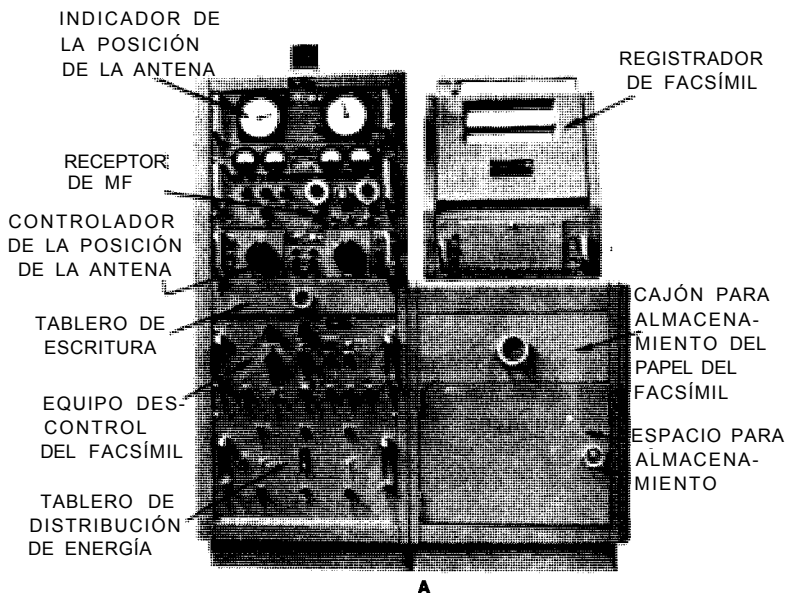
## INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Debido a la gran cantidad de datos que envían los satélites de comunicación y otras naves espaciales, un sistema de telecomunicaciones o estaciones terrestres se ha construido para



**Fig. 42-3.** Elementos básicos de un sistema de adquisición de datos de un satélite meteorológico.

**Fig. 42-4.** (A) Consola de control de un registrador de facsímil (National Aeronautics and Space Administration); (B) fotografías de una tormenta tropical tomada por un satélite meteorológico (National Aeronautics and Space Administration).



recibir y transmitir esta información; dicho sistema se denomina red de seguimiento espacial y adquisición de datos (STADAN: Space Tracking and Data Acquisition Network). Adquisición significa "la acción de conseguir o ganar". La red envía todos sus datos al Centro de Cálculo y Comunicaciones en el Centro de Vuelos Espaciales Godard de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) en Greenbelt, Maryland. Desde ahí, los datos se envían a los usuarios.

En la figura 42-3 se muestran los componentes básicos de un sistema meteorológico de satélite. El satélite proporciona imágenes de televisión de la Tierra, las cuales muestran nubes, tormentas y la contaminación del aire. Las imágenes son retransmitidas por radio al centro de la estación terrestre. Otras señales del satélite se convierten en dibujos utilizables mediante registradores de facsímil (Fig. 42-4A). Estos dibujos o gráficas son muy útiles para localizar huracanes y otras perturbaciones climatológicas (Fig. 42-4B).

Otros datos meteorológicos, como temperaturas de la superficie, también se reciben en el centro simultáneamente. Estos a su vez se envían por radioteletipo o teletipo a cerca de 1 500 estaciones meteorológicas locales distribuidas en Estados Unidos.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Se requiere poca potencia en un satélite debido a que los sistemas radioeléctricos terrestres cuentan con \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ muy sensibles.
2. El subsistema de programación y control en un satélite meteorológico responde a un tono de dirección de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ específica.
3. Las señales \_\_\_\_\_ proporcionan las ondas portadoras para las señales telemétricas.
4. Un reloj de satélite debe \_\_\_\_\_ con el reloj maestro de la estación terrestre.
5. Las señales de los satélites se convierten mediante \_\_\_\_\_ en dibujos utilizables.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Defina el término telemetría.
2. Mencione las dos ventajas principales de la telemetría en la exploración espacial.
3. Liste cuatro tipos de controles auxiliares en un satélite meteorológico.
4. Explique la función principal de un reloj o generador de base de tiempos de un satélite.
5. Describa los elementos de un sistema de adquisición de datos de satélite.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Prepare un informe acerca del uso de la telemetría en los programas espaciales de alunizaje Voyager, Skylab o Pioneer.

# Unidad 43 Computadoras y procesamiento de datos

---

Manejar una gran cantidad de información en una forma rápida y con el mínimo de errores es una necesidad básica en los negocios, en la industria y en el gobierno. Debido a esto, se requieren sistemas para recolectar información, efectuar cálculos matemáticos y almacenar información que pueda recuperarse fácilmente.

En la actualidad éstas y muchas otras funciones relacionadas se llevan a cabo con computadoras y unidades auxiliares. Una computadora es un dispositivo electrónico programable que puede almacenar, recuperar y procesar datos. Las computadoras y las unidades auxiliares se conocen como sistemas de procesamiento automático de datos (PADJ). Existen dos tipos principales de computadoras: la computadora analógica y la computadora *digital*.

## COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS BÁSICOS ANALÓGICO Y DIGITAL

El circuito indicador del nivel de combustible de un automóvil es un ejemplo de un sistema analógico de medición; se utiliza para determinar el volumen de combustible en el tanque. Dicho volumen se presenta visualmente según la posición de una aguja indicadora en una escala. Puesto que la aguja puede moverse a diversas posiciones sobre la escala, indica en forma continua el volumen de combustible. Por esta razón, un sistema de medición analógico puede definirse como aquel que es capaz de responder instantáneamente a cualquier condición de lo que puede ser un amplio grupo de condiciones.

Un indicador luminoso, como la lámpara indicadora de la presión de aceite en un automóvil, es un ejemplo de un sistema de medición digital. En este sistema, la lámpara o siempre está encendida o siempre apagada. Las condiciones de este tipo se conocen como condiciones binarias. Este término significa "compuesto de dos elementos".

## COMPUTADORAS DIGITALES

Los circuitos de una computadora digital responden a una de sólo dos condiciones. Éstas pueden ser interruptores abiertos o cerrados, voltajes ya sean positivos o negativos o dos voltajes de valor diferente. Aun cuando la información de entrada y la información de salida que procesará una computadora digital puede tener formas diferentes, los circuitos que la procesan son digitales.

La mayor parte del procesamiento de datos lo realizan las computadoras digitales. Existen muchos modelos y variedades de computadoras digitales, desde las pequeñas computadoras portátiles hasta los grandes y complejos sistemas. Tales sistemas están formados por muchas partes de equipo interconectado. En la figura 43-1 se muestran algunos tipos de equipos que se encuentran por lo común en un gran centro de computación.

## **ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE PAD.**

Por lo general, todas las computadoras cuentan con los siguientes cinco elementos básicos: entrada, salida, almacenamiento, aritmética (lógica) y control (Fig. 43-2).

## **ENTRADA DE COMPUTADORA**

Los dispositivos de entrada de una computadora alimentan datos al sistema de la misma. La cinta de papel, tarjetas perforadas, cinta magnética y los discos magnéticos, son los dispositivos de entrada principales que se emplean (Fig. 43-3). Las perforaciones en la cinta de papel y en las tarjetas, y las configuraciones magnéticas impresas en la cinta y disco magnéticos, ocasionan que aparezcan impulsos de voltaje en el sistema. Por ejemplo, un impulso de 5 volts puede ser una representación del dígito 1; la ausencia de un impulso puede representar al dígito con número 0. Estos dígitos forman lo que se conoce como códigos o claves binarias, los cuales están compuestos únicamente de dos elementos; en este caso, tales elementos son los dígitos 1 y 0. Estos dígitos se denominan bits. Un grupo de bits constituye un carácter alfanumérico, el cual representa una letra o un número. Este sistema de codificación es similar al que se emplea en la comunicación por teletipo (véase Unidad 37).

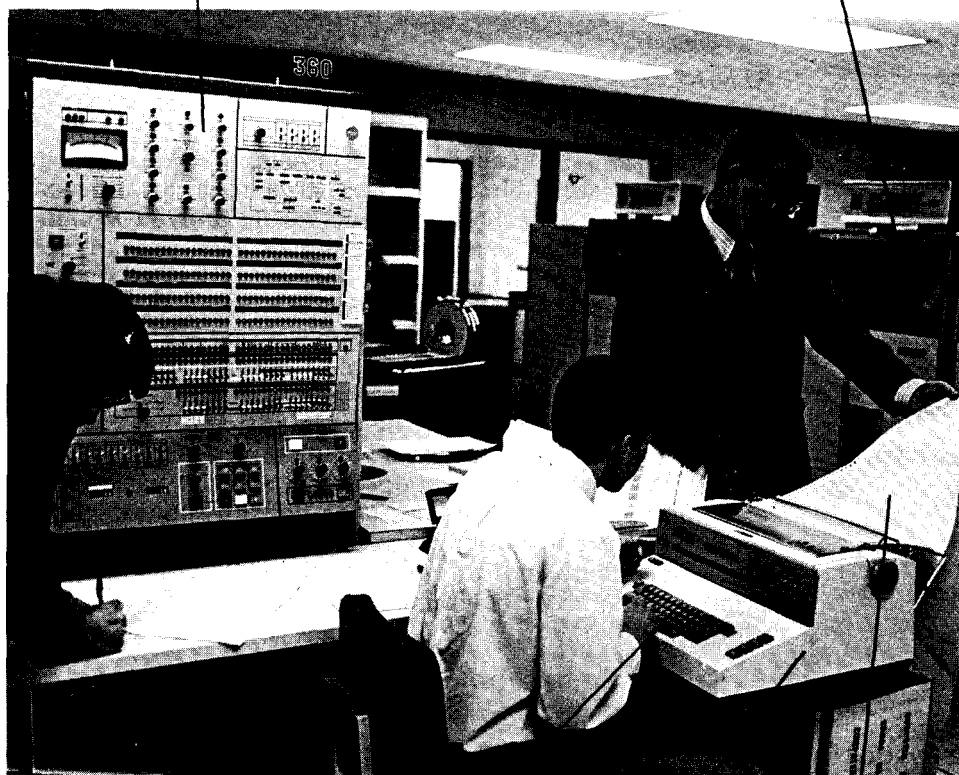
Las cintas magnéticas se utilizan para almacenar una gran cantidad de datos. Los sistemas mayores de computación emplean equipo para manejar cintas magnéticas denominado unidad de arrastre o transportador de cinta (Fig. 43-4). Dichas unidades controlan el movimiento de la cinta y pueden detectar los bits que conforman los caracteres en la misma.

## **SALIDA DE COMPUTADORA**

La información de salida que se obtiene de una computadora a menudo está en la misma forma que la de la entrada: cinta de papel, tarjetas perforadas, cinta magnética o discos mag-

CONSOLA DE LA COMPUTADORA

UNIDADES DE ARRASTRE DE CINTAS (ENTRADA)



TECLADO

IMPRESORA

INFORMACIÓN IMPRESA (SALIDA)

Fig. 43-1. Observación de la salida impresa de una computadora para procesamiento automático de datos (U.S. Department of Housing and Urban Development).

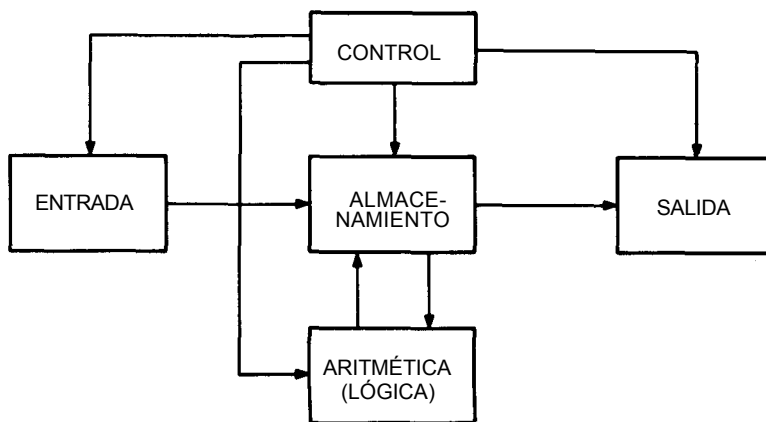


Fig. 43-2. Elementos básicos en un sistema de PDA.



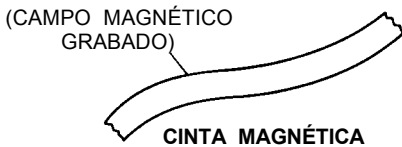
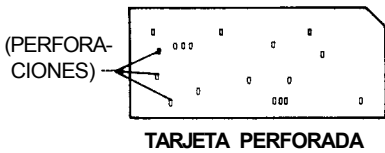
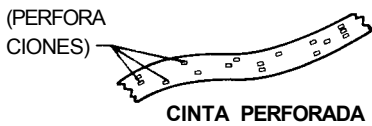


FIG. 43-3. Entradas de computadora.

néticos. La información impresa directamente sobre papel es una forma muy común también de salida de computadora. En algunos sistemas de computación, la información de salida se presenta visualmente en un tubo de rayos catódicos. Éste es semejante a un cinescopio.

## ALMACENAMIENTO

Los datos deben almacenarse en la computadora antes que puedan procesarse. Una de las formas comunes de almacenar datos es magnetizar diminutos núcleos de hierro con impulsos eléctricos. Los campos magnéticos que rodean a los núcleos representan el dato almacenado. Dichos campos y, por consiguiente, el dato, pueden determinarse. Puesto que el diminuto núcleo de hierro puede conservar su campo magnético, cuenta con la propiedad de memoria (Fig. 43-5).

Por ejemplo, en un bolígrafo retráctil, cuando se oprime el botón y se suelta, la punta está en la posición para la escritura. Al oprimir y soltar de nuevo, la punta desaparece. Si se realiza rápidamente toda la operación anterior varias veces, el punto aparece una vez por cada dos oprisiones.

La acción del bolígrafo es similar a un dispositivo electrónico llamado flip-flop de cambio de estado. Éste es un tipo de circuito de conmutación electrónica. La salida del

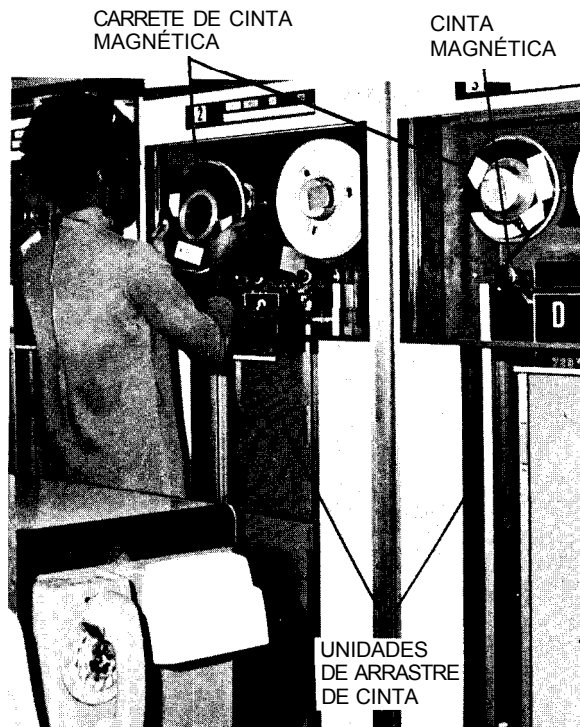


Fig. 43-4. Instalación de un carrete de cinta magnética en una unidad de arrastre de cinta (U.S. Department of Labor).

flip-flop de cambio de estados es un dígito 1 por cada dos entradas de valor 1. Si la señal de entrada se elimina repentinamente, la salida del flip-flop conserva el mismo valor que tenía después de la última señal de entrada. Debido a esto, puede decirse que él también tiene memoria.

Un flip-flop puede existir en muchas formas, las más comunes emplean transistores. Las computadoras modernas emplean como memoria para almacenar datos diodos de efecto túnel, transistores de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor (MOS) y circuitos integrados. Cada una de éstas tiene algunas ventajas diferentes de las demás, como alta velocidad, bajo costo o pequeño tamaño.

## ARITMÉTICA (LÓGICA)

Los elementos aritméticos de una computadora digital tienen la capacidad para realizar comparaciones, efectuar decisiones, sumar y restar. La computadora lleva a cabo estas funciones contando y sumando rápidamente impulsos eléctricos por medio de circuitos lógicos diseñados especialmente.

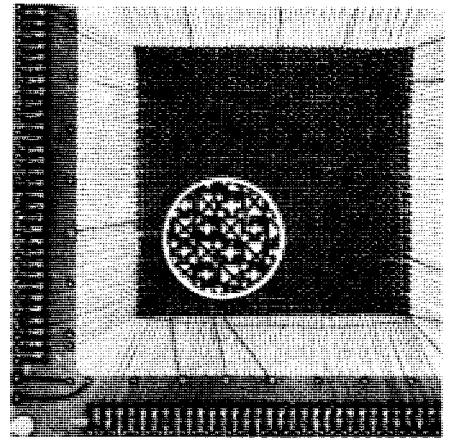
## CONTROL

Para ejecutar sus operaciones en forma automática, una computadora debe programarse. Un programa de computadora es una serie de instrucciones que la computadora debe seguir. El programa se almacena en la computadora en la misma forma como se hace con la información que ésta misma controla. El programa puede causar que la computadora ejecute operaciones que incluyan la información almacenada. Éstas podrían incluir adiciones, divisiones, lectura de una cinta magnética o impresión en papel.

## CIRCUITOS LÓGICOS

Una computadora está compuesta por un gran número de transistores, diodos, resistores, capacitores y núcleos magnéticos. Muchos de éstos se conectan entre sí para formar lo que se conoce como circuitos lógicos. Estos circuitos, o compuertas como se les llama algunas veces, son los bloques de construcción principales de una computadora digital. Son capaces de ejecutar cálculos matemáticos y convertir éstos en información aprovechable. Las tres funciones básicas de circuitos lógicos son la Y (AND), la O (OR) y la NO (NOT).

Los circuitos lógicos son en realidad circuitos de conmutación; se utilizan para proporcionar una salida que depende de las condiciones de entrada. Cuando ciertas entradas se



**Fig. 43-5.** Plano típico de núcleos que contiene 1 024 palabras de 16 bits. El interior del círculo muestra una vista aumentada de los núcleos con alambres intercalados. Cada núcleo circular es un bit de memoria (**Hewlett-Packard Co.**).

dan en un circuito lógico, éste tiene la capacidad para decidir cuál será la salida del circuito.

La salida de un circuito lógico es uno de dos estados: encendido (on) o apagado (off). En una computadora, el estado "encendido" con frecuencia representa al número 1; el estado "desconectado" por lo general representa al 0.

**Circuito Y.** El circuito lógico Y básico se muestra en la figura 43-6. Aquí, los interruptores A y B (los dispositivos de entrada) se emplean con una batería y una lámpara (el dispositivo de salida).

Puesto que los interruptores A y B están en serie, tanto A como B deben estar cerrados antes que la lámpara C (salida) ilumine. Supóngase que el estado abierto (apagado) de un interruptor representa al 0 y que el estado cerrado (encendido) de un interruptor representa al 1. Asimismo, supóngase que el estado de no iluminación de la lámpara representa al 0 y que el estado de iluminación "salida" de la lámpara representa al 1. De esta manera, por medio de una tabla de verdad, puede describirse la operación del circuito en términos de sus relaciones de entrada y salida (Fig. 43-6). Para cada combinación de entradas de A-B hay una salida C indicada. En la tabla de verdad puede verse que el circuito Y se completa si la salida es 1, si y sólo si ambas entradas son 1. Si cualquiera o ambas entradas son 0, entonces la salida es 0.

Las relaciones entre la entrada y salida de un circuito Y pueden expresarse matemáticamente como  $C = A \cdot B$  o  $C = AB$ .

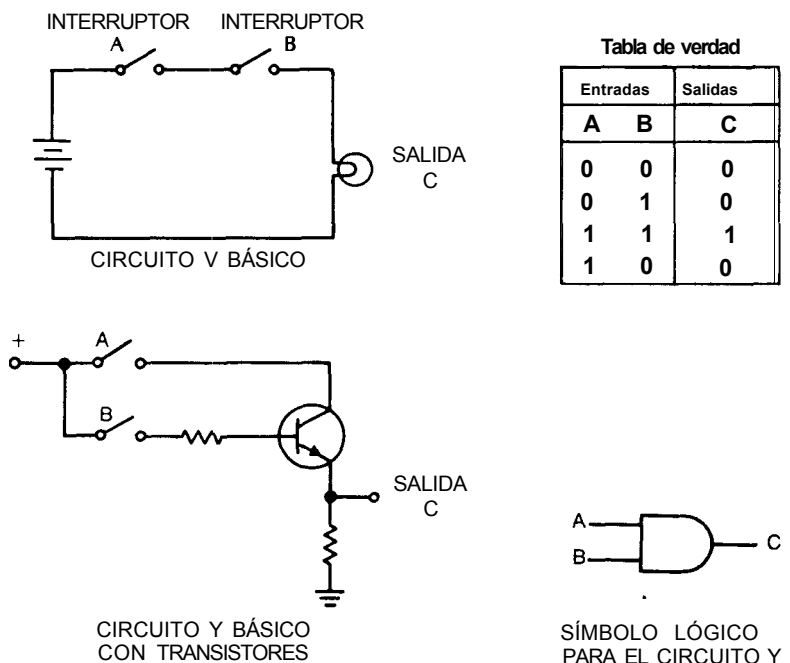


Fig. 43-6. El circuito lógico Y.

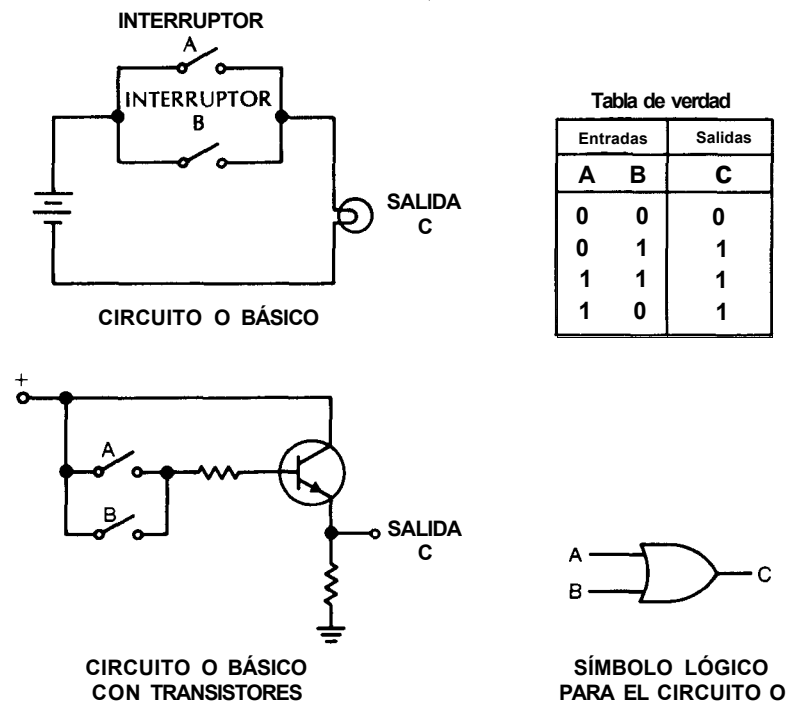
El punto es una representación de la operación Y, la cual se supone aunque el símbolo no aparezca. Un álgebra especial, conocida como álgebra *booleana*, se usa para analizar la lógica de la computadora. El álgebra booleana recibió tal nombre en honor de George Boole, matemático y lógico inglés. Sus teorías sobre la lógica se emplean en las computadoras, donde las Matemáticas sólo utilizan dos cantidades, el 0 y el 1. El símbolo lógico y el alambrado básico para el circuito Y se muestran en la figura 43-6.

**Circuito O.** Los dispositivos de entrada de un circuito O básico son dos o más interruptores conectados en paralelo (Fig. 43-7). En este caso, la lámpara iluminará si cualquiera de los interruptores A o B está cerrado o si ambos lo están. La tabla de verdad muestra que el circuito O tiene una salida 1 si una o ambas entradas son 1. La salida es 0 sólo si ambas entradas son 0. Esto se expresa matemáticamente como  $C = A + B$ . La salida C es 1 cuando A o B es 1. El símbolo lógico y el alambrado básico del circuito O se muestran en la figura del 43-7.

**El circuito NO.** Se denomina también inversor; su función principal es producir una inversión de *la señal*. Esto significa que producirá una señal de salida contraria a la señal de entrada.

En la figura 43-8 se ilustra el circuito NO. Cuando el interruptor A está cerrado, el relevador está activado y los con-

Fig. 43-7. Circuito lógico O.



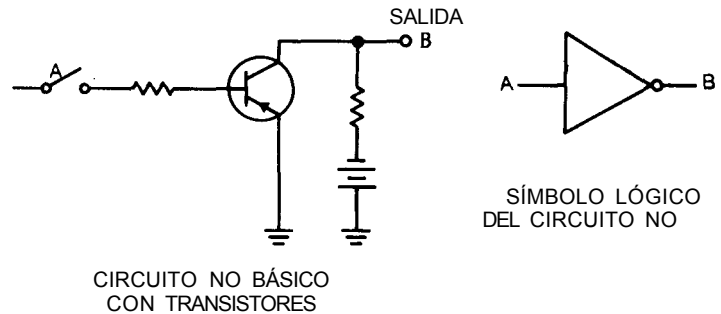
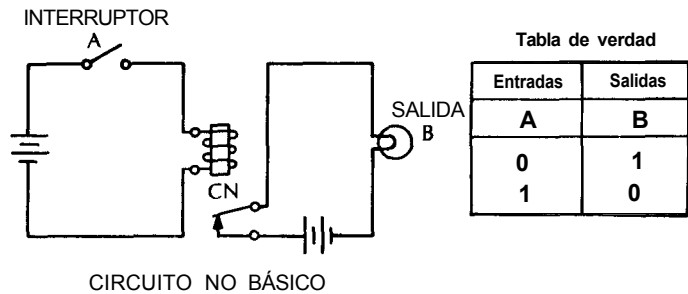


Fig. 43-8. Circuito lógico NO.

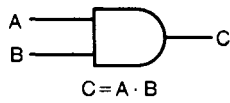
tactos que están normalmente cerrados (NC), están abiertos. Asimismo, cuando el interruptor A está abierto, están cerrados los contactos del relevador. La tabla de verdad muestra que si la entrada es 1, la salida es 0 y viceversa. El circuito NO se utiliza cuando se requieren cantidades invertidas. El circuito NO se expresa como  $B = \bar{A}$ . La barra sobre el símbolo indica una inversión o complemento de la cantidad. El símbolo lógico y el alambrado básico del circuito NO se muestran en la figura 43-8.

## DISEÑO DE CIRCUITOS LÓGICOS

Supóngase que se necesita un circuito con las siguientes características: la salida C es 1 si las entradas A y B son 1; C es 1 si las salidas A y B son 0; C es 0 para todas las demás entradas. Las expresiones matemáticas de estos enunciados son:

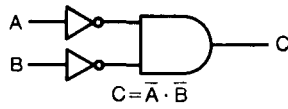
- 1)  $C = 1$  si  $A = B = 1$
- 2)  $C = 1$  si  $A = B = 0$
- 3)  $C = 0$  en los demás casos

Para diseñar un circuito lógico con estas características, se satisface primero cada requerimiento por separado; posteriormente se combinan para dar la salida. El requerimiento (1) puede satisfacerse con un solo circuito Y,  $C = A \cdot B$  como se muestra en la figura 43-9. El requerimiento (2) necesita un circuito cuya salida sea 1 cuando ambas entradas sean 0. Esto puede lograrse con un circuito Y, pero con las entradas inver-



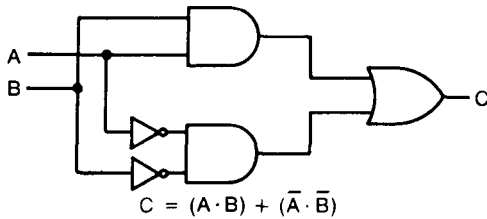
CIRCUITO Y

1



CIRCUITO Y CON ENTRADAS  
INVERTIDAS POR CIRCUITOS NO

2



CIRCUITOS COMBINATORIOS

3

Tabla de verdad

Entradas		Salidas
A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	1	1
1	0	0

4

Fig. 43-9. Pasos para diseñar un circuito lógico: (1) circuito Y; (2) circuito Y con entradas invertidas por circuitos NO; (3) circuito combinatorio; (4) tabla de verdad para las condiciones del problema.

tidas. Si ambas entradas son 0, entonces las entradas en el circuito Y son 1 y, por tanto, la salida es 1.

Estos dos circuitos pueden alimentar al circuito O de manera que cualquiera de ellos proporciona una salida cuando se presenten las entradas correctas. Este arreglo de circuito se denomina circuito combinatorio.

Puede desarrollarse una tabla para la primera parte del problema. Primero se listan todas las combinaciones posibles de las entradas; para dos entradas existen cuatro combinaciones. Para cada combinación de entradas, las salidas C se determinan empleando las reglas de los circuitos lógicos. Con cierta combinación de entradas los valores lógicos intermedios pueden determinarse y aclararse el valor de las salidas. Éste se lista en la tabla de verdad; posteriormente una nueva combinación de entradas se determina. Esto se realiza para todas las combinaciones. La tabla de verdad final se muestra en la figura 43-9. Nótese que la salida C es 1 para las dos combinaciones de entrada 0-0 y 1-1, y 0 para todas las otras. Además, el tercer requerimiento en el problema se consigue en forma automática. Esto ocurre a menudo; sin embargo, debe revisarse de todas maneras.

El problema del diseño de un circuito lógico, como el descrito anteriormente, es un circuito común que se encuentra en las computadoras; tiene un nombre especial; circuito de coincidencia. Su salida es 1 si sus entradas son coincidentes, es decir, ambas 1 o ambas 0.

## SISTEMA DE NUMERACIÓN BINARIO

Los circuitos lógicos que se acaban de analizar son matemáticos; con tales circuitos es posible llevar a cabo decisiones

lógicas. Una máquina diseñada para este propósito, como una computadora, se vuelve una eficaz herramienta en la solución de problemas. Sin embargo, el sistema numérico *decimal*, en el que existen 10 dígitos, es el sistema matemático que se usa en la actualidad. Dicho sistema no trabaja directamente en un dispositivo digital, como una computadora. Por tanto, se emplea un sistema de numeración binario, cuyo uso es ideal en las máquinas digitales.

El sistema binario se compone de dos dígitos, 0 y 1. En términos electrónicos, una condición binaria es aquella en la cual un dispositivo de conmutación está conectado o desconectado (encendido o apagado), conduciendo o no conduciendo, activado o desactivado. De esta manera, los circuitos lógicos analizados anteriormente son binarios en cuanto a sus estados de salida. Estos estados por sí mismos proporcionan un sistema de numeración binario.

Cualquier sistema de numeración puede identificarse por su base o raíz. La base es el número fundamental de un sistema de números. En el sistema decimal, por ejemplo, la base es el 10. Dicho sistema de numeración tiene 10 diferentes dígitos, del 0 al 9. El sistema binario utiliza como base al 2 y tiene dos dígitos 0 y 1.

En estos sistemas de numeración, es importante la posición del número. En el sistema decimal, el número 10 es totalmente diferente del número 01; cada una de las posiciones en un número de varios dígitos representa una potencia de la base. Las potencias de 10 son  $10^0 = 1$ ,  $10^1 = 10$ ,  $10^2 = 100$ ,  $10^3 = 1\ 000$ , etc.; estas posiciones (leídas de derecha a izquierda) se denominan unidades, *decenas*, centenas, millares, etc. Las potencias de 2 son  $2^0 = 1$ ,  $2^1 = 2$ ,  $2^2 = 4$ ,  $2^3 = 8$ , etc. Una regla que se debe recordar es la que establece que todo número elevado a la potencia 0 es igual a 1. Por ejemplo,  $2^0 = 1$ ,  $8^0 = 1$ ,  $10^0 = 1$ . Otra regla establece que todo número elevado a la primera potencia es igual al mismo número, por ejemplo,  $2^1 = 2$ ,  $8^1 = 8$ ,  $10^1 = 10$ . El sistema decimal puede expresar cualquier cantidad con 10 dígitos; el sistema binario también, pero en este caso con los dígitos 0 y 1. Por ejemplo, el número decimal 2 se expresa en el sistema binario como 10. Dicho número se lee como binario 1-0, no como diez. Las relaciones entre un número decimal y su número binario equivalente se muestran en la figura 43-10.

## VENTAJAS DEL CÓDIGO BINARIO

Para representar electrónicamente cualquier número empleando los dígitos del sistema decimal se requerirían diez diferentes condiciones de circuito, cada una de las cuales sería la representación de un dígito. Con el código binario, cualquier número (o letra del alfabeto, cuando se codifica en bits) puede expresarse con sólo dos condiciones de circuito. Esto, a su vez,

Valor decimal de un dígito binario						
Números decimales	$2^5$ (32)	$2^4$ (16)	$2^3$ (8)	$2^2$ (4)	$2^1$ (2)	$2^0$ (1)
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1
8	0	0	1	0	0	0
9	0	0	1	0	0	1
10	0	0	1	0	1	0
20	0	1	0	1	0	0
30	0	1	1	1	1	0
40	1	0	1	0	0	0
45	1	0	1	1	0	1
50	1	1	0	0	1	0
57	1	1	1	0	0	1

Fig. 43-10. Relación de los números decimales con los números binarios.

permite simplificar los sistemas de circuitos lógicos que se emplean en contadores electrónicos y en computadoras.

## APLICACIONES DE LA COMPUTADORA

Se ha visto cómo es posible "comunicarse" con la computadora por medio de símbolos binarios, los cuales forman un lenguaje de computadora. Dicho lenguaje permite programar la computadora de manera fácil para alcanzar las necesidades específicas. Un programa de computadora es un conjunto de instrucciones expresados en lenguaje de computadora. Programas diferentes pueden hacer que la misma computadora ejecute diferentes funciones.

La calculadora electrónica ordinaria es un buen ejemplo de esta nueva tecnología. Los circuitos electrónicos realizan operaciones sobre ciertas entradas para obtener las salidas requeridas. La unidad de procesamiento central (CPU: Central Processing Unit) es el circuito de control de la calculadora. Dicha unidad mantiene al sistema trabajando en armonía cuando responde a las instrucciones paso por paso del programa de computadora. La CPU es un circuito integrado digital denominado microprocesador. Las teclas que se oprimen en el teclado suministran las instrucciones para el microprocesador. La calculadora electrónica es una microcomputadora digital completa (Fig. 43-11): se llama de esta manera debido a su pequeño tamaño; micro significa "pequeño".

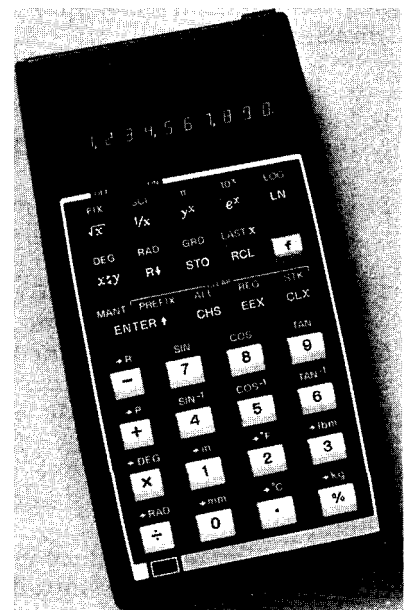


Fig. 43-11. Calculadora electrónica (Hewlett-Packard Co.).



En el futuro, las computadoras controlarán la producción de más y más mercancías en industrias de Estados Unidos. El trabajo de oficina está cambiando rápidamente debido a la máquina de procesamiento de palabras. Esta máquina hace posible escribir borradores fáciles de leer en una pantalla semejante a la de televisión. La mecanógrafa no tiene que preocuparse por los errores, borrar o repetir una página. Las correcciones pueden realizarse fácilmente en la pantalla. Una vez corregido el borrador, una impresora puede reproducir la copia final a más de 600 líneas por minuto.

El procesamiento de datos electrónicos por computadora se usa también en los restaurantes de "comida rápida". Los meseros no tendrán ya que escribir su orden de comida en un papel. Conforme se ordene, oprimirán las teclas de una especie de máquina de escribir. Cuando la operación se haya completado, se recibe una cinta de papel impresa. Al mismo tiempo, la máquina en forma automática almacena la información electrónicamente para uso futuro. Dicha información puede recuperarse de manera sencilla por los gerentes para reordenar o con propósitos de contabilidad.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. Las siglas PDA significan\_\_\_\_\_
2. Los dos tipos básicos de computadora son \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_
3. Un circuito indicador del nivel de combustible es un arreglo sencillo de un sistema de medición\_\_\_\_\_
4. Los datos almacenados en un computadora pueden estar en forma de\_\_\_\_\_
5. Los tres circuitos lógicos básicos son \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_
6. Un circuito lógico puede tener uno de dos estados\_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_
7. El funcionamiento del circuito lógico \_\_\_\_\_ es análogo al de dos interruptores en paralelo.
8. Un circuito que produce una forma invertida de la señal de entrada se denomina circuito\_\_\_\_\_

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Dé algunas razones del uso creciente de las computadoras en los negocios, en la industria y en el gobierno.
2. Mencione por lo menos cuatro operaciones diferentes que puedan ser realizadas por una computadora a partir de las instrucciones almacenadas en un programa de computadora.
3. Defina un circuito lógico.
4. Describa la tabla de verdad para el circuito lógico Y.
5. Dibuje un diagrama esquemático de un circuito Y.
6. Dibuje los símbolos de los circuitos lógicos Y, O y NO.
7. Explique por qué los números binarios se emplean en las computadoras.

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Visite una compañía en su localidad que emplee el procesamiento automático de datos. Informe en clase de lo que haya aprendido.

# Electricidad e industria

# 8

## Unidad 44 Industria de la energía eléctrica

---

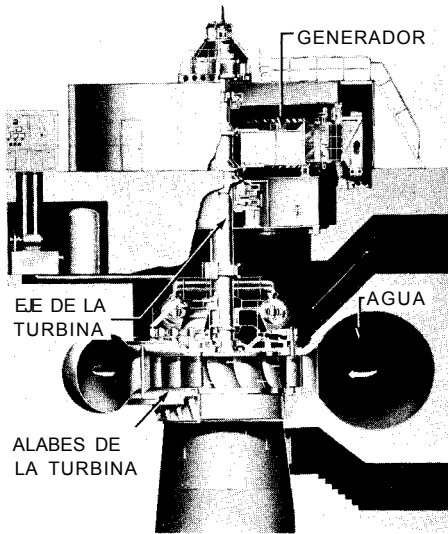
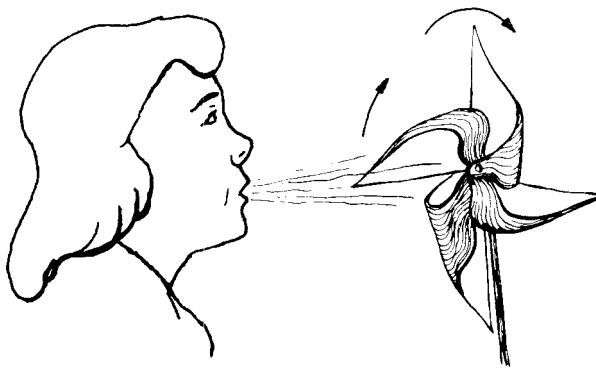
La primera central eléctrica fue construida en la ciudad de Nueva York en 1882 bajo la dirección de Thomas Alva Edison. Las primeras centrales eléctricas eran pequeñas y generaban corriente continua. Una de las principales razones del porqué en ese tiempo se empleaban pequeñas centrales locales es que la salida de corriente continua no puede transmitirse económicamente a grandes distancias. Cuando la corriente continua se transmite de esta manera, una gran cantidad de energía se pierde en forma de calor en los conductores. El uso de la corriente alterna, la cual no presenta grandes pérdidas de energía, permitió que las grandes centrales eléctricas fueran económicas. En la actualidad, las enormes centrales eléctricas casi han reemplazado en su totalidad a las pequeñas centrales.

Las centrales eléctricas modernas son de tres tipos principales: 1) hidroeléctricas; 2) termoeléctricas, y 3) nucleoeeléctricas. Todas ellas emplean grandes generadores de voltaje alterno o alternadores para producir energía eléctrica. Dicha energía se distribuye a los usuarios mediante redes de transmisión. Los generadores por lo general son accionados por turbinas, llamadas con frecuencia máquinas generadoras de energía. Estas turbinas se hacen girar con energía de agua en movimiento o presión de vapor. El principio básico de una turbina sencilla se muestra en la figura 44-1. Los generadores más pequeños usualmente son accionados por motores Diesel o de gasolina.

### CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

En una central hidroeléctrica, el agua de un río, un lago o un estanque o depósito formado por una presa se dirige contra los álabes de una turbina. La presión del agua hace girar al eje de

**Fig. 44-1.** Principio de una turbina. La presión del aire hace girar las aletas (álambes) del rehilete (rotor).



**Fig. 44-2.** Generador hidroeléctrico vertical.

la turbina y éste a su vez, al rotor o inducido del generador (Fig. 44-2).

Varias centrales hidroeléctricas en Estados Unidos las opera el gobierno federal de dicho país. Las presas construidas en conexión con estas centrales son importantes también en la navegación y en el control de inundaciones (Fig. 44-3).

## CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

Este tipo de centrales es de los más antiguos y de los más comunes. En las centrales termoeléctricas, el agua se calienta en una caldera con carbón, petróleo o gas natural para producir vapor (Fig. 44-4). En algunas centrales, el vapor se calienta hasta 1 000°F (538°C) y está bajo una presión de 3 600 libras por pulg<sup>2</sup> (24 800 kilopascales). Dicho vapor se dirige al rotor de la turbina (Fig. 44-5). La energía del vapor se convierte en movimiento rotatorio por medio de una serie de álambes o paletas en el rotor de la turbina. Después que la energía del vapor se con-

**Fig. 44-3.** Vista aérea del lago y de la presa Shasta, gran central hidroeléctrica cerca de Redding, California (U.S. Bureau of Reclamation).



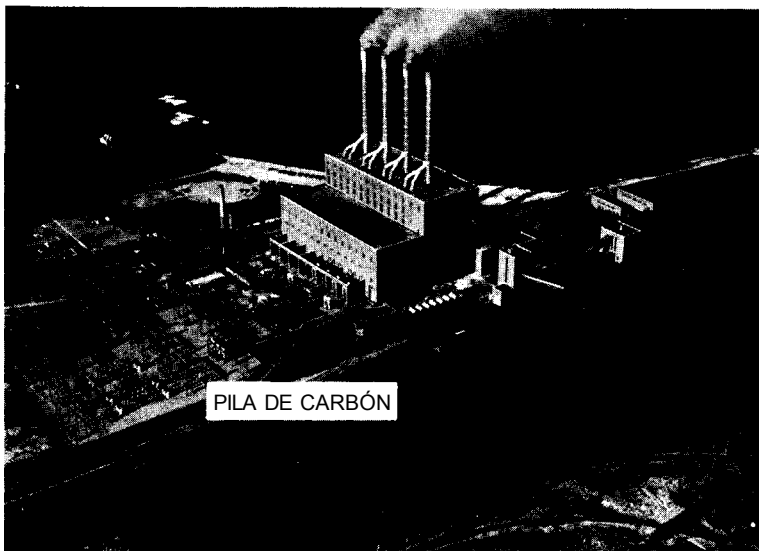


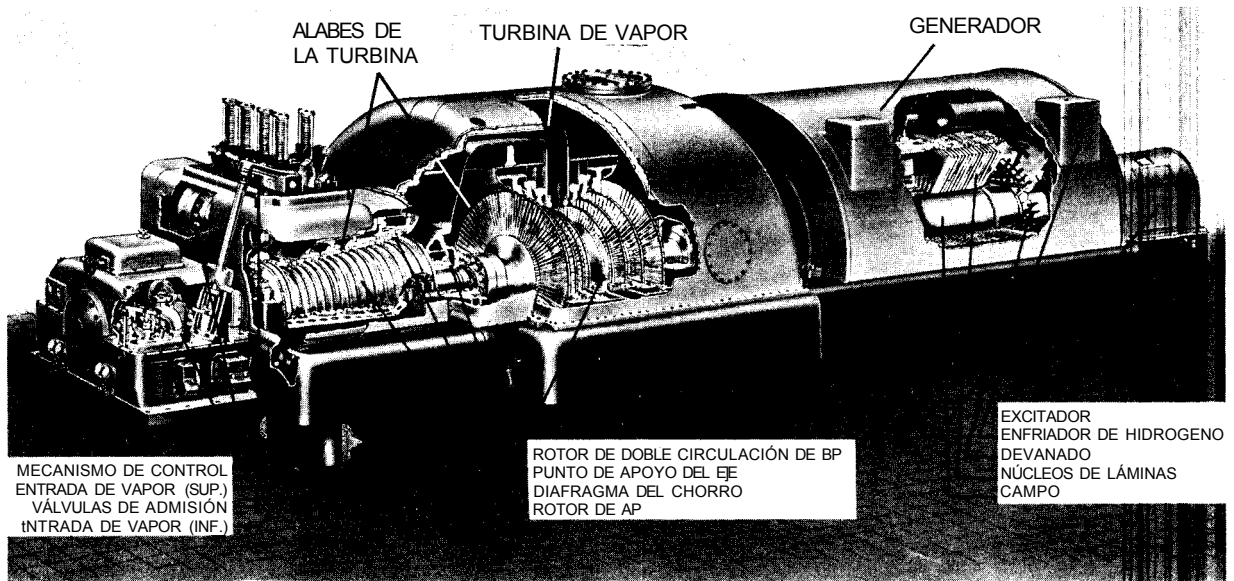
Fig. 44-4. Gran central termoeléctrica.

sume en la turbina, el vapor se condensa en agua y recicla a la caldera; este proceso es continuo. El generador gira con una velocidad constante, aun cuando cambien los requerimientos de carga en el generador. A medida que se necesita más energía eléctrica, se quema más combustible. De esta manera, una mayor cantidad de vapor está disponible para convertirse en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Este proceso constituye un sistema de conversión de energía. Algunas centrales termoeléctricas de gran potencia emplean tan poco como  $3/4$  de libra (0.34 kg) de carbón para generar 1 kilowatt-hora de energía eléctrica.

## CENTRALES NUCLEOELÉCTRICAS

En una central nucleoelectrica, se emplea uranio como combustible. Una partícula atómica, el neutrón, golpea el núcleo de un átomo de uranio y lo divide aproximadamente en dos partes. Este proceso se conoce como fisión atómica y en él se libera una gran cantidad de energía y más neutrones. Estos neutrones dividen a otros átomos de uranio con lo que se libera más energía y neutrones; dicho proceso continúa. El resultado es una reacción nuclear en cadena. En una bomba atómica, esta reacción en cadena libera casi al instante enormes cantidades de energía térmica. Sin embargo, puede controlarse de manera que la energía se libera lentamente.

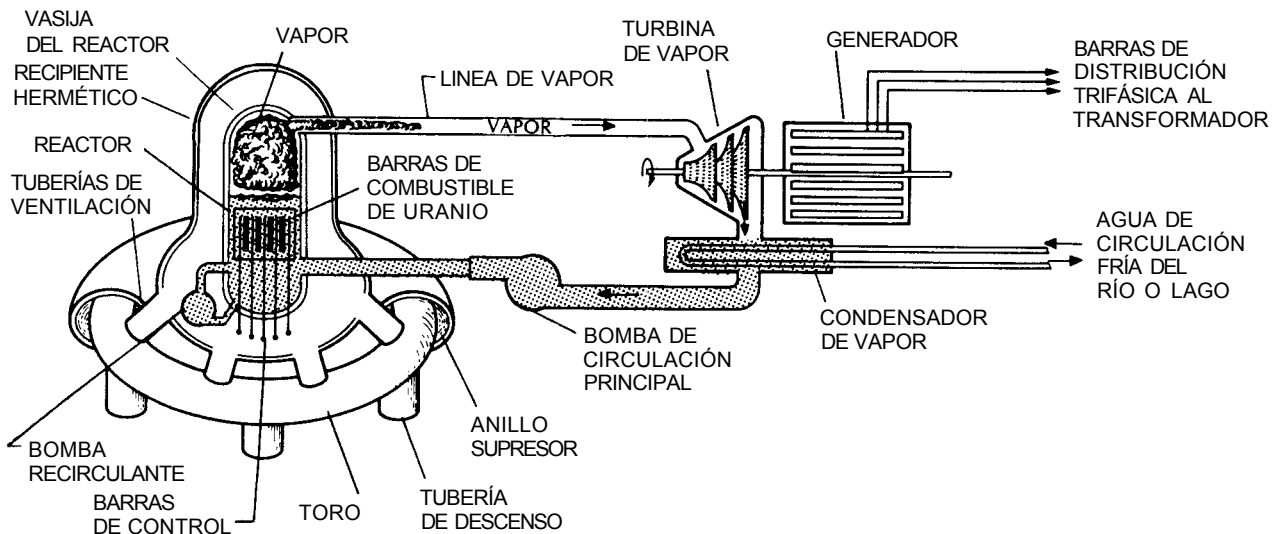
En una central nucleoelectrica, se produce una cantidad controlada de calor a partir de reacciones nucleares en cadena en un dispositivo llamado reactor. El calor hace hervir agua y el vapor producido se emplea para mover las turbinas. Estas son similares a las de una central termoeléctrica.



**Fig. 44-5.** Gran unidad turbogeneradora de vapor. Los álabes de la turbina se montan sobre el rotor de alta presión (AP) y el de baja presión (BP) (General Electric Co.).

Los componentes principales de una central nucleoelectrónica moderna se muestran en la figura 44-6. Nótese que, en este tipo de central atómica, el agua se somete a un ciclo directamente desde la bomba de circulación principal hasta la vasija del reactor; éste se encuentra dentro de dicha vasija. El agua que rodea al reactor se calienta hasta casi 600 °F (316 °C) y se convierte en vapor a una presión de 1 000 libras por pulg<sup>2</sup> (6 900 kilopascales). El agua que se emplea está desmineralizada y por ello ayuda a frenar los neutrones, provocando que los mismos golpeen un número mayor de átomos. Una bomba de recirculación ayuda también a regular la fi-

**Fig. 44-6.** Elementos principales de una central nucleoelectrónica de agua en ebullición y ciclo directo.



sión; lo anterior se logra reduciendo el número de burbujas que se forman en el agua cuando se forma el vapor. Cuanto menor sea el número de burbujas, tanto mayor será la velocidad de la reacción atómica.

**El reactor y la vasija del reactor.** La vasija del reactor en algunas centrales tiene una longitud de 65 pies (20 m) y pesa cerca de 700 ton (635 toneladas métricas); se mantiene en posición vertical y se llena parcialmente con agua. El reactor contiene las barras de combustible uranio, las cuales emiten neutrones. Durante este proceso, algunos átomos se fisionan produciendo energía calorífica.

Otras barras de material absorbente de neutrones se emplean para controlar la velocidad de la reacción en cadena en el reactor. Las barras de control se colocan entre las barras de combustible; moviendo la primera hacia dentro y fuera del reactor, puede regularse la cantidad de calor. Mediante el control del calor de 115 ton (104 toneladas métricas) de uranio en el núcleo de vapor, una central puede producir una cantidad de energía eléctrica igual que la que se obtendría con 6 millones de ton (5.4 millones de toneladas métricas) de carbón.

**Generador de vapor.** El vapor que se genera en la parte superior de la vasija del reactor se dirige a través de tubos hacia los álabes de la turbina, provocando el giro de los mismos. El eje de la turbina hace girar al generador. En algunas centrales modernas, los generadores convierten más de 800 000 hp (597 000 kW) en electricidad. Cuando se produce la electricidad, se transforma y distribuye por líneas de transmisión ordinarias.

**Condensador de vapor.** Después que se usa el vapor en la turbina, se condensa el agua en un condensador de vapor. Ahí, se emplean grandes cantidades de agua fría para acelerar la condensación. Posteriormente el agua se recicla por todo el sistema mediante las bombas de circulación principales. Debido a que esta central convierte en vapor el agua que rodea al vapor, se le denomina central de agua en ebullición de *ciclo directo*. Por causa de las grandes cantidades de agua de enfriamiento necesarias para el condensador, las plantas que emplean turbinas de vapor se encuentran por lo general cerca de grandes ríos o lagos. Algunos condensadores gastan 250 000 galones de agua por minuto ( $15.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) para condensar el vapor de las turbinas.

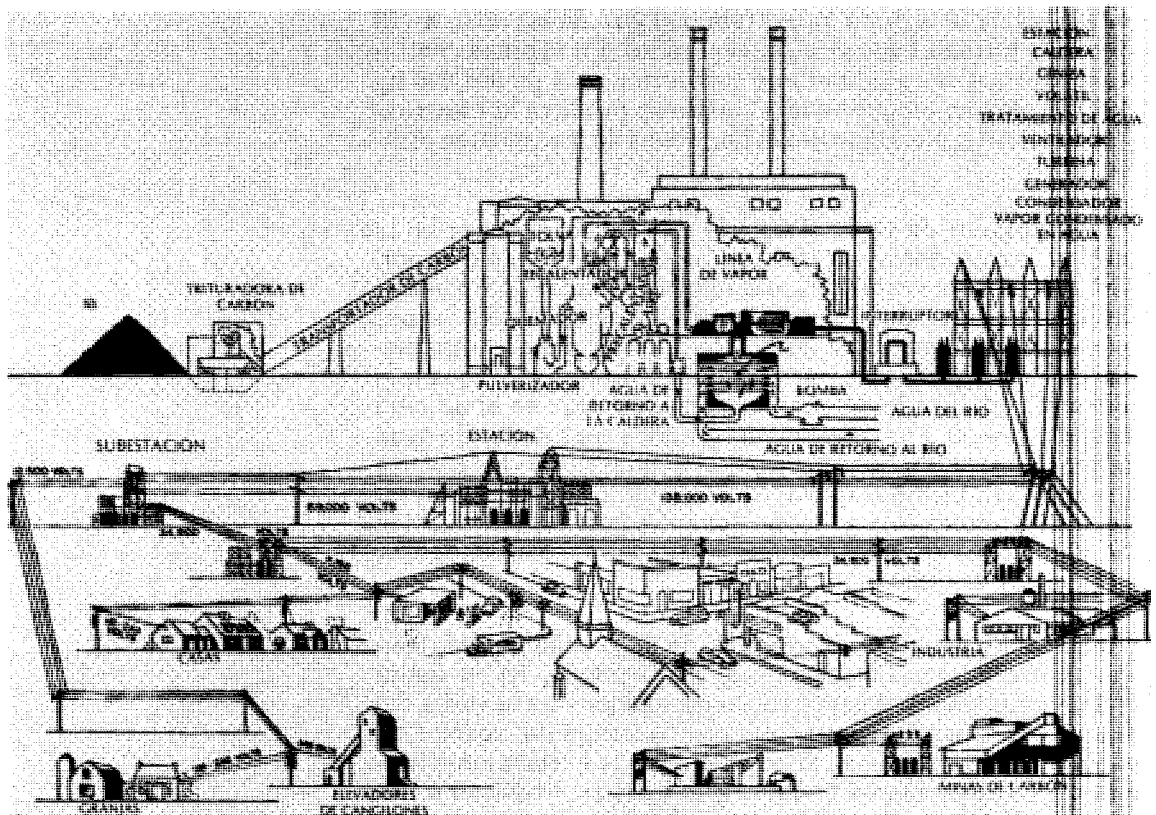
**Seguridad.** Muchos dispositivos de seguridad se emplean en las centrales nucleoelectricas; por ejemplo, en la figura 44-6 un recipiente hermético rodea completamente la vasija del reactor. Si ocurriera una ruptura en la vasija del reactor, el vapor y el agua entrarían precipitadamente al recipiente hermético; posteriormente el vapor y el agua se dirigirían a tra-

vés de las tuberías de ventilación hacia el toro, la base de forma toroidal de la vasija del reactor, y hacia las tuberías de descenso. Estas últimas se colocan alrededor del toro con sus aberturas bajo el agua. El agua ayuda a condensar el vapor, reduciendo así la presión. El gran anillo supresor que rodea al tanque seco cuenta con una cámara que actúa como un amortiguador para cualquier cambio rápido de la presión. Esto protege de daños a todo el sistema. Si se retira el agua de la vasija del reactor, éste parará en forma automática.

Una de las principales ventajas de las centrales nucleoelectricas es que operan con energía nuclear, la cual está disponible en cantidades prácticamente ilimitadas. La utilización de esta energía junto con un juicioso uso del carbón mineral, petróleo y gas natural, pueden ayudar a satisfacer las necesidades de energía en el futuro. Sin embargo, los factores de seguridad son muy importantes en el empleo de la energía nuclear.

Las centrales nucleoelectricas son estructuras enormes y complejas; se diseñan para soportar sismos y tornados; cuentan con muchos dispositivos y sistemas de seguridad especiales que ayudan a proteger la planta, a su personal y a la gente en el caso de un accidente serio. Sin embargo, a pesar de estas precauciones, el 28 de marzo de 1979 ocurrió un acci-

Fig. 44-7. Cómo se produce y suministra la energía eléctrica.



dente en la central nucleoelectrica Three Mile Island. Esta central se localiza cerca de Middletown, Pennsylvania, en el río Susquehanna. El accidente planteó interrogantes a mucha gente sobre el empleo de energía nuclear para generar electricidad.

Es importante, por tanto, que todos los ciudadanos estén bien informados acerca de las centrales nucleoelectricas. Conocer sus dispositivos de seguridad; analizar los métodos que se emplean para tratar y deshacerse de los desechos de las plantas nucleares; enterarse de qué programas se utilizan para entrenar a la gente que opera las centrales. Sólo cuando se conozcan y entiendan los hechos y riesgos podrá haber una toma de decisiones inteligente respecto del futuro de la energía nuclear. Las centrales nucleoelectricas en Estados Unidos operan bajo la dirección general de la Nuclear Regulatory Commission (*NRC*).

## **PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESTADOS UNIDOS**

En 1979, las centrales eléctricas que consumen carbón mineral produjeron 47.8% del total de energía que se consume en Estados Unidos. Las centrales que queman petróleo produjeron 13.5%; las que operan con gas, 14.7%; las hidroeléctricas, 12.4%; nucleoelectricas, 11.4%; y todas las demás fuentes, 0.2%.

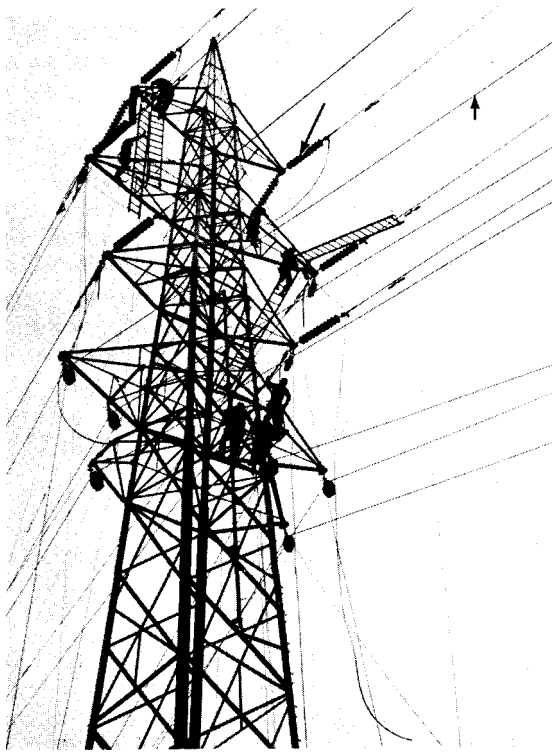
## **SISTEMAS DE TRANSMISIÓN**

Transportar la energía eléctrica de las centrales a los lugares donde se consumirá requiere grandes sistemas de transmisión y distribución [Fig. 44-7]. Los componentes principales de estos sistemas se analizan en seguida.

**Líneas de transmisión.** La energía eléctrica se transmite desde las centrales eléctricas por medio de cables aéreos soportados por torres elevadas. Los conductores trenzados centrales de estos cables se elaboran de acero para darles rigidez. Los conductores trenzados externos se fabrican de aluminio debido a su ligereza y capacidad para conducir corrientes. Los cables se aíslan de las torres con aisladores de porcelana para impedir pérdidas de energía eléctrica. En la figura 44-8 se muestran unos trabajadores de línea tendiendo cables para una línea de transmisión de alto voltaje (250 000 volts). En algunos casos, especialmente en las ciudades, los cables corren en portacables subterráneos.

**Transformadores.** En un sistema de corriente alterna se reducen las pérdidas de energía. Esto se debe a que el transformador permite elevar el voltaje de ca hasta valores muy altos. En la actualidad, algunos sistemas de transmisión usan 750 000

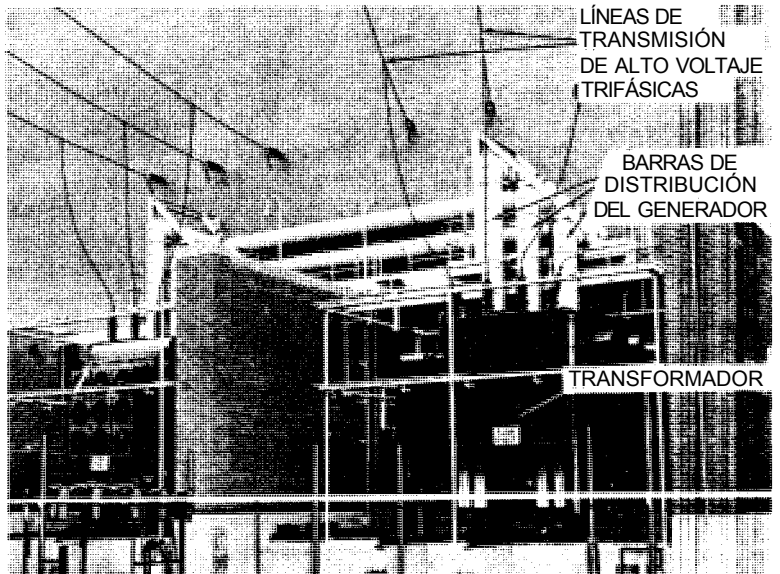




**Fig. 44-8.** Torres de transmisión de alto voltaje: (A) aisladores de alto voltaje; (B) conductores.

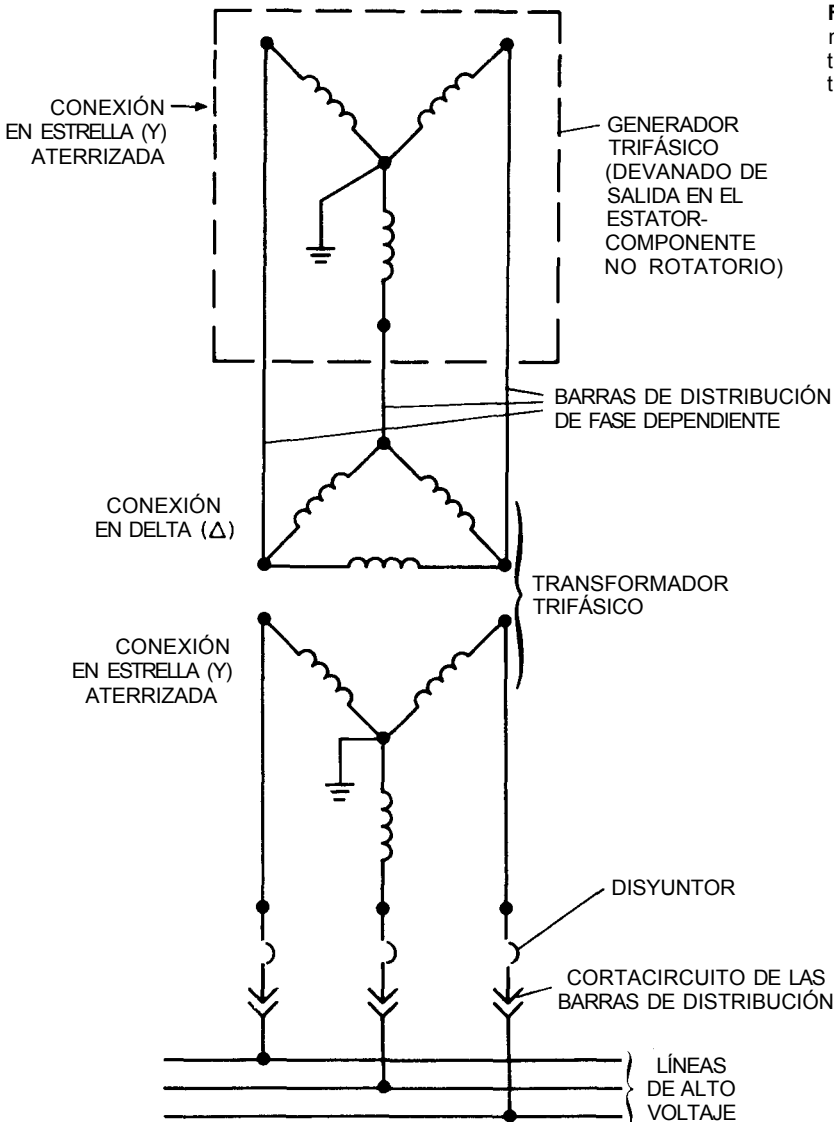
volts. Mediante un voltaje más elevado puede disponerse del mismo nivel de energía eléctrica con una corriente más baja. Esto se traduce en una pérdida menor de energía y un mayor rendimiento. Los transformadores permiten transmitir energía eléctrica en forma económica por distancias de 200 a

**Fig. 44-9.** Dos transformadores conectados en paralelo (Potomac Electric Power Co.).



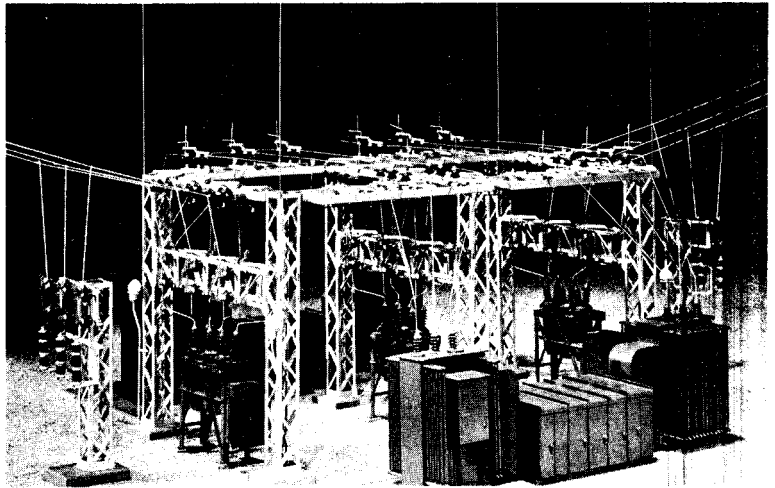
300 millas (322 a 483 km). Además de elevar o aumentar el voltaje para la transmisión a grandes distancias, los transformadores reducen el voltaje según los requerimientos de la carga.

En la figura 44-9 se muestran dos transformadores conectados en paralelo que se alimentan directamente de un alternador trifásico por medio de barras de distribución o alambres gruesos. Cada una de las tres fases del alternador se aísla de la otra. Cada barra de distribución se separa con aisladores en el centro de un protector similar a un tubo. Las conexiones internas de los alambres se muestran en la figura 44-10. Las líneas trifásicas de alto voltaje pueden observarse en la parte superior de la figura 44-9. Estas líneas se dirigen directamente a una subestación.



**Fig. 44-10.** Conexiones de alambre internas de un generador trifásico a un transformador trifásico y a las líneas de transmisión.

Fig. 44-11. Subestación (General Electric Co).



**Subestación y redes de distribución.** En la figura 44-11 se muestra una subestación o centro de distribución. Las subestaciones reducen el voltaje para el uso industrial y doméstico; distribuyen la energía eléctrica a diversas cargas en forma conveniente. Con las subestaciones es fácil aislar cualquier problema en un sistema de distribución.



Fig. 44-12. Detalles del equipo de distribución de una subestación.

**Disyuntores.** Un disyuntor es un interruptor eléctrico automático; se abre por sí mismo si una sobrecarga provoca corriente excesiva. Esto protege las líneas de transmisión y otras partes del circuito. Debido a las altas corrientes y voltajes (tan altos como 34.5 kV y 1 200 A), los disyuntores se sumergen en aceite; los más pequeños operan en el aire y se denominan disyuntores en aire. En la figura 44-12 se muestran dos disyuntores instalados en una subestación; por arriba del disyuntor está un interruptor desconectado. El personal de mantenimiento puede abrir este interruptor desde el suelo y, por eso, desconectar completamente la carga de la fuente. Esto permite que el trabajo que se tenga que realizar sobre el sistema se lleve a cabo en forma segura.

## ORGANIZACIÓN

Una compañía de suministro cuenta con muchos departamentos y grupos de trabajo. Éstos proporcionan un servicio eficaz, dan mantenimiento a las instalaciones y planean las mejoras y expansiones necesarias para satisfacer la demanda de energía eléctrica.

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

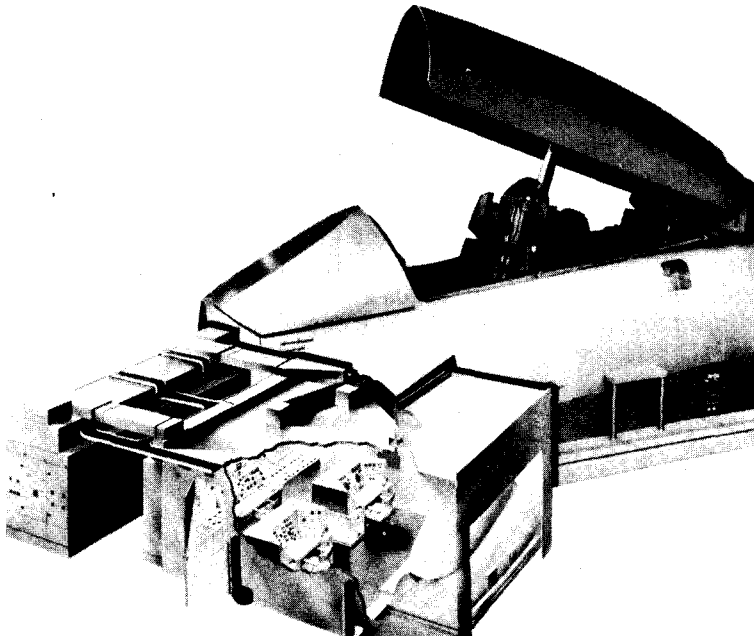
1. La primera central eléctrica se construyó en el año\_\_\_\_\_
2. Los tres tipos principales de centrales eléctricas son\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_y\_\_\_\_\_
3. Las barras que regulan la reacción en cadena en una planta nuclear se denominan barras\_\_\_\_\_
4. Voltajes tan altos como\_\_\_\_\_volts se han empleado en los sistemas de transmisión.

1. Explique por qué las centrales eléctricas de cc por lo general eran pequeñas y proporcionaban sólo servicio eléctrico local.
2. Explique por qué las turbinas se llaman máquinas generadoras de energía.
3. ¿Cuál es el significado del término sistema de conversión de energía?
4. Describa los principales componentes de una central nucleoelectrica.
5. Enumere los componentes principales de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.
6. ¿Cuáles son las tres funciones de una sub-estación?

## Unidad 45 Investigación y desarrollo en la electrónica

El término investigación significa "estudio o análisis completo de algún tema". En la industria, el mejoramiento de los productos y procesos existentes y el desarrollo de nuevos que sean útiles, son los dos objetivos principales de la investigación. Los nuevos productos y procesos se deben por lo general a los descubrimientos que se logran con los experimentos durante la in-

Fig. 45-1. Simulador de vuelo de un avión de reacción (Melpar).



vestigación. De este modo, la investigación y el desarrollo (I y D) están estrechamente relacionados.

En el campo de la electrónica, muchas áreas se investigan en forma constante con la intención de mejorar y ampliar la tecnología. Entre ellas se encuentra la electrónica molecular, la física de estado sólido, las funciones vitales, la exploración espacial, el procesamiento de datos y el magnetismo.

## INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA

La investigación y el trabajo del personal de ingeniería se relacionan en forma muy estrecha. Los ingenieros desarrollan las ideas que brinda la investigación científica en productos y sistemas útiles. Un ejemplo de un sistema que es el resultado de la íntima cooperación entre científicos, ingenieros y técnicos, se muestra en la figura 45-1.

Los investigadores científicos y los ingenieros son responsables también de las pruebas y evaluaciones que se realizan sobre las piezas del equipo o material desarrollado. Se efectúan pruebas ambientales, eléctricas, metálicas y fisico-químicas, las cuales suministran información acerca de la calidad, funcionamiento y seguridad funcional de un producto.

## DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO

El circuito impreso multicapas muestra cómo la investigación y el proceso de desarrollo dan como resultado un producto específico. Este circuito impreso se fabrica comprimiendo un conjunto de circuitos impresos interconectados de manera que ocupen el mínimo espacio posible (Fig. 45-2).

Existen varios pasos en la producción de un nuevo y complejo producto de alta calidad. Primero, deben determinarse los materiales y procesos requeridos. Segundo, deben definirse y medirse sus parámetros (márgenes de límites y capacidades) y características. Estos pasos suministran información relacionada con los efectos del ambiente en el material. Tal información se relaciona con la temperatura, impactos, vibración, humedad, métodos de fijación, deformación y torsión, etc. El tercer paso radica en el establecimiento de procedimientos de control efectivos y económicos. El conocimiento

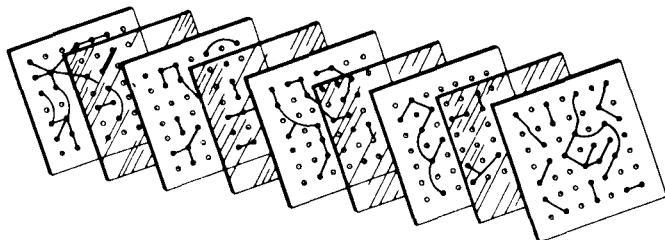


Fig. 45-2. Circuito impreso grabado multicapa antes de armarse (Melpar).

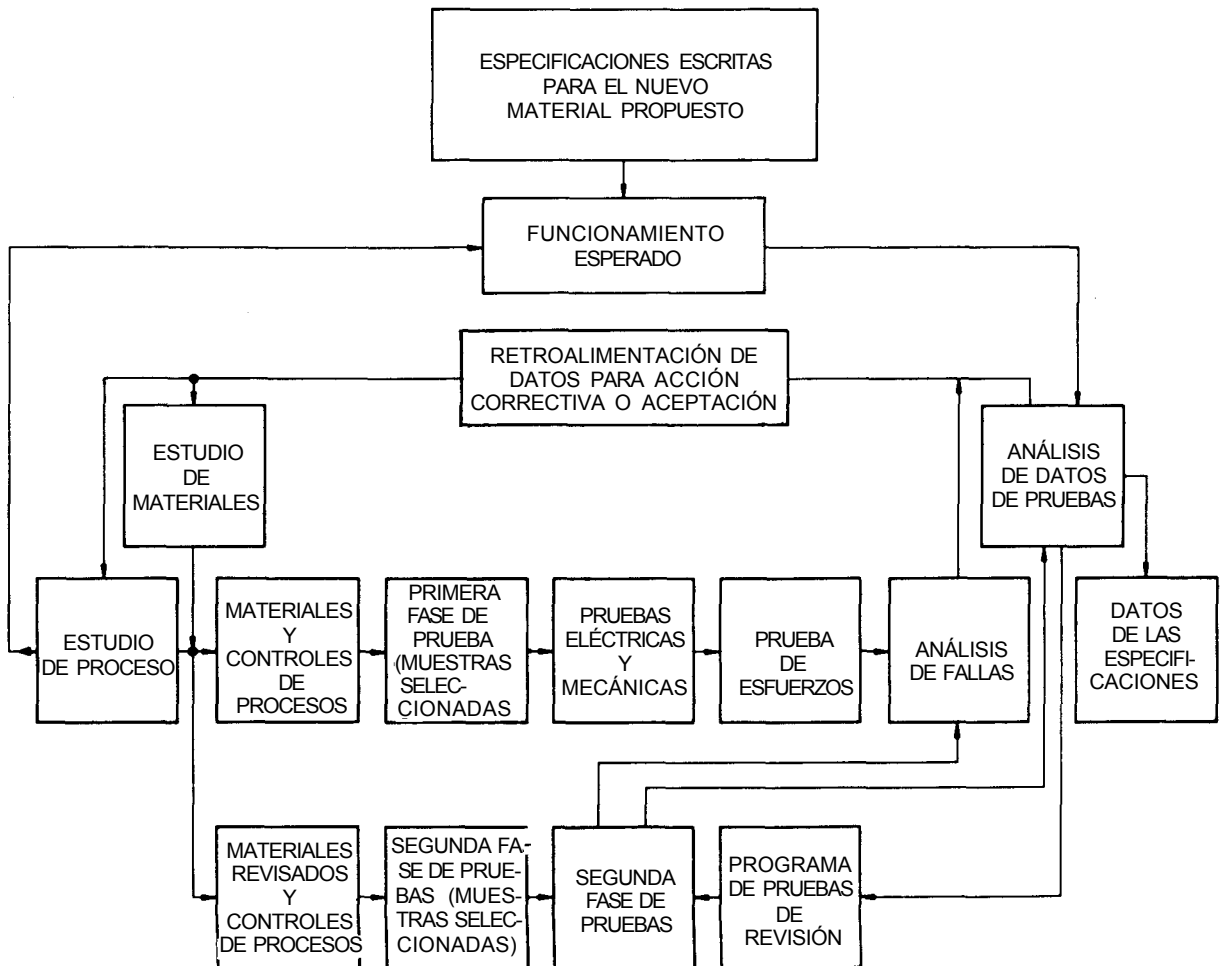
que se obtiene del producto durante estos pasos se emplea para modificar los materiales y procesos según sea necesario. En el diagrama de flujo de la figura 45-3 se muestran los procesos del desarrollo de un nuevo material o producto y sus interrelaciones.

## SERVICIOS DE INGENIERÍA Y FABRICACIÓN

El diseño y desarrollo de nuevos productos o materiales es la función principal de una compañía de investigación y desarrollo. Sin embargo, una compañía de este tipo necesita una división de *fabricación* para apoyar sus demás actividades. La división de fabricación desarrolla modelos experimentales, equipo prototipo, y la fabricación y procedimientos de ensamble.

Los servicios de ingeniería se orientan en gran medida a la investigación de mercados y a las ventas. Los servicios en el

Fig. 45-3. Diagrama de flujo de los diferentes procesos y sus interrelaciones en el desarrollo de un nuevo material para la industria electrónica (Melpar).

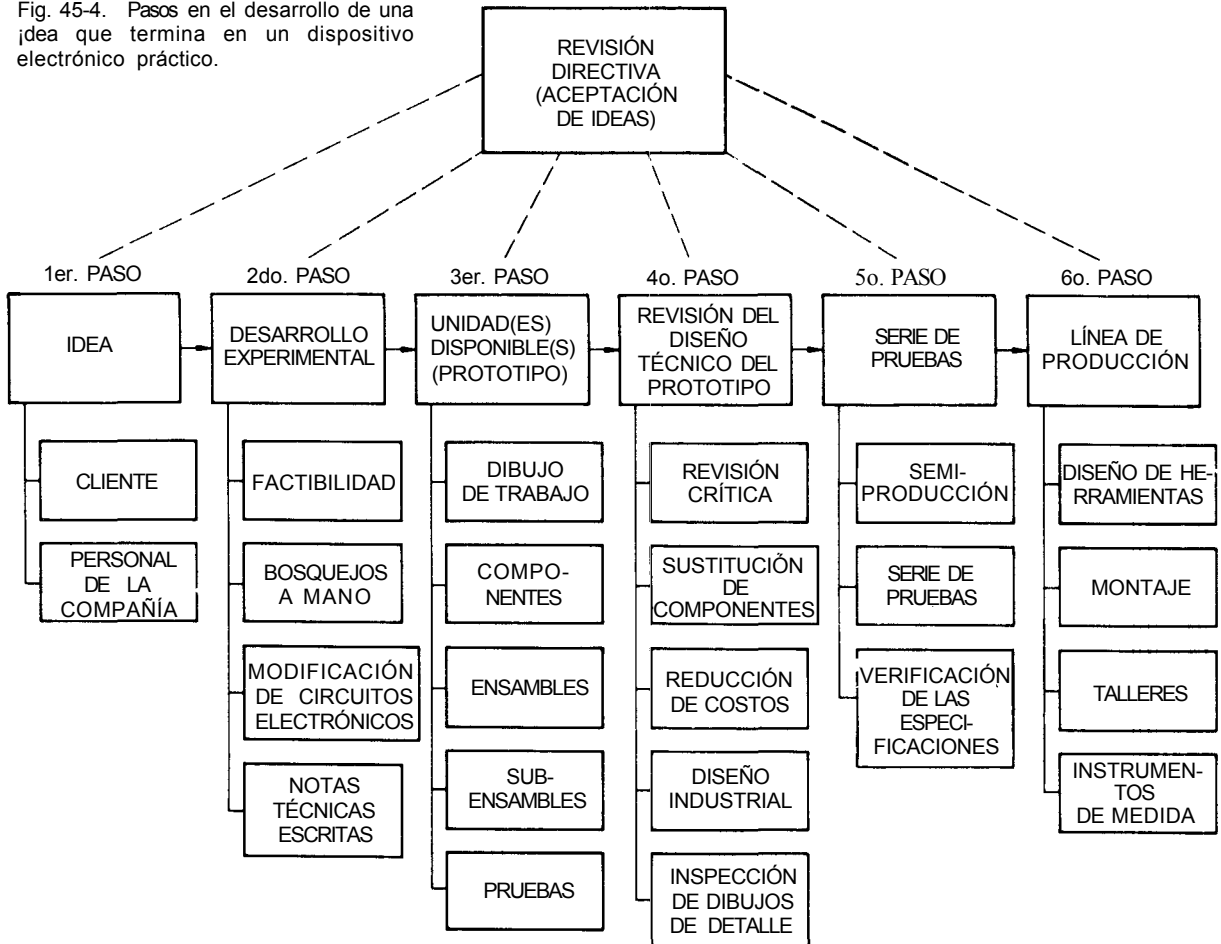


caso de la ingeniería se brindan en lugares en que muchos productos de la compañía están siendo utilizados. Los servicios incluyen el suministro de equipo de prueba, la determinación de disponibilidad de piezas de repuesto y el entrenamiento del personal para servicio al usuario.

## DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

En la figura 45-4 se muestran seis pasos principales en el desarrollo de una idea que conduce a un dispositivo electrónico práctico. El primer paso es una idea concebida. Las ideas para el desarrollo de nuevos productos o materiales provienen de dos fuentes principales: 1) de la misma compañía, de sus científicos, ingenieros, personal directivo y otros, y 2) de un usuario que tiene una necesidad. Este último puede tener un problema y pedir ayuda para resolverlo. Esta idea o necesidad se expresa usualmente en un informe o propuesta escritos en

Fig. 45-4. Pasos en el desarrollo de una idea que termina en un dispositivo electrónico práctico.



donde se señalan las especificaciones del nuevo producto o material y una estimación del tiempo necesario para producirlo. La compañía de investigación y desarrollo y el usuario llegan a un acuerdo respecto de los factores y costos requeridos. Posteriormente se inicia el trabajo.

**Ideas exploratorias.** La investigación y el desarrollo por lo general implican resolver nuevos problemas. Debido a eso, se realiza primero bastante trabajo de exploración. Este trabajo de exploración es el segundo paso en el proceso de investigación y desarrollo; su objetivo primario es encontrar si una idea es práctica. En la industria electrónica, el proceso de exploración se denomina desarrollo experimental, un diseño y proceso de desarrollo en el cual los científicos e ingenieros prueban teorías. Quieren averiguar si sus ideas son viables electrónicamente. Para registrar las ideas acerca de los nuevos circuitos se emplean borradores a lápiz; en la parte inferior se escriben notas técnicas para anotar los resultados. Pueden pasar entre seis y ocho meses antes que se encuentre y apruebe un circuito satisfactorio. En esta etapa, un usuario puede tener la intención de solicitar dos o tres prototipos o unidades disponibles.

**Prototipos disponibles.** El proceso del desarrollo de la ingeniería para fabricar un prototipo disponible es el tercer paso. Tal prototipo se desarrolla a partir de las ideas prácticas que se encontraron durante el desarrollo experimental. En el transcurso de este paso, se realizan los dibujos de construcción de los componentes. Éstos incluyen las especificaciones y los diseños de los componentes de soporte, ensambles y subensambles. Durante el desarrollo del prototipo disponible se efectúan pruebas para asegurar que el mismo continúe trabajando y para mejorar la manera como lo hacen.

**Revisiones.** El cuarto paso en el desarrollo de un dispositivo electrónico a partir de una idea es la revisión técnica del diseño. Esto implica efectuar un juicio crítico de todo el proceso hasta este punto. Los representantes de varias divisiones —como fabricación, ingeniería, adquisiciones, control de calidad y seguridad funcional, escritos técnicos, etc.— formulan preguntas en relación con las unidades ya desarrolladas. Esta revisión con frecuencia se llama ingeniería de valor; es un planteamiento en equipo para resolver problemas técnicos e implica tratar de eliminar componentes innecesarios y hacer sustituciones con nuevos materiales de bajo costo donde sea posible. En esta etapa se realizan los dibujos de detalle y se resuelve cualquier problema de diseño mecánico y eléctrico.

**Serie de pruebas.** Éste es el quinto paso y se efectúa para comparar un pequeño número de dispositivos de acuerdo con las especificaciones originales; proporciona además un medio para revisar todas las herramientas y accesorios que se usarán



en el proceso de fabricación. Durante la serie de pruebas se actualizan las *hojas para proceso*. Éstas explican detalladamente las operaciones que deben llevarse a cabo para completar el trabajo; comprenden detalles del tiempo de fabricación, número de componentes, secuencia de operaciones y procedimientos de ensamble. Al completar todas las partes de este paso, el dispositivo está listo para la producción.

**Producción.** La producción del dispositivo en las cantidades necesarias es el sexto y último paso en el proceso de desarrollo. Las actividades de fabricación pueden incluir trabajos sobre hojas metálicas, maquinado, soldadura, soldadura con bronce, pintura y acabado. Los talleres de modelos y mecánicos disponen de las instalaciones para realizar modelos y construir tableros y equipo experimental. En los talleres de alambrado y montaje se realizan las conexiones para todo el equipo electrónico, incluidos circuitos impresos y unidades modulares y de chasis. El trabajo de precisión se efectúa en salas limpias, donde se tiene un ambiente controlado en el cual el polvo y otras partículas extrañas se evitan al máximo y la temperatura se mantiene constante. La división de fabricación controla también la programación de todas las actividades de taller y envíos.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. La investigación está estrechamente relacionada con\_\_\_\_\_
2. Un margen de límites y capacidades es un\_\_\_\_\_
3. Las ideas de desarrollo provienen del personal de la compañía y de\_\_\_\_\_
4. En la industria electrónica el proceso exploratorio se denomina\_\_\_\_\_
5. Las primeras unidades disponibles se denominan\_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_ es otro término para la revisión del diseño técnico.
7. Un \_\_\_\_\_ explica detalladamente las operaciones en la fabricación de un producto.
8. Un sitio de fabricación con un ambiente controlado se denomina\_\_\_\_\_.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Explique las relaciones entre la investigación y el desarrollo.
2. Mencione tres pasos en la producción de un nuevo producto.
3. Enumere los pasos que se siguen en el desarrollo de un dispositivo electrónico.
4. ¿Cuáles son las fuentes principales de nuevas ideas?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Seleccione un dispositivo electrónico doméstico ordinario y trate de seguir su desarrollo hasta el tiempo presente.
2. Presente una idea en clase para desarrollar o modificar un dispositivo electrónico que cubra sus necesidades. Tal vez se requiera seguir los seis pasos sugeridos en la unidad para lograr un producto práctico.

# Unidad 46 Manufactura de productos

La manufactura de productos electrónicos es una de las industrias principales en Estados Unidos. En contraste con la investigación y desarrollo en la electrónica, la fabricación de productos electrónicos se efectúa generalmente a gran escala (Fig. 46-1).

Una compañía de manufactura electrónica por lo general es privada y tiene sus propios accionistas. También puede ser una división electrónica de una compañía matriz más grande. Las compañías electrónicas tienen a menudo varias divisiones, como química, laboratorios, servicios e ingeniería. Cada división tiene su propia organización y funciones. La cooperación entre las divisiones la dirigen los directores divisionales y sus asistentes.

## DESARROLLO DEL PRODUCTO

Los seis pasos básicos en el desarrollo de una idea para lograr un dispositivo electrónico práctico casi siempre son los mismos en la manufactura de productos y en la investigación y desarrollo. Sin embargo, en aquella, el departamento de ventas con frecuencia es el primero que está consciente de la necesidad de fabricar un producto o dispositivo particular. Esta información es una realimentación de datos de suma importancia y con base en ella los directivos toman decisiones en relación con una línea particular de productos que se manufacturará.

La manufactura de productos generalmente sigue estos siete pasos básicos: 1) desarrollo de dibujos de acabado; 2) pedidos de materias primas y componentes; 3) planeación y control del proceso de manufactura; 4) fabricación de componentes; 5) ensamblado de componentes; 6) prueba de componentes (ensambles y subensambles) para satisfacer ciertas especificaciones, y 7) inspección y despacho del producto final.

Se han ideado dos importantes formas para controlar la fabricación de productos. Éstas son las hojas para el proceso de manufactura y las especificaciones para el mismo.

**Hojas para el proceso de manufactura.** En la figura 46-2 se muestra una hoja para el proceso de manufactura. Nótese que ésta contiene mucha información acerca del componente, como nombre, número, tiempo estándar de manufactura y circulación de los materiales.

El tiempo estándar es el tiempo real que toma realizar una operación. Los tiempos para efectuar las operaciones se estiman antes que se fabrique cualquier componente. Después, la validez de estas estimaciones se verifica contrastándola con una serie de pruebas y se corrige según sea necesario.



Fig. 46-1. Terminación del devanado del inducido de motores en una planta de manufactura (Ametek, Inc.).



## I. Propósito

Esbozar un proceso para la soldadura de las tablillas o placas de los circuitos impresos.

NOTA: La soldadura por inmersión se emplea principalmente para placas de más de 3 1/2 pulg de ancho y para tableros con soportes o lengüetas de conexión del lado del circuito. Las placas con áreas densamente pobladas de componentes son más apropiadas para la soldadura por onda y, cuando sea posible, debe utilizarse dicho proceso.

## II. Equipo

Máquinas para soldar por inmersión.

Fundente para soldar, fórmula número ZZ.

Accesorios de soporte (4 disponible; 2 para placas de 1 3/4 a 2 3/4 de pulg y Z para placas de 3 a 4 1/2 pulg).

Soldadura 63-37.

Removedor de fundente tipo 6x.

Limpiador.

Termómetro.

Raedora (de acero inoxidable con mango de plástico para remover impurezas).

## III. Preparación para la soldadura por inmersión

A. Gire la perilla del termostato de crisol del soldador no. 5 (ajuste de 500°). Este ajuste calentará a la soldadura entre 440 y 470° F. Precaución: ésta es la temperatura correcta para el soldador por inmersión y debe verificarse con un termómetro antes de proceder al realizar soldadura.

B. Después de verificar la temperatura de soldadura, coloque en forma perpendicular el brazo de barrido de la máquina de soldadura por inmersión. Fije un grupo de accesorios de soporte con el ancho correcto de la placa o tablilla que se soldará (o una placa de prueba del ancho exacto). Ajuste a la altura correcta el accesorio de soporte, sin la placa. El nivel superior de la soldadura debe coincidir con la base de la muesca en el accesorio de soporte. Con una placa de prueba, la tablilla debe coincidir con el nivel superior de la soldadura. Precaución: no permita que la placa se sumerja. Encienda la máquina y regrese la placa a su posición inicial. El accesorio de soporte deberá estar en el lado correcto de la máquina.

## IV. Operación

A. Ajuste los dos accesorios de soporte al ancho correcto.

B. Inserte las placas y sumérjalas en el fundente para soldadura del no. 22.

C. Limpie las impurezas de la parte superior del crisol para soldar con la raedora.

D. Cuelgue el accesorio de soporte y oprima el botón de arranque. Permita que se complete un ciclo.

E. Retire la placa del accesorio de soporte y aplíquelo el limpiador. Vuelva a limpiar con un removedor de fundente tipo 6x.

## V. Retoque e inspección

A. Regrese la placa a la mesa de trabajo para inspeccionarla y retocarla según se requiera.

B. Después de la inspección y del retoque, vuélvalo a poner en la cabina de ventilación para limpiarlo por aspersión con el limpiador.

C. Someta a las placas o tablillas al control de calidad.

Después de la aceptación, las placas del circuito impreso deben colocarse en bolsas de plástico.

## VI. Mantenimiento de la máquina soldadora por inmersión

Cuando la soldadura en las placas presente una apariencia opaca, sucia o fibrosa (la soldadura escapa de la superficie de las pistas o de soldado), sustituya la soldadura del crisol.

Aprobación:

Diseñador            Ingeniería de manufactura

Producción        Control de calidad

Fig. 46-3. Especificaciones para el proceso de manufactura de un tablero de circuito impreso: operación de soldadura por inmersión.

## MANUFACTURA DE COMPONENTES

Las fábricas de componentes desempeñan un papel clave en la industria electrónica. Cualquiera de estas compañías emplea desde 20 hasta varios miles de personas. La variedad de componentes que fabrican es tan abundante como los elementos de los equipos electrónicos. Algunas compañías se especializan en algún artículo, por ejemplo, un filtro. Otras elaboran una diversidad de artículos, como tableros de terminales, conectores de seguridad, conexiones de ánodo, puntas de prueba y muchos otros.

Varios elementos son comunes a la organización de todas las compañías, sin importar el tamaño de las mismas. El proceso de manufactura de productos comprende siempre cinco pasos: 1) ventas, 2) ingeniería, 3) desarrollo de prototipos, 4) producción y 5) envío. Estos pasos son completamente similares tanto para los pequeños fabricantes de componentes como para los grandes.

### AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. En una compañía manufacturera de productos, el departamento\_\_\_\_\_información de retroalimentación muy importante para la dirección.
2. Un documento que contiene información relacionada con el nombre, número y circulación de los componentes o materiales es la\_\_\_\_\_
3. En las\_\_\_\_\_pueden encontrarse operaciones de manufactura específicas.
4. Un sistema diseñado para garantizar que los productos alcancen las especificaciones durante el proceso de manufactura se denomina\_\_\_\_\_
5. Las pequeñas compañías electrónicas que manufacturan componentes electrónicos especiales se llaman\_\_\_\_\_

### PARA REPASO Y ESTUDIO

1. Describa las principales diferencias de organización entre un fabricante de productos y una compañía dedicada a la investigación y desarrollo.
2. Enumere los siete pasos básicos en la manufactura de productos.
3. ¿Cuáles son los cinco elementos comunes a las compañías manufactureras, independientemente de su tamaño?

### ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Obtenga el organigrama de una compañía electrónica mediana. Analice las funciones que se desarrollan en la manufactura de un producto electrónico.
2. Elabore el esbozo de un plan para que cada estudiante produzca a gran escala un dispositivo electrónico de bajo costo. La clase podría organizarse para formar una supuesta "compañía" electrónica.

# Prueba e investigación de fallas

# 9

## Unidad 47 Instrumentos electrónicos de prueba

---

En las unidades anteriores, se analizó el instrumento de prueba básico, el multímetro. También se describieron los instrumentos que se emplean para probar capacitores y transistores. Otros muchos instrumentos de prueba y medición se emplean en los campos de la electricidad y la electrónica. Tres de éstos son el osciloscopio, el generador de señales y el trazador o seguidor de señales, los cuales se usan para probar el funcionamiento de ciertos sistemas de circuitos. Se emplean también para ajustar diferentes tipos de circuitos para que trabajen en forma eficaz. La operación del generador de señales incluye dos funciones de circuito muy importantes, las cuales también se estudian brevemente en esta unidad. Éstas son las de oscilación y modulación.

### OSCILOSCOPIO

El osciloscopio es uno de los más importantes instrumentos de prueba; se emplea en todos los tipos de actividades de diseño, servicio y mantenimiento (Fig. 47-1). El propósito principal del osciloscopio es mostrar la forma de onda o gráfica de un voltaje (Fig. 47-2). Esto hace posible probar circuitos mirando si las formas de onda de sus voltajes en diferentes puntos son correctas.

**Tubo de rayos catódicos.** Las formas de onda que muestra un osciloscopio se indican visualmente sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos (TRC). Éste es en muchos aspectos similar al cinescopio de un aparato de televisión en blanco y negro. Un cañón electrónico en el cuello o extremo estrecho del tubo genera un haz de electrones, llamado algunas veces rayo catódico (Fig. 47-3A). Cuando el haz de electrones incide

Fig. 47-1. Osciloscopio. La mayor parte de los controles (intensidad, enfoque, etc.) que se ven en esta fotografía se encuentran en todos los osciloscopios de propósito general (Heath Co.).

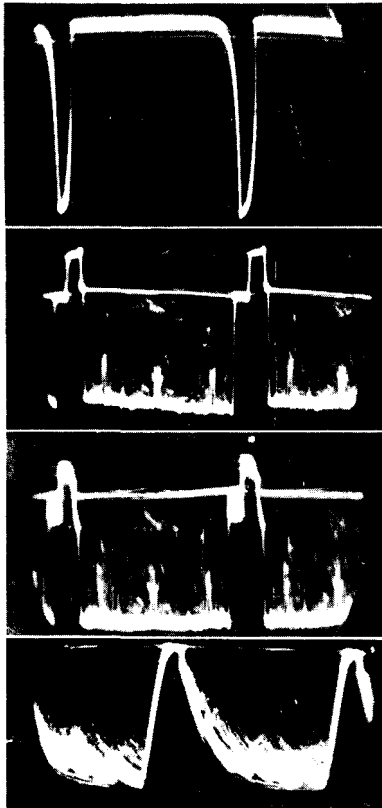
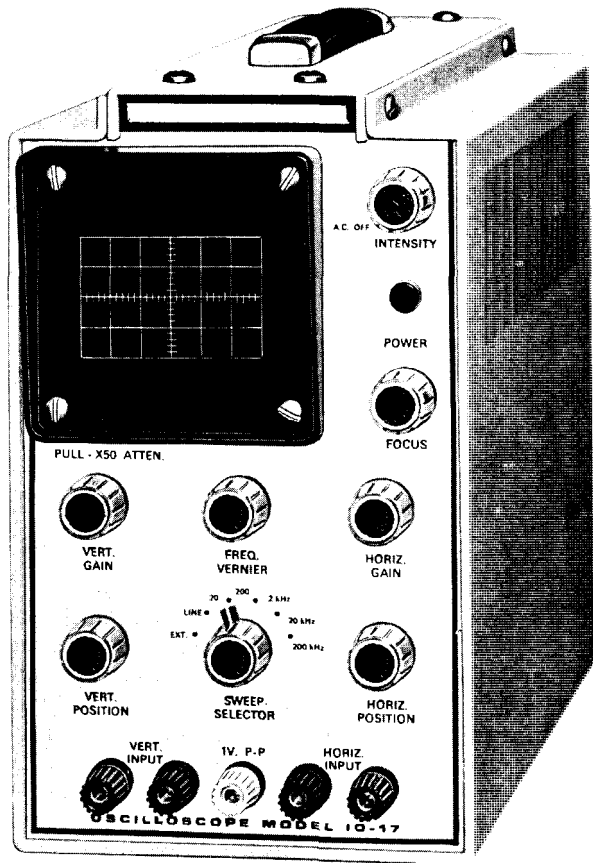
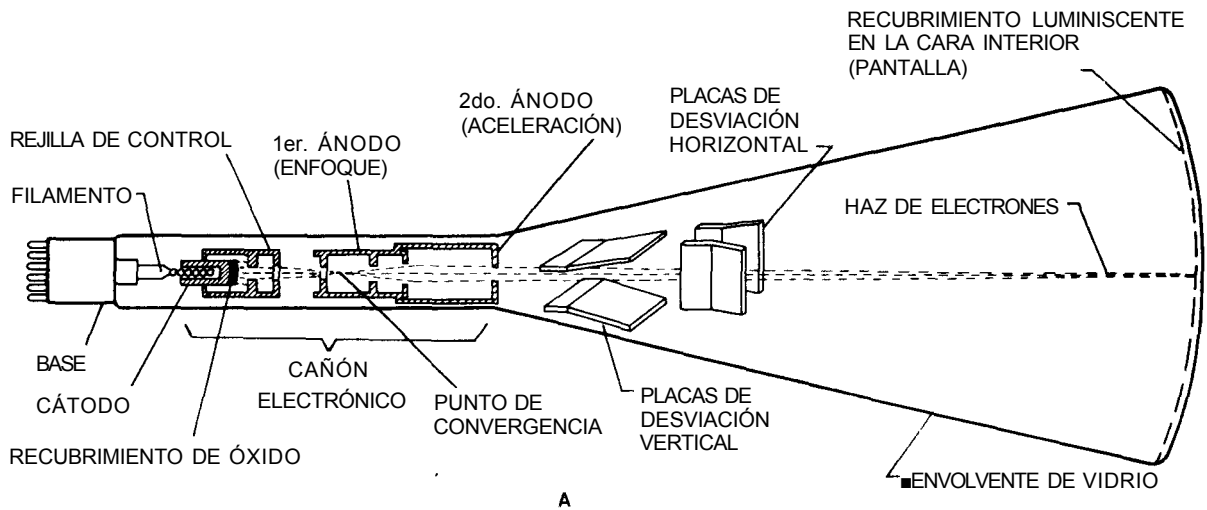


Fig. 47-2. Imágenes de un osciloscopio que muestran las formas de onda del voltaje presentes en puntos diferentes de un circuito de televisión.

sobre el recubrimiento de fósforo en la pantalla de tubo, el fósforo brilla o emite rayos fluorescentes. Si el haz no se mueve ni horizontal ni verticalmente, en la pantalla aparece un diminuto punto de luz (Fig. 47-3B).

**Desviación electrostática.** El haz de electrones de un tubo de rayos catódicos en un osciloscopio se desplaza mediante un proceso conocido como desviación electrostática. Puesto que el haz es de electrones o cargas negativas, la fuerza de atracción o repulsión electrostática provoca que el haz se desvíe. Esto se consigue aplicando voltajes en las placas de desviación horizontal y vertical del tubo (véase la Fig. 47-3A). En las figuras 47-4A y 47-4B se muestran ejemplos de la desviación horizontal y vertical del haz. Si una placa de desviación horizontal y una de desviación vertical simultáneamente se polarizan positivas o negativas con la misma magnitud, el haz recorrerá a la pantalla en forma diagonal (Fig. 47-4C).

**Circuito de barrido.** Cuando el control de ganancia vertical de un osciloscopio se reduce totalmente y el de ganancia horizontal se eleva, el haz de electrones barre o se desplaza a través de la



pantalla de rayos catódicos en una dirección horizontal. El punto del haz se mueve tan rápidamente que, debido a la característica de los ojos conocida como persistencia visual, aparece como una línea continua (Fig. 47-5).

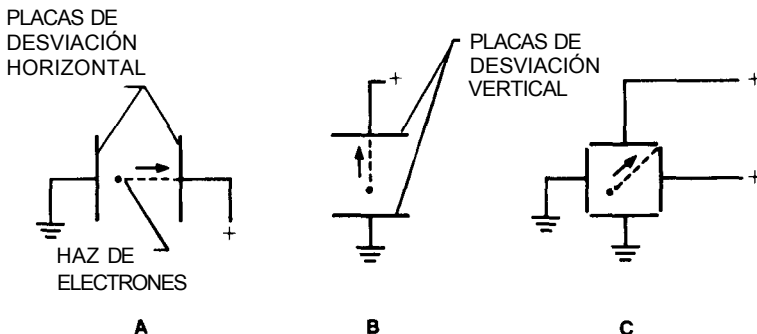
El barrido horizontal del haz se genera en un circuito del osciloscopio llamado comúnmente generador de barrido. Este circuito genera un voltaje de salida en forma de diente de sierra. Cuando este voltaje se aplica entre las placas de desviación horizontal, el haz se mueve por la pantalla de izquierda a derecha; posteriormente regresa rápidamente a la posición inicial. La velocidad con la cual se repite esta acción está determinada por la frecuencia del generador de barrido. La frecuencia del generador puede cambiarse variando la base de tiempo, frecuencia de barrido o un control del osciloscopio de nombre similar.



**Fig. 47-3.** Tubo electrónico de rayos catódicos del osciloscopio: (A) estructura del tubo; (B) diminuto punto o mancha de luz que aparece sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos (fotografía cortesía de Tektronix, Inc.).

## GENERADOR DE SEÑALES

Un generador de señales es un instrumento de prueba que se emplea para suministrar voltajes de salida de diferentes fre-



**Fig. 47-4.** Desviación electrostática del haz de electrones en un tubo de rayos catódicos: (A) horizontal; (B) vertical; (C) diagonal.



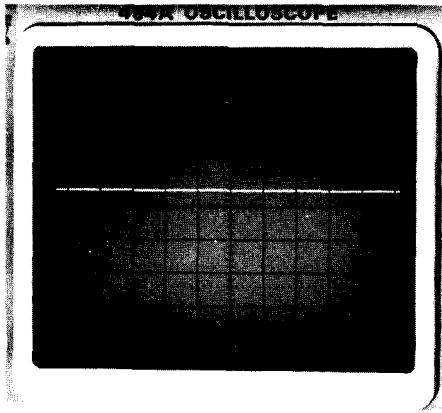


Fig. 47-5. Línea horizontal o traza que aparece en la pantalla de un tubo de rayos catódicos de osciloscopio (Tektronix, Inc.).

cuencias (Fig. 47-6). Estos voltajes o señales se aplican a ciertos circuitos, como los de un receptor de radio. Esto se hace para probar y ajustar los circuitos con el fin de obtener una operación más eficaz.

**Circuito oscilador.** El corazón de un generador de señales típico es su circuito oscilador. Dicho circuito produce una corriente alterna a partir de la acción de un circuito de capacitancia e inductancia o uno de resistencia y capacitancia.

Un circuito oscilador de inductancia y capacitancia común conocido como oscilador *Hartley* se muestra en la figura 47-7. Conforme la corriente continua inicia su paso a través del circuito colector del transistor, genera un campo magnético que se expande alrededor de la bobina L1. Tal campo magnético induce un voltaje en la bobina L2. El voltaje inducido excita al circuito que se compone de L1, L2 y el capacitor C1 en oscilación; la cual produce un voltaje alterno en el circuito de salida. A la combinación de L1, L2 y C1 se le llama comúnmente circuito tanque.

Mientras el circuito tanque oscila, una fracción de su energía, en forma de un voltaje, se realimenta a través del capacitor C2 de la entrada del circuito. La entrada se encuentra en la conexión de la base del transistor. Posteriormente el transistor amplifica el voltaje de realimentación. Lo anterior reabastece energía al circuito tanque a través del circuito del colector. Debido a esto, se reponen las pérdidas de energía por efecto de la resistencia del circuito. Debido a ello el circuito se mantiene oscilando; la inductancia de L1 y L2 y la capacitancia de C1 determinan la frecuencia de oscilación. Puesto que C1 es un capacitor variable, puede variarse la frecuencia de la señal de salida.

**Generadores de señales de audiofrecuencia y de radiofrecuencia.** Los generadores de señales de audiofrecuencia (AF) producen señales de salida con una frecuencia en la banda comprendida entre 10 Hz y 100 kHz. Estos generadores producen una salida de forma de onda senoidal. Muchos producen

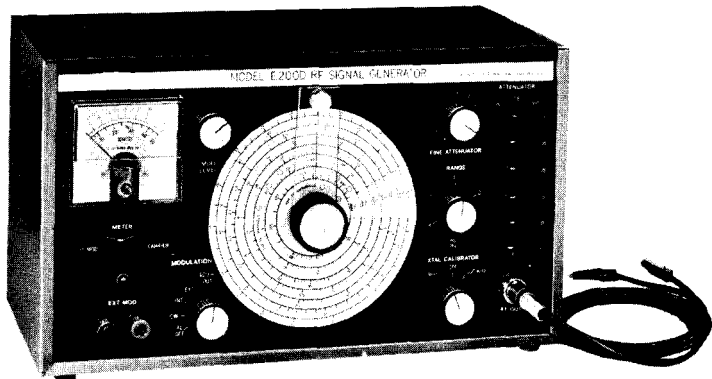


Fig. 47-6. Generador de señales de RF (Precisión Apparatus Division of Dynascan Corporation.).

también una salida de onda cuadrada. Los generadores de señales de radiofrecuencias tienen una banda de frecuencia que va aproximadamente desde 100 kHz hasta 100 MHz o más.

**Modulación.** En el generador de señales de radiofrecuencia típico la señal de un circuito oscilador de 400 Hz en el generador puede emplearse para modular la señal de salida. La modulación es la variación de la amplitud o de la frecuencia de una onda portadora. En este caso, la onda portadora es el voltaje de salida de onda senoidal. El proceso de variar la amplitud se denomina modulación de amplitud, MA (AM: amplitude modulation) y el que varía la frecuencia, modulación de frecuencia, MF.

Debido a sus salidas moduladas, el generador de señales de radiofrecuencias se emplea comúnmente como un transmisor de radio miniatura para probar circuitos de receptores de radio. En tales pruebas el generador de señales se conecta en ciertas partes de un circuito de radio. Si el circuito está operando en forma correcta, el altavoz reproduce la señal o tono de 400 Hz, con el cual se modula la onda portadora. Tipos especiales de generadores de señales de radiofrecuencia también se emplean comúnmente para probar y ajustar circuitos de receptores de televisión.

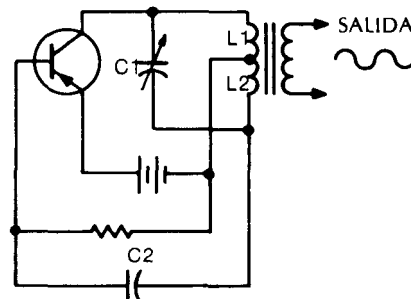


Fig. 47-7. Circuito oscilador Hartley.

## TRAZADOR O SEGUIDOR DE SEÑALES

Éste es un instrumento para rastrear o seguir una señal de voltaje en circuitos como los que se encuentran en amplificadores y receptores de radio (Fig. 47-8). Para ello se conectan diferentes puntos del circuito bajo prueba en la entrada del instrumento. Si el circuito está operando en forma correcta, el trazador de señales lo indica con una señal de salida de audio que se escucha en un altavoz o audífono.

Cuando un trazador o rastreador de señales se emplea con una señal de radiofrecuencia modulada el rastreador debe contar con un circuito detector. Este circuito separa las señales de audio de la portadora de radiofrecuencia. Esto es necesario puesto que un altavoz del trazador o seguidor de señales no responde a señales más allá de las bandas de frecuencia de audio.

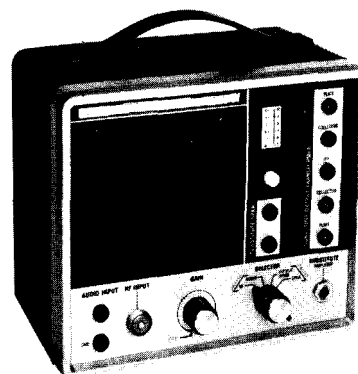


Fig. 47-8. Trazador o seguidor de señales (ELCO Electronic Instrument Company, Inc.).

## EMPLEO DE INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS DE PRUEBA

Con los siguientes procedimientos se proporciona información básica acerca de la operación del osciloscopio. Los controles que se mencionan son los que se encuentran en un instrumento de propósito general (Fig. 47-9). Después de conocer cómo se opera un osciloscopio, se podrá emplear el osciloscopio para diversas finalidades. Muchos osciloscopios tienen

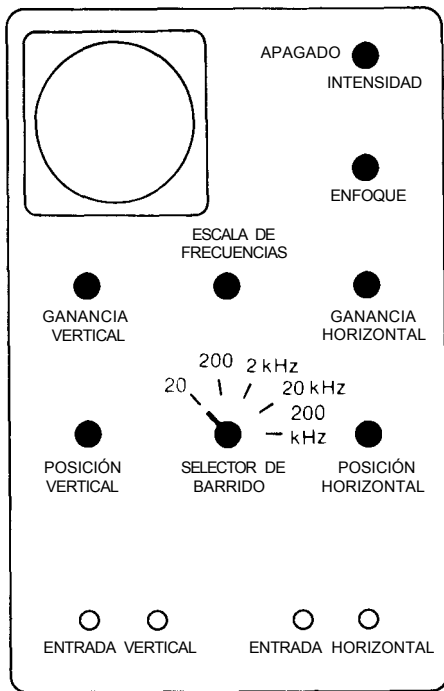


Fig. 47-9. Controles de un osciloscopio típico.

controles adicionales. Antes de operar un osciloscopio u otro equipo de prueba, debe leer cuidadosamente el manual de instrucciones. La información básica relacionada con la operación de un generador de señales también se presenta en los siguientes procedimientos.

### Procedimiento

1. Encienda el osciloscopio. Ajuste los siguientes controles como se indica:

Ganacia vertical	hasta el tope en el sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj
Ganancia horizontal	hasta el tope en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj
Intensidad	aproximadamente en el centro de rotación del control

2. Ajuste el control de posición vertical de manera que la traza o línea horizontal aparezca en el centro de la pantalla del osciloscopio.
3. Ajuste el control de intensidad en forma tal que la línea pueda verse claramente sin demasiada brillantez. Después regule el control de enfoque para que la línea esté "limpia" o bien definida.
4. Ajuste el control de ganancia horizontal para que la línea sea lo suficientemente larga y se extienda hasta cada lado de la pantalla. Esto también puede requerir ajustar el control de posición horizontal. Notará que este control de posición le permite mover las líneas a la derecha o a la izquierda.
5. Gire el control de ganancia vertical aproximadamente 1/4 de su giro máximo en el sentido del movimiento de las agujas del reloj.
6. Conecte un generador de señales de audiofrecuencia en los conectores de entrada verticales del osciloscopio. Ajustelo para que genere una salida de onda senoidal con una frecuencia de 1 000 Hz.
7. Ajuste el control del selector de barrido del osciloscopio en la posición de 2 kHz. A continuación ajuste el control de la escala de frecuencia para que aparezca en la pantalla una onda senoidal completa. Inmediatamente después ajuste el control de ganancia vertical para producir la altura de la forma de onda que se desee.
8. Ajuste el generador de señales para producir señales de otras frecuencias. Hecho esto, notará que el selector de barrido o los controles de la escala de frecuencia deben reajustarse para producir una forma de onda senoidal completa en la pantalla.
9. Ajuste el generador de señales para producir una salida de onda cuadrada. Observe estas formas de onda para diferentes frecuencias.

10. Conecte un micrófono de cristal en el osciloscopio. Observe las formas de onda de la voz generadas al hablar por el micrófono.
11. Conecte una batería de 6 volts en serie con un zumbador. Conecte a las terminales de entrada vertical del osciloscopio las terminales del zumbador.
12. Ajuste los controles necesarios del osciloscopio de manera que una forma de onda nítida de corriente pulsante aparezca sobre la pantalla. Esta forma de onda se produce por la rápida acción de los contactos del timbre al completar y romper el circuito.

---

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento escribiendo, en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El objetivo principal de un osciloscopio es mostrar una \_\_\_\_\_ o gráfica de un voltaje.
2. Las formas de onda que se muestran con un osciloscopio se exhiben en la pantalla de un tubo \_\_\_\_\_.
3. El haz de electrones en el tubo de rayos catódicos se desplaza por un proceso conocido como desviación \_\_\_\_\_. Esto se consigue al aplicar voltajes en las placas de desviación \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ del tubo.
4. Un generador de señales es un instrumento de prueba que se emplea para suministrar voltajes de salidas de diferentes \_\_\_\_\_.
5. El corazón de un generador de señales típico es un circuito \_\_\_\_\_.
6. Dos tipos generales de generadores de señales son el de \_\_\_\_\_ y el de \_\_\_\_\_.
7. Cuando se varía la amplitud de una señal portadora mediante modulación, dicho proceso se denomina modulación. Cuando se varía la frecuencia de la señal portadora por medio de modulación, dicho proceso se conoce como modulación \_\_\_\_\_.
8. Un instrumento para rastrear, trazar o seguir una señal en circuito, como el de los amplificadores y receptores de radio, se llama \_\_\_\_\_.

¿Cómo se produce un punto de luz sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos? Explique el proceso de desviación electrostática en el tubo de rayos catódicos de un osciloscopio.

¿Para qué se emplea el circuito de barrido en un osciloscopio?

¿Qué es un generador de señales? ¿Para qué se emplea?

Explique el funcionamiento del circuito oscilador Hartley básico.

Establezca la diferencia entre los generadores de señales de audiofrecuencia y los de radiofrecuencia.

Explique la diferencia entre la modulación de amplitud y la modulación de frecuencia.

¿Con qué fin se utiliza un oscilador de 400 Hz en un generador de señales de radiofrecuencia típico?

10, ¿Qué es un rastreador trazador o seguidor de señales? ¿Para qué se utiliza?

11, ¿Por qué un rastreador o seguidor de señales que rastrea una señal de radiofrecuencia debe contar con un circuito detector?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

1. Explique en clase cómo se emplea un osciloscopio para mostrar diferentes tipos de onda.
2. Explique en clase cómo opera un generador de señales de audiofrecuencia. Un amplificador de audio puede conectarse en el generador de señales para proporcionar tonos audibles de su salida.

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Cuál es el objetivo principal de un osciloscopio?

# Unidad 48 Diagnóstico y reparación de fallas

---

La investigación de *fallas* es el proceso con que se determina por qué un dispositivo o circuito no trabaja como debería. Para hacer esto en forma eficiente, se debe contar con un amplio conocimiento acerca de cómo funcionan las cosas. Los técnicos que realizan investigación de fallas, reparación o servicio deben conocer varias materias, qué instrumentos y procedimientos son necesarios para encontrar una falla y también qué herramientas y materiales se requieren para repararla. Finalmente, deben tener la capacidad para hacer un diagnóstico. Esto significa que deben ser capaces de reconocer los síntomas de un dispositivo o circuito defectuoso y diseñar un plan para repararlo.

## PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN DE FALLAS

El proceso de investigación de fallas de un circuito a menudo consiste en seguir un procedimiento paso por paso de instrucciones específicas. Por ejemplo, los siguientes son los pasos para investigar una falla en un circuito de radio.

1. Inspeccione todas las conexiones en forma visual o por medio de pruebas de continuidad.
2. Inspeccione la batería y, si es necesario, reemplácela.
3. Verifique los voltajes en los electrodos de los transistores.
4. Pruebe con un óhmetro la bobina móvil del altavoz.
5. Inspeccione con un óhmetro el potenciómetro de control de volumen.
6. Limpie los contactos del conector para audífonos.
7. Sustituya el diodo detector por otro igual o de tipo equivalente.
8. Pruebe los transistores en las etapas excitadoras y de salida y sustitúyalos si es necesario.

En la investigación general de fallas de dispositivos y circuitos, usualmente no existen reglas definidas. En el caso típico, los técnicos deben aplicar sus conocimientos teóricos, instrumentos de prueba, herramientas y materiales para resolver un problema. Esto implica con frecuencia disponer de habilidad mecánica. Muchos dispositivos y circuitos eléctricos y electrónicos dependen en algún grado de ciertas operaciones mecánicas. En el resto de esta unidad se presentan varias sugerencias para investigar y reparar fallas.

## INSPECCIÓN VISUAL

A menos que se conozca la fuente probable del problema, la investigación de fallas en general debe iniciarse con una inspec-

ción visual completa. En esta forma, pueden encontrarse con frecuencia conexiones sueltas, alambres rotos, uniones mal soldadas, resistores quemados o también un fusible fundido o un disyuntor abierto.

Por ejemplo, si se encuentra que una lámpara no está funcionando, podría sustituirse por otra. Si esto no resuelve el problema, podría sustituir el interruptor de la lámpara y posteriormente el portalámpara. Si la lámpara sigue sin funcionar, se habrá perdido el tiempo.

Quizá si se hubiera inspeccionado la clavija antes de sustituir cualquier elemento, se habría descubierto que un alambre estaba separado de un tornillo terminal de la clavija. Al corregir esto, la lámpara funcionaría. Por tanto, en este caso, una inspección visual completa ahorraría tiempo y posiblemente algún gasto. En la investigación y reparación de fallas más complicadas puede desperdiciarse más tiempo y dinero en procedimientos que habrían sido innecesarios si se hubiera realizado primero una inspección visual.

La visión desempeña también una parte importante en la investigación de falla de circuitos de televisión, ya que el cinescopio puede emplearse como un instrumento de prueba. Muchos técnicos localizan rápidamente defectos en un circuito de televisión observando la deficiencia en la imagen o las distorsiones que aparecen en una imagen o en un patrón de prueba.

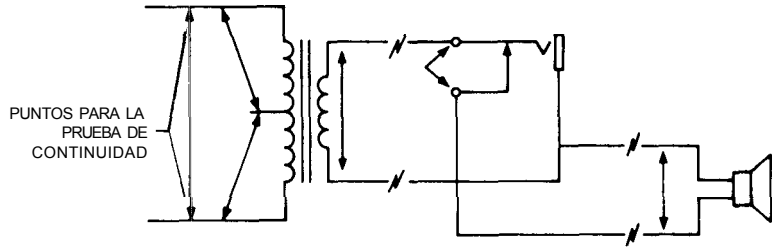
## **OLFATO, AUDICIÓN Y TACTO**

Además de la vista, el olfato, el oído y el tacto pueden ser ayudas valiosas en la investigación de fallas. El sobrecalentamiento de resistores, transformadores, bobinas de filtrado, devanado de motores y materiales aislantes pueden detectarse con frecuencia por su olor. Cada uno de estos estados produce un olor característico por el cual el técnico experimentado puede localizar los componentes defectuosos. Cuando se advierte el sobrecalentamiento de cualquier componente o elemento en un circuito, éste debe desconectarse de inmediato.

Los transformadores, bobinas de filtrado y los devanados de los motores sobrecalentados, generan algunas veces un ruido que puede escucharse fácilmente, similar al que se produce cuando se fríe un alimento. En circuitos de alto voltaje, como los receptores de televisión, los arcos o chispas de corriente entre ciertos alambres y el chasis o entre dos alambres produce un ruido agudo (chirrido). Rastreando este ruido, es posible casi siempre localizar en forma rápida la fuente del arco o de las chispas.

El sentido del oído puede emplearse también en la investigación de fallas en un circuito que tiene un altavoz. Utilizando éste como instrumento de prueba, la falta de sonido o las distorsiones del mismo escuchadas a través de él pueden indicar fallas específicas del circuito. Un técnico experimentado

**fig. 48-1.** Puntos típicos de una prueba de continuidad que se emplean para inspeccionar el transformador de salida, conector para audífono y altavoz de un receptor de radio.

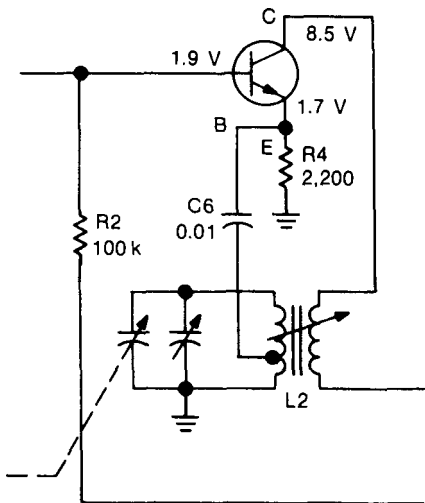


puede localizar rápidamente las fallas mediante este procedimiento.

Los componentes sobrecalentados casi siempre pueden localizarse al tocarlos. Esto es especialmente cierto en el caso de los transformadores, autoinductancias, capacitores electrolíticos y transistores. Si cualquiera de estos componentes se siente demasiado caliente, debe existir una falla en él o en el alambrado del circuito.

## PRUEBAS DE CONTINUIDAD

Después de realizadas la inspección visual y las pruebas de olfato, audición y tacto, la investigación de fallas en muchos dispositivos y circuitos implica llevar a cabo pruebas de continuidad con un óhmetro. Dichas pruebas deben efectuarse dondequiera que se sospeche que el circuito esté abierto (Fig. 48-1). La prueba puede emplearse también para comprobar cortos. Es importante recordar que un óhmetro nunca debe usarse en un circuito al cual se aplica un voltaje. Además, un componente debe aislarse desconectando uno de sus hilos de conexión antes de efectuar las pruebas de continuidad.



**Fig. 48-2.** Parte de un diagrama esquemático de un receptor de radio que muestra los voltajes de prueba que deben presentarse entre los electrodos de un transistor y el punto común (conexión a tierra) del circuito.

## TUBOS ELECTRÓNICOS Y TRANSISTORES

La investigación de fallas de circuitos con tubos electrónicos por lo general se inicia probando los tubos, a menos que se advierta primero una falla en el circuito. Los transistores en un circuito por lo general no se prueban sino hasta que exista una razón definitiva para pensar que por lo menos uno de ellos está defectuoso.

## PRUEBAS DE VOLTAJE

Después de haber determinado que todos los conductores de alimentación, fusibles, interruptores y tubos electrónicos, si los hay, están en buen estado, el siguiente paso en la investigación de fallas es probar el voltaje en ciertos puntos de alimentación. Éstos incluyen el devanado secundario o devanado de

transformadores, terminales de batería o salidas de rectificadores.

Si se encuentra que el voltaje de alimentación es normal, es una buena práctica medir los voltajes en los electrodos de los transistores o de los tubos electrónicos. A no ser que los voltajes sean del valor correcto, un circuito no operará o lo hará en forma incorrecta.

Los voltajes que deben presentarse entre los electrodos de transistores o tubos electrónicos y el punto común de su circuito se muestran casi siempre en el diagrama esquemático del circuito (Fig. 48-2). Si no se cuenta con este diagrama, a menudo es útil examinar el diagrama esquemático de otro circuito en el cual se empleen transistores o tubos electrónicos idénticos (o similares).

## PRUEBAS DE RESISTENCIA

La ausencia o valor incorrecto de voltaje en un punto dado de un circuito es provocada con mucha frecuencia por un resistor o capacitor defectuoso. Para localizar esta falla, es útil realizar pruebas de resistencia de ese elemento del circuito a partir del cual se obtiene el voltaje para el electrodo en consideración (Fig. 48-3). En esta forma, es posible localizar componentes defectuosos que pueden estar obstaculizando la distribución correcta de voltaje en un circuito.

## DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS EN UN CIRCUITO

Las fallas en un circuito, como conexiones rotas, uniones soldadas sueltas o componentes gastados, por lo general pueden arreglarse con la simple reparación o sustitución. Sin embargo, un trabajo de reparación a menudo implica un diagnóstico adicional de la razón o razones de la falla. Por ejemplo, un resistor, un diodo, un transistor o una bobina de solenoide se sobrecalentarán y quemarán debido a un segundo componente defectuoso en el circuito. Si el primer componente se sustituye sin realizar un diagnóstico adicional, es probable que también se dañe el componente de repuesto.

Supóngase que se quema el resistor de carbón del circuito rectificador de un amplificador (Fig. 48-4), y que una persona inexperta sustituye inmediatamente al resistor y encuentra que el resistor de repuesto también se quema. Por esta razón, es obvio que se necesita diagnosticar la situación con más cuidado.

Ante todo, según la teoría fundamental, el resistor se quema debido a que fue obligado a transportar una corriente excesiva. Por experiencia, es razonable suponer que el resistor mismo no es causante de la corriente excesiva. La conclusión debe ser que la corriente excesiva fue ocasionada por alguna otra falla en el circuito.

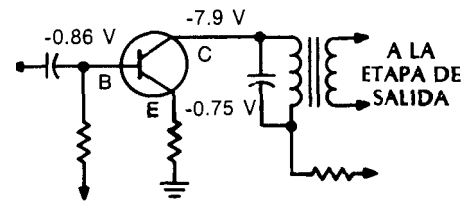


Fig. 48-3. Parte de un circuito de receptor de radio que muestra los resistores que deben verificarse si no están presentes los voltajes correctos en los electrodos de transistor.

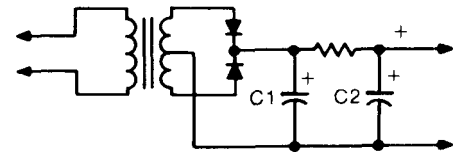


Fig. 48-4. Investigación de fallas en un circuito de filtro rectificador.



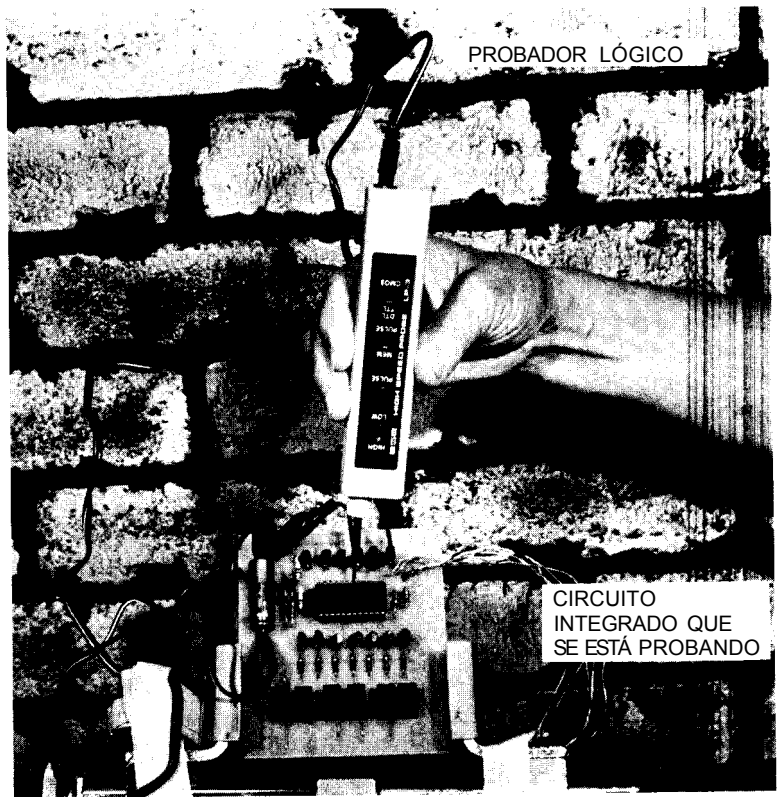


Fig. 48-5. Empleo de un probador lógico para inspeccionar un circuito integrado de un reloj digital.

En el circuito de la figura 48-4, dos filtros capacitores electrolíticos, C1 y C2, se conectan en la salida del rectificador. Se sabe que los capacitores electrolíticos pueden ponerse en corto circuito. Si C1 estuviera en corto, quizá se dañarían uno o ambos de los diodos; sin embargo, debido al arreglo del circuito, esto no causaría una corriente excesiva a través del resistor. Por otra parte, si C2 estuviera en corto, definitivamente pasaría una corriente excesiva a través del resistor. Por tanto, la solución al problema es sustituir tanto a C2 como al resistor.

Esta situación es una tarea muy elemental para investigar y reparar fallas; sin embargo, es un buen ejemplo de cómo el conocimiento de la teoría, la experiencia práctica y la capacidad para diagnosticar una falla pueden servir para solucionar el problema de un circuito. El técnico eficiente debe realizar esto constantemente en la búsqueda y corrección de las fallas de circuitos.

## PROBADOR LÓGICO

Un probador lógico es un instrumento de prueba que se emplea principalmente para buscar fallas en diferentes familias o tipos de circuitos integrados (CI) (Fig. 48-5). El probador

lógico detecta impulsos de voltaje. En el trabajo digital, dichos impulsos de voltaje se llaman niveles lógicos o niveles de umbral. El probador lógico también almacena e indica visualmente el nivel lógico. Esto último se realiza mediante una escala de diodos emisores de luz (LED).

Tocando ligeramente un interruptor, el probador lógico puede graduarse para detectar niveles de umbral de 2.25 volts ("1" lógico) y 0.8 volts ("0" lógico) para una familia de CI conocida como DTL o TTL. Estas abreviaturas se refieren a diode-transistor logic (DTL *lógica diodo-transistor*) o transistor-transistor logic (TTL o T<sup>2</sup>L, *lógica transistor-transistor*). El cambio hacia otra posición permite al probador detectar niveles de umbral para la familia de CI conocida como CMOS/HTL. La primera abreviatura se refiere a *complementary metallic oxide semiconductors (metal-óxido-semiconductor complementario)* y la segunda a *high-threshold logic (lógica de alto umbral)*. En los circuitos integrados CMOS/HTL, los niveles de umbral para la operación digital se determinan con el *voltaje aplicado* (Vcc). Cuando un nivel de umbral es mayor que el 70% de Vcc, está en el "1" lógico. Cuando el nivel de umbral es menor al 30% del Vcc, está en el "0" lógico. Algunos probadores lógicos detectan vibraciones de impulsos tan cortos como 10 nanosegundos a una frecuencia de 50 MHz. Debido a estas características el probador lógico es un importante instrumento para investigar fallas. La fuente de alimentación del circuito bajo prueba se emplea también para operar al probador lógico. Los siguientes procedimientos generales se sugieren para usar un probador, lógico:

1. Conecte los cordones de prueba con broche o presillas en la fuente de alimentación del circuito.
2. Ajuste el interruptor según la familia que se probará (DTL/TTL o CMOS/HTL).
3. Ponga el interruptor de MEMORIA/IMPULSO en la posición para IMPULSO.
4. Coloque la punta del probador sobre un nodo o terminal del CI que se está analizando. Los tres diodos emisores de luz (alto, bajo e impulso) en el probador lógico proporcionan una lectura instantánea del comportamiento de la señal en el nodo.

Si el probador lógico almacena un impulso, coloque la punta del probador sobre el nodo bajo prueba. Después mueva el interruptor MEMORIA/IMPULSO a la posición para MEMORIA. El siguiente impulso activa al diodo emisor de luz para IMPULSO.

## AUTOEVALUACIÓN

Pruebe su conocimiento, escribiendo en una hoja de papel aparte, la palabra o palabras que completen correctamente las siguientes afirmaciones:

1. El proceso para determinar por qué un dispositivo o circuito no funciona como debería se llama\_\_\_\_\_
2. Además de la vista, el\_\_\_\_\_, el\_\_\_\_\_y el\_\_\_\_\_pueden ser ayudas valiosas en la investigación de fallas.
3. Los componentes sobrecalentados a menudo pueden localizarse mediante\_\_\_\_\_
4. La investigación de fallas en muchos dispositivos y circuitos implica\_\_\_\_\_de prueba.
5. Los voltajes que deben presentarse en los electrodos de transistores y tubos electrónicos casi siempre se muestran en los diagramas\_\_\_\_\_
6. Los trabajos de reparación con frecuencia implican el diagnóstico de las\_\_\_\_\_de las fallas.  
Los circuitos integrados pueden analizarse con un instrumento de prueba denominado\_\_\_\_\_
8. CMOS se refiere a una familia de circuitos integrados llamada\_\_\_\_\_

## PARA REPASO Y ESTUDIO

1. ¿Qué se entiende por investigación de fallas de un circuito?
2. Mencione algunos conocimientos que los técnicos deben poseer para ser hábiles y eficientes en la investigación y reparación de fallas.
3. Diga por qué una inspección visual completa es tan importante en la investigación de fallas de muchos circuitos.
4. ¿Cómo pueden los sentidos del olfato, oído y tacto ponerse al servicio de la investigación de fallas?
5. ¿Qué fallas del circuito pueden encontrarse por medio de las pruebas de continuidad?
6. Explique cómo las pruebas de resistencia pueden utilizarse para localizar fallas en un circuito.
7. ¿Qué puede suceder si se sustituye un componente sin efectuar un completo diagnóstico de la falla?

## ACTIVIDADES INDIVIDUALES DE ESTUDIO

Explique en clase los procedimientos correctos que deben seguirse al investigar fallas en un dispositivo, aparato o circuito electrónico.

# Proyectos propuestos

## SECCIÓN 10

Los siguientes proyectos proporcionan varios circuitos prácticos y de bajo costo para construir. Cada proyecto tiene un diagrama esquemático y una lista de componentes. Cuando se considera conveniente, se dan también sugerencias que ayudan en la construcción y operación de un proyecto.

La información acerca de la construcción del chasis y otros montajes y recintos se ha omitido a propósito. Esto brinda una oportunidad para ejercitar las capacidades creativas de diseño al definir la apariencia del producto terminado.

### Proyecto 1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN DE BAJO VOLTAJE

Una fuente de alimentación de cc de voltaje variable (0 a 15 v) que suministra la intensidad adecuada de corriente para operar muchos productos de estado sólido y circuitos experimentales.

#### LISTA DE COMPONENTES

*P1*, clavija o conector polarizado de 3 conductores con contactos hembra, especificación: 15 A, 125 V ca

*C1*, capacitor *electrolítico* 25  $\mu\text{F}$ , 25 VTCC

*C2*, capacitor *electrolítico*, 500  $\mu\text{F}$ , 25 VTCC

*CR1*, *CR2*, *CR3* y *CR4*, *diodos rectificadores*, 1 A, 50 VPI (una unidad rectificadora puente de 4 *diodos* equivalente puede sustituirse por *Jo* diodos individuales)

*S1*, fusible, AGC, 3/4 A

*M1*, voltmetro, 0 a 25 V, cc [opcional]

*Q1*, transistor p-n-p, International Rectifier TR-01 o equivalente

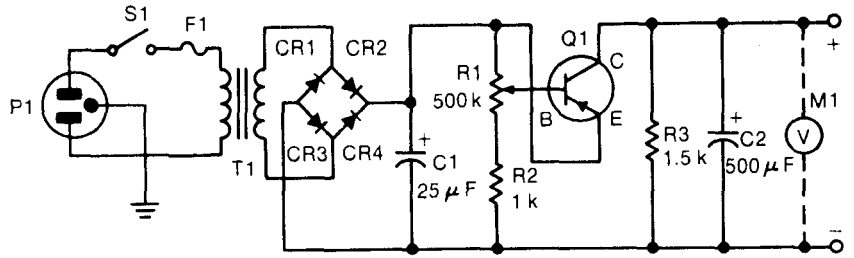
*R1*, potenciómetro 500  $\text{k}\Omega$ , 1/2 W

*R2*, resistor de carbón o pelicular, 1  $\text{k}\Omega$ , 1/2 W

*R3*, resistor de carbón o pelicular, 1.5  $\text{k}\Omega$ , 2 W

*SI*, interruptor, mpud (unidad separada o parte de RIJ)

*T1*, transformador, primario 117 V, secundario 12.6 V, 1.2 A



## Proyecto 2 PROBADOR DE TRANSISTORES

Circuito diseñado para probar transistores p-n-p y n-p-n típicos. Puede realizar pruebas de cortos, fugas excesivas y ganancia.

### LISTA DE COMPONENTES

BT1, batería de 6 V o 4 pilas secas de tamaño C conectadas en serie

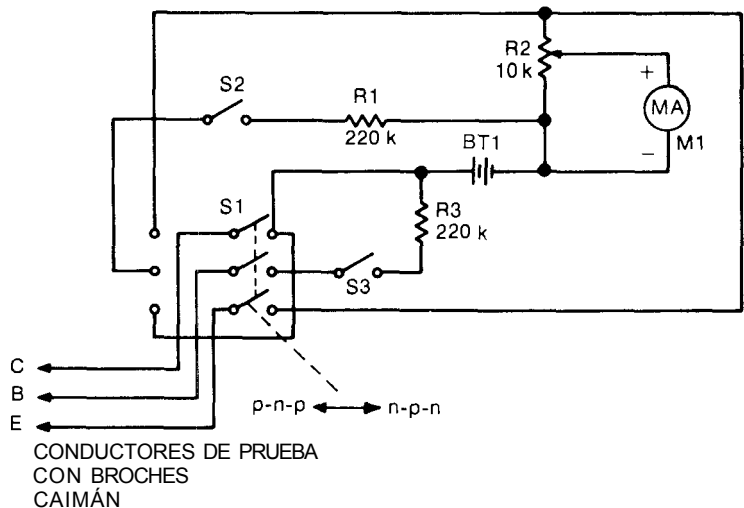
M1, miliamperímetro de cc, 0 a 1 mA

R1 y R3, resistores de carbón o peliculares, 220 kΩ, 1/2 W

R2, potenciómetro, 10 kΩ, 1/2 W

S1, interruptor deslizable, bpbd (control selector p-n-p o n-p-n)

S2 y S3, interruptores mpud pulsadores, o de contacto momentáneo abierto normalmente (ANJ (controles de pruebas de ganacia p-n-p y n-p-nj



### Empleo del probador

1. Para calibrar el probador antes de probar cualquier transistor, primero ajuste el interruptor S1 en la posición p-n-p. Posteriormente ponga los broches caimán de los conducto-

- res de prueba C y E en contacto entre sí. Después ajuste R2 hasta que la lectura del medidor sea 1.
2. Para probar un transistor p-n-p, ajuste S1 en la posición p-n-p. Conecte después los conductores de prueba con los hilos de conexión apropiados del transistor:
    - a) Si el medidor muestra una lectura de 1, el transistor está en corto.
    - b) Si el medidor muestra una lectura mayor a 0.2 pero menor que 1, la corriente de fuga del transistor es excesiva.
    - c) Para la prueba de ganancia accione S2. Si la lectura del medidor es significativamente más alta que la lectura que se tenía antes que S2 fuera accionado, el transistor está en buenas condiciones.
  3. Para probar un transistor n-p-n, ajuste S1 en la posición n-p-n. Después siga el procedimiento que se dio para la prueba de un transistor p-n-p, empleando S3 para tener una indicación de la ganancia.

### Proyecto 3 PROBADOR DE CONTINUIDAD

Un útil producto para determinar conexiones rotas o abiertas y circuitos conectados a tierra. La continuidad (un circuito cerrado) se indica mediante la señal de un zumbador o una lámpara indicadora.

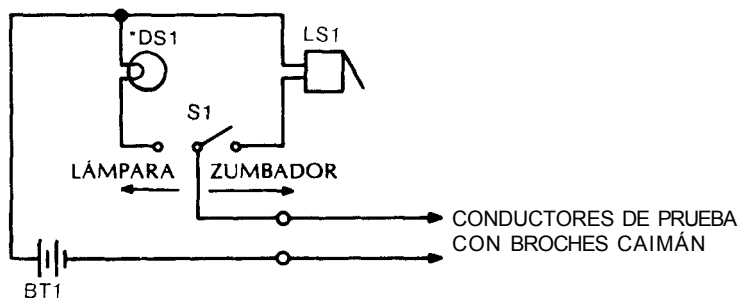
#### LISTA DE COMPONENTES

BT1, batería de 6 Vo 4 pilas secas de tamaño C conectadas en serie

DS1, lámpara piloto no. 47

LS1, zumbador de 6 V

Si, interruptor mpbd de *palanca* con posición central de desconexión.



- \* La lámpara puede montarse en un portalámpara de base de bayoneta o en un montaje de un indicador luminoso.

## Proyecto 4 CAJA DE SUSTITUCIÓN DE RESISTORES

Este proyecto brinda una forma manual para tener disponible una diversidad de resistores muy usuales. Lo anterior es muy útil cuando se trabaja con circuitos experimentales o equipo de servicio. Un circuito similar formado con capacitores puede armarse fácilmente para proporcionar las sustituciones de estos últimos.

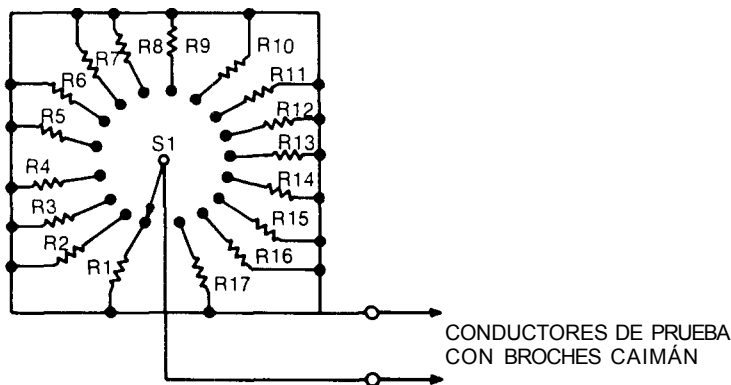
### LISTA DE COMPONENTES

*R1 hasta R17*, resistores de carbón o peliculares, 1 W, con los siguientes valores de resistencia:

3.3 ohms	680 ohms	47 kilohms
10 ohms	1 000 ohms	100 kilohms
27 ohms	1 800 ohms	200 kilohms
56 ohms	4 700 ohms	220 kilohms
100 ohms	10 kilohms	560 kilohms
470 ohms	27 kilohms	1 megohm

*S1*, interruptor monopolar rotatorio no cortocircuitante, 1 polo, 17 posiciones, con perilla indicadora

*placa graduada* para el interruptor construida en el taller; debe contar con los valores de resistencia impresos, escritos o rotulados sobre su cara para mostrar cuál resistor se conecta con los conductores de prueba de la caja de sustitución



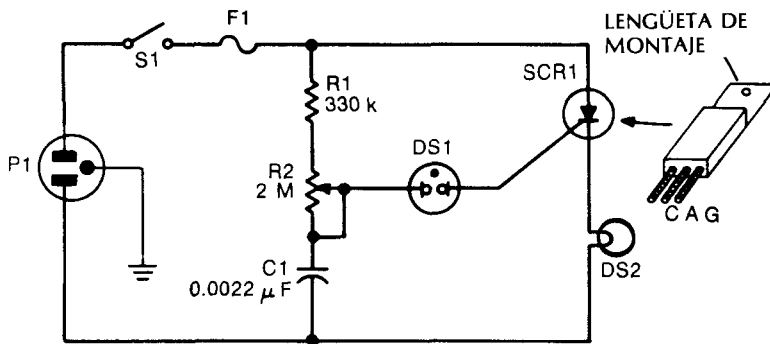
## Proyecto 5 CONTROL DE INTENSIDAD DE UNA LAMPARA

Este circuito permite variar la intensidad luminosa de una lámpara incandescente de 100 watts desde cero hasta la máxima brillantez; este circuito es muy conveniente para

controlar la operación de una lámpara de estudio o una lámpara que se emplea como luz nocturna. El circuito puede utilizarse con cualquier lámpara incandescente de entre 60 y 200 watts. Sin embargo, si se usa una lámpara de más de 100 watts, el fusible F1 debe aumentarse 2 amperes.

#### LISTA DE COMPONENTES

- P1, clavija o conector polarizado de 3 conductores con contactos hembras, especificación: 15 A, 125 V ca*  
*C1, capacitor, 0.0022  $\mu$ F, 200 VTCC*  
*DS1, lámpara, de neón NE-2*  
*DS2, lámpara incandescente, cosquillo estándar 100 watts con portalámpara*  
*F1, fusible AGC, 1 A*  
*R1, resistor de carbón o pelicular, 330 k $\Omega$ , 1/2 W, tolerancia del 5 o 10%*  
*R2, potenciómetro, 2 megohms, 1/2 W*  
*S1, interruptor mpud (unidad separada o montada en R2)*  
*SCR1, rectificador controlado de silicio, International Rectifier IR106B1 o equivalente*



**Nota 1:** La terminal central (A) del rectificador controlado de silicio se conecta internamente en la lengüeta de montaje del dispositivo. Por tanto, como precaución, la lengüeta de montaje debe estar completamente aislada de cualquier recinto metálico dentro del cual se coloque el circuito.

**Nota 2:** Para una operación segura, el eje del potenciómetro, R2, debe estar equipado con una perilla de control de plástico.

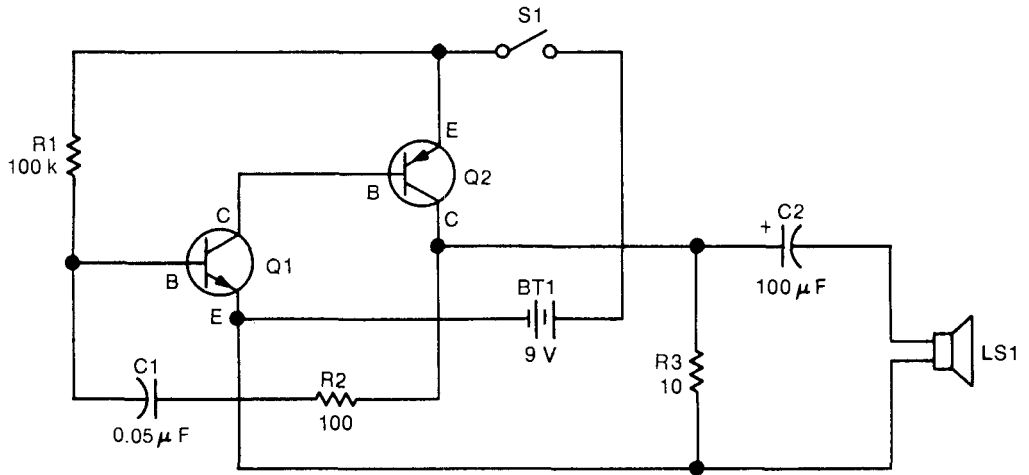
#### Proyecto 6 OSCILADOR PARA PRACTICAR CÓDIGOS

Circuito oscilador de altavoz que proporciona un volumen adecuado para la práctica individual o en grupo de códigos. Es útil en la preparación del radioaficionado para el examen del código Morse internacional para operadores. Los caracteres más usados del código Morse internacional y sus puntos y rayas equivalentes se dan en la figura 37-3 (p. 361.)



LISTA DE COMPONENTES

*BT1*, batería de 9 V  
*C1*, capacitor, 0.05  $\mu\text{F}$ , 200 VTCC  
*C2*, capacitor electrolítico, 100  $\mu\text{F}$ , 25 VTCC  
*LS1*, altavoz miniatura, 8  $\Omega$   
*Q1*, transistor n-p-n, SK3005 o equivalente  
*Q2*, transistor p-n-p, SK3444/123A o equivalente  
*R1*, resistor de carbón o pelicular, 100 k $\Omega$ , 0.5 W  
*R2*, resistor de carbón o pelicular, 100  $\Omega$ , 0.5 W  
*R3*, resistor de carbón o pelicular, 10  $\Omega$ , 0.5 W  
*S1*, manipulador telegráfico



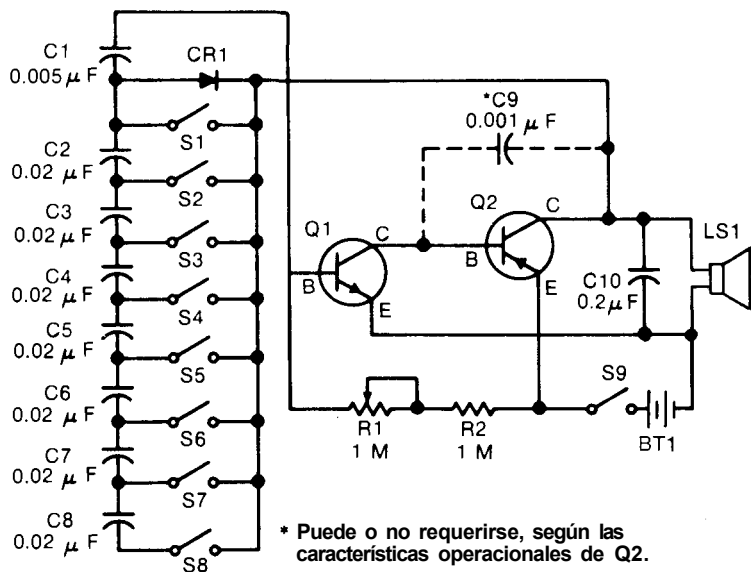
**Proyecto 7 MINIÓRGANO**

Circuito multivibrador similar a los empleados en varios modelos de órganos electrónicos. La frecuencia fundamental del multivibrador la determina la constante de tiempo RC de C1 y R1. Los cambios de esta frecuencia se producen cuando otros capacitores (C2, ..., C8) se conectan en el circuito por medio de los interruptores S2...S8. Cualquier cambio en la frecuencia produce un tono diferente.

LISTA DE COMPONENTES

*BT1*, batería de 6 V o 4 pilas secas de tamaño C conectadas en serie  
*C1*, capacitor, 0.005  $\mu\text{F}$ , 200 VTCC  
*C2 a C8*, capacitores, 0.02  $\mu\text{F}$ , 200 VTCC

*C9, capacitor, 0.001  $\mu$ F, 200 VTCC*  
*C10, capacitor, 0.2  $\mu$ F, 200 VTCC*  
*CR1, diodo de germanio, 1N54 o SK3087*  
*LS1, altavoz, 2 1/2 pulg (63.5 mm), 8  $\Omega$*   
*Q1, transistor n-p-n, 2N388 o SK3011*  
*Q2, transistor p-n-p, 2N408 o SK3003*  
*R1, potenciómetro, 1 M $\Omega$ , 1/2 W (control de tono)*  
*R2, resistor de carbón o pelicular, 1 M $\Omega$ , 1/2 W*  
*S1, ..., S8, interruptores, mpud pulsadores, tipo contacto momentáneo abierto normalmente (AN)*  
*S9, interruptor mpud (unidad separada o parte de R1)*



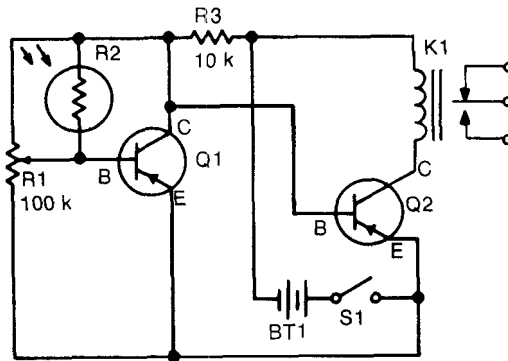
## Proyecto 8 INTERRUPTOR CONTROLADO LUMINOSAMENTE

Circuito relevador de control operado por los cambios de la intensidad de la luz que incide sobre la superficie activa de una celda fotoconductiva. Los contactos del relevador se emplean como un interruptor para controlar la operación de una carga, como una lámpara incandescente o un pequeño motor.

### LISTA DE COMPONENTES

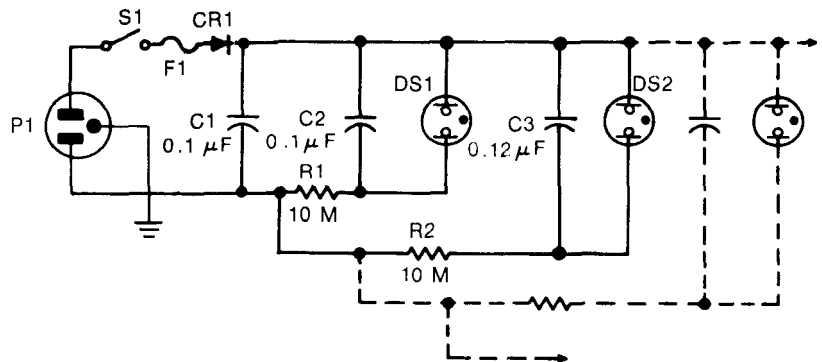
*BT1, batería de 9 V*  
*K1, relevador miniatura sensible, mpbd, bobina de 500  $\Omega$ , con 600 mA de contacto nominal a 50 V ca/cc o 2 A a 117 V ca*  
*Q1 y Q2, transistores p-n-p, GE-2 o SK3004*  
*R1, potenciómetro, 100 k $\Omega$ , 1/2 W (control de sensibilidad)*

*R2, celda fotoconductiva, Clairex no. CL704M o equivalente*  
*R3, resistor de carbón o pelicular, 10 k $\Omega$ , 1/2 W*  
*S1, interruptor, mpud (unidad separada o parte de RI]*



### Proyecto 9 LAMPARA ORNAMENTAL INTERMITENTE

Circuito que proporciona el atractivo efecto de los destellos a diferentes tiempos de las lámparas de neón. Útil para iluminar con señales o faroles, decoraciones navideñas y para otras luces ornamentales.



Las líneas punteadas muestran las conexiones de circuito para una lámpara adicional. Pueden conectarse más lámparas en el circuito en forma similar.

Todos los resistores son de 10 megohms, y todas las lámparas del tipo NE-2. Los capacitores adicionales sugeridos son de 0.15  $\mu$  F, 0.18  $\mu$  F, 0.22  $\mu$  F, 0.27  $\mu$  F, 0.33  $\mu$  F, etc.

#### LISTA DE COMPONENTES

*P1, clavija o conector polarizado de 3 conductores con contactos hembra, especificación: 15 A, 125 V ca*

*C1 y G2, capacitores, 0.1  $\mu$ F, 200 VTCC*

*C3, capacitor, 0.12  $\mu$ F, 200 VTCC*

*CR1, diodo rectificador, 1 A, 200 VPI*

*DS1 y DS2, Lámparas de neón, NE-2*

*F1, fusible, AGG, 1/2 A*

*R1, y R2, resistores de carbón o peliculares, 10 M $\Omega$ , 1/2 W*

*S1, interruptor, mpud*

# Glosario

- aislador** Material que no conduce corriente. Un objeto hecho de un material aislante que soporta o separa a los conductores en un circuito.
- alambre para electroimanes** Alambre de cobre, por lo general aislado con barniz aislante. El alambre para electroimanes se emplea en el devanado de muchos tipos de bobinas.
- alta fidelidad** Reproducción fiel del sonido por un dispositivo electrónico como un altavoz.
- ampere** La unidad de medida para una cantidad específica de electrones. Una corriente de un ampere representa el movimiento de 6 280 000 000 000 000 de electrones por un punto dado de un circuito en un segundo.
- ampérmetro** Instrumento empleado para medir la intensidad de corriente en un circuito. Un ampérmetro de ca mide corriente alterna. Un ampérmetro de cc mide corriente continua.
- amplificador** Dispositivo empleado para aumentar la potencia eléctrica a la salida de un circuito, incrementando la corriente de entrada, el voltaje, o ambos.
- altavoz** Dispositivo operado magnéticamente que convierte la energía eléctrica en sonido.
- ánodo** Terminal positiva de una pila o batería. En un tubo electrónico, el ánodo o placa es el elemento del tubo al cual se le aplica un voltaje positivo.
- antena** Sistema de alambres u otros conductores eléctricos que se emplea para captar o transmitir ondas de radio.
- arco eléctrico** Radiación de luz visible que se forma bajo ciertas condiciones cuando los electrones se mueven a través de gases o de aire entre dos puntos de un circuito.
- armadura** La parte o partes móviles de un dispositivo operado magnéticamente, tal como un motor, generador, vibrador, zumbador, relevador o altavoz. También se conoce como inducido.
- átomo** La parte más pequeña de una sustancia química que conserva las mismas propiedades.
- audífonos** Dispositivo que convierte la corriente de audiofrecuencia en sonido. Se colocan sobre los oídos.
- automatización** Forma de controlar la operación de maquinaria y equipo para la producción de mercancías en la que la entrada y la salida de las máquinas se controla con el empleo de dispositivos y circuitos electrónicos.
- automóvil eléctrico** Automóvil que obtiene su energía de baterías recargables.
- batería** Combinación de dos o más pilas o elementos interconectados.
- bobina** Dispositivo formado por espiras de alambre aislado que se devanan sobre un núcleo.
- campo magnético** El espacio cercano a un imán en el cual actúan las fuerzas magnéticas.
- cañón electrónico** Dispositivo capaz de producir un haz de electrones.
- capacitancia** Propiedad del capacitor que le permite almacenar carga eléctrica. El farad es la unidad de medida de la capacitancia.
- capacitor** Dispositivo capaz de almacenar energía eléctrica. Lo constituyen dos materiales conductores separados por un aislador.
- cápsula fonocaptora de cristal** Dispositivo que se monta en el brazo de un tocadiscos para convertir en corriente eléctrica las variaciones de los surcos del disco. La aguja se sujeta a la cápsula.
- carga** El dispositivo en un circuito operado por la corriente.
- carga negativa** Propiedad eléctrica de un objeto que contiene más electrones que protones.
- carga positiva** Propiedad eléctrica de un objeto que contiene más protones que electrones.
- cargador de batería** Dispositivo que suministra voltaje cc para cargar una pila o batería.
- cátodo** Terminal negativa de una pila o batería. La parte de un dispositivo electrónico desde la cual se emiten los electrones.
- celda solar** Celda, por lo general de silicio,

que produce corriente cuando la luz incide sobre ella.

**circuito** Sistema de conductores y dispositivos a través de los cuales los electrones pueden moverse. Un circuito completo contiene: 1) conductores; 2) un interruptor; 3) una carga, y 4) una fuente de energía.

**circuito abierto** Circuito incompleto o interrumpido.

**circuito impreso** Método de alambrado de un circuito en el cual los conductores son tiras o pistas de cobre adheridas a una placa de material aislante.

**circuito interruptor accionado por corriente de pérdida a tierra** Dispositivo electrónico que abre automáticamente un circuito o debido a una conexión accidental a tierra. Esto protege al usuario contra serias lesiones.

**circuito en paralelo** Circuito en el cual las cargas se conectan a través de dos alambres o conductores de la línea de alimentación.

**circuito en serie** Circuito en el cual las cargas se conectan una después de la otra a un alambre o conductor de la línea de alimentación.

**circuito serie-paralelo** Circuito que contiene una o más combinaciones de circuitos en serie y en paralelo.

**clavija** Dispositivo que se inserta en un conector para realizar una conexión eléctrica.

**comunicación por onda luminosa** Sistema de comunicación que emplea impulsos de luz emitidos por un láser a través de fibras de vidrio u ópticas.

**conductor** Sólido, líquido o gas a través de los cuales los electrones pasan fácilmente.

**conector** Cualquiera de los varios dispositivos que se emplean para hacer un contacto eléctrico temporal y fácilmente desconectable en un circuito.

**conexión enrollada** Proceso de conexión eléctrica mediante el enrollado de alambre alrededor de una terminal metálica.

**conmutador** Dispositivo empleado para invertir el sentido de la corriente. Un conmutador de motor o generador está constituido por un anillo de delgas de cobre aisladas, que se montan en un eje. Las barras se conectan a las bobinas de devanado en las hendiduras del núcleo de la armadura.

**corriente** Movimiento de los electrones a través de un material conductor.

**corriente alterna** Movimiento de electrones a

través de un conductor, primero en un sentido y después en el sentido contrario.

**corriente continua** Movimiento de electrones a través de un conductor en un solo sentido.

**corriente inducida** Corriente presente en un circuito a causa del voltaje producido mediante inducción electromagnética.

**cortocircuito** Circuito con una falla que causa que los electrones sigan la trayectoria de menor resistencia.

**detector** Circuito o dispositivo electrónico que cambia la forma de una corriente. En los receptores de radio y televisión se emplea un detector para separar las señales de audio o video de la onda portadora en corrientes que puedan convertirse en sonido o imagen.

**diagrama esquemático** Diagrama de conexiones que muestra partes del circuito mediante símbolos eléctricos convenidos.

**diagrama pictórico** Diagrama que muestra partes del circuito mediante ilustraciones o dibujos.

**diatermia** Proceso de calentamiento con corriente de alta frecuencia.

**dieléctrico** Material aislante.

**diodo de cristal** Dispositivo de germanio o silicio empleado para rectificar una corriente alterna.

**diodo de vacío** Tubo electrónico con dos elementos.

**electricidad dinámica** Forma de energía presente cuando los electrones se mueven a través de un circuito.

**electricidad estática** Forma de energía presente en el espacio entre dos objetos con carga opuesta.

**electroimán** Imán producido mediante el paso de corriente a través de un conductor.

**electrólisis** Proceso de obtención de carga eléctrica (iones) por medio del flujo de corriente a través de una solución conductora.

**electrólito** Solución capaz de conducir corriente.

**electromagnetismo** Magnetismo producido por una corriente eléctrica.

**electrón** Partícula cargada negativamente que gira alrededor del núcleo de un átomo.

**electrónica** Estudio de los electrones y de su movimiento a través del espacio y de mate-

- riales conductores especiales. El término de electrónica se aplica por lo general al estudio del flujo de los electrones en los tubos electrónicos y en los materiales semiconductores.
- empalme** Forma de una conexión eléctrica permanente por lo general soldada.
- energía** Capacidad para realizar trabajo.
- escobilla** Objeto de carbón o metal empleado para hacer contacto con el conmutador o los anillos colectores de un motor o un generador.
- exploración** Proceso en el que un haz electrónico se mueve sobre la superficie interior del frente de un tubo de rayos catódicos.
- farad** Unidad de medida para la capacitancia. Se dice que un capacitor tiene una capacitancia de un farad cuando un voltaje aplicado a él, variando a razón de un volt por segundo, produce una corriente de 1 ampere en el circuito del capacitor. Debido a que el farad es una unidad muy grande, se usa con mayor frecuencia el término microfarad, o millonésima de farad.
- fibra óptica** Filamento capilar de vidrio ultratransparente. Varias fibras agrupadas forman un cable de comunicación de onda luminosa.
- filamento** Conductor filiforme que se encuentra dentro de los tubos electrónicos y de las lámparas. El filamento al estar incandescente genera luz y calor.
- fototubo** Tubo electrónico de dos elementos, cuyo cátodo emite electrones cuando incide luz sobre él.
- frecuencia** Número de ciclos que completa una corriente alterna en cierto periodo, usualmente 1 segundo.
- fuerza electromotriz** Fuerza eléctrica que provoca que los electrones se desplacen a través de un conductor. La fuerza electromotriz se conoce comúnmente como voltaje.
- fusible** Dispositivo protector hecho de un alambre que se funde y abre cuando la corriente a través de él es mayor que la capacidad nominal de amperes del fusible.
- galvanómetro** Instrumento empleado para medir intensidades muy pequeñas de corriente.
- galvanoplastia** Proceso electroquímico de revestimiento metálico obtenido por el flujo de corriente a través de una solución conductora.
- generador** Máquina empleada para convertir la energía mecánica en energía eléctrica.
- generador de señales** Dispositivo electrónico empleado para generar señales para probar y ajustar un circuito de radio o de televisión.
- henry** Unidad de medida para la autoinductancia o inductancia mutua. Se dice que una bobina tiene una inductancia de un henry cuando la corriente a través de ella; variando a razón de un ampere por segundo, produce un voltaje de un volt a través de las terminales de la bobina.
- herramienta de ajuste** Herramienta fabricada con material aislante empleada para ajustar capacitores variables y bobinas en receptores de radio y televisión.
- heterodinaje** Producción de una frecuencia por la combinación de dos frecuencias diferentes. La frecuencia producida es igual a la diferencia entre las dos frecuencias.
- hidrómetro** Dispositivo empleado para medir la densidad relativa del ácido en una batería.
- imán** Objeto con la propiedad de polaridad magnética y que atrae materiales magnéticos.
- impedancia** La oposición total de un circuito a una corriente alterna.
- inducción** Proceso de magnetización de un objeto o de inducción de un voltaje en él, al colocarlo dentro de un campo magnético.
- inductancia** Propiedad de una bobina o de cualquier parte de un circuito que se opone a cualquier cambio en el valor de la corriente que circula a través de ellos. La unidad de medida de la inductancia es el henry.
- interruptor** Dispositivo empleado para completar o para abrir un circuito.
- ion** Atomo cargado que contiene un número de electrones mayor o menor al normal.
- kilo** Prefijo que significa mil.
- kilohertz** Mil ciclos por segundo.

**lámpara** Dispositivo empleado para producir luz.

**lámpara fluorescente** Lámpara en la cual la luz se produce mediante la acción de rayos ultravioleta que inciden sobre una superficie revestida de fósforo.

**lámpara incandescente** Lámpara que produce luz por el calentamiento de un filamento hasta la incandescencia.

**lámpara de neón** Dispositivo que produce luz mediante el paso de corriente a través del gas neón.

**láser** Abreviación de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Un láser produce un intenso haz concentrado de luz.

**lengüeta de conexión** Lámina metálica aislada en la cual pueden conectarse los alambres.

**ley de Ohm** Ley fundamental de la electricidad que establece la relación entre corriente, voltaje y resistencia en un circuito de cc.

**magnetismo inducido** Producción de magnetismo por la colocación de un material magnético dentro de un campo magnético.

**material diamagnético** Material que no puede magnetizarse ni ser atraído ni repelido por un imán.

**medidor** Instrumento de medida.

**medidor watt-hora** Instrumento empleado para medir la cantidad de electricidad en kilowatt-horas.

**mica** Mineral que es un buen aislante de la electricidad y del calor.

**micro** Prefijo que equivale a un millonésimo.

**micrófono** Dispositivo empleado para convertir la energía del sonido en energía eléctrica.

**mil circular** Unidad de medida del área de la sección transversal de un alambre redondo. Un alambre redondo con un diámetro de 0.001 de pulgada tiene el área de su sección transversal igual a 1 mil circular. El área mil circular de cualquier alambre redondo se encuentra elevando al cuadrado el diámetro del alambre dado en milésimos.

**modulación** Proceso para cambiar la amplitud o la frecuencia de una onda portadora mediante una señal de audio o de video.

**modulación de amplitud** Método común de la radiodifusión en el cual la amplitud o intensidad, de una onda portadora de radio varía por encima y por debajo de cierto nivel.

Las variaciones de amplitud de la onda portadora, cuando se detectan, representan la información que fue transmitida.

**modulación de frecuencia** Método común de la radiodifusión en el cual la frecuencia de la onda portadora de radio varía por encima y debajo de cierta frecuencia dada. Las variaciones en la frecuencia de la onda portadora, cuando se detectan, representan la información transmitida.

**molino de viento** Máquina que convierte la energía eólica en trabajo útil.

**motor** Máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

**motores de alto rendimiento** Motores eléctricos diseñados para convertir la energía eléctrica en energía mecánica al reducir las pérdidas en el estator o campo y en el rotor o inducido.

**National Electrical Code** Conjunto de normas para la instalación de aparatos y conexiones eléctricas patrocinadas por la National Fire Protection Association bajo los auspicios de la American National Standard Institute.

**negativo** Propiedad eléctrica de un objeto que contiene un número de electrones mayor al normal.

**nodo** Punto de un circuito en el cual dos o más conductores se interconectan.

**ohm** Unidad de resistencia eléctrica. Un circuito tiene una resistencia de 1 ohm cuando 1 volt produce una corriente de 1 ampere.

**óhmetro** Instrumento empleado para medir resistencias.

**onda de radio** Forma de energía electromagnética que transmite información a través del aire.

**onda terrestre** Onda de radio que viaja sobre, a través o próxima a la superficie de la Tierra.

**oscilador** Dispositivo electrónico que genera una corriente alterna.

**osciloscopio** Instrumento que produce, la imagen de una forma de onda sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos.

**OSHA** Abreviación de la Occupational Safety and Health Administration, una agencia del departamento de trabajo de EE.UU. Esta agencia dicta los reglamentos de segu-



riedad y sanidad relacionados con las condiciones de trabajo.

**pentodo** Tubo electrónico con cinco elementos.

**piedra imán** Uno de los nombres comunes de la magnetita, un mineral que es un imán natural.

**piezoelectricidad** Producción de voltaje mediante la deformación o presión sobre ciertos tipos de sustancias cristalinas.

**pila primaria** Pila que no puede recargarse.

**pila voltaica** Dispositivo que produce voltaje por acción química. Una pila voltaica está hecha de dos tipos diferentes de materiales conductores dispuestos dentro de una pasta o un fluido (electrolito) que también conduce electricidad.

**polaridad** Condición eléctrica que determina la dirección de la corriente. En un circuito, los electrones se mueven desde un punto de polaridad negativa a uno de polaridad positiva.

**polarización** Proceso mediante el cual el gas hidrógeno se deposita en el electrodo positivo de una pila seca.

**polarización de rejilla** El voltaje de control aplicado a la rejilla de un tubo electrónico.

**potencia** Tasa o velocidad con la que se realiza trabajo.

**potenciómetro** Resistor variable.

**probador lógico** Instrumento de diagnóstico para los circuitos digitales.

**probador de tubos** Dispositivo empleado para probar las condiciones de los tubos electrónicos.

**prueba de continuidad** Prueba que se realiza para determinar si un circuito o una parte de él proporciona una trayectoria eléctrica completa.

**pulsador** Interruptor operado manualmente que se emplea para enviar el código Morse internacional.

**puntos de contacto** Mecanismo con superficies especiales que hacen contacto para completar, o separan para abrir cierta parte de un circuito. Los puntos de contacto se encuentran en llaves, relevadores, interruptores de circuito, etc.

**puntos de interrupción** Dispositivo que interrumpe una corriente continua. En un automóvil, los puntos de interrupción son parte del distribuidor.

**quitafusibles** Dispositivo semejante a unas tenazas empleado para remover fusibles de cartucho de sus presillas de montaje.

**radio** Término general empleado en relación con el equipo que recibe ondas electromagnéticas y las convierte en energía sonora. El proceso mediante el cual las ondas de radio se envían a través del aire se llama radiotransmisión.

**reactancia capacitiva** La oposición que un capacitor presenta a la corriente alterna o a una corriente continua que está cambiando de valor. La reactancia capacitiva se mide en ohms.

**reactancia inductiva** La oposición que una bobina presenta a la corriente alterna o a una corriente continua que está cambiando de valor. La reactancia inductiva se mide en ohms.

**receptáculo** Zócalo o tomacorriente en la cual una clavija se inserta para hacer una conexión eléctrica.

**rectificador** Dispositivo que convierte la corriente alterna en corriente continua.

**regulador del generador** Dispositivo operado electromagnéticamente que se emplea para controlar la salida de corriente y voltaje de un generador.

**rejilla** Elemento de un tubo electrónico que controla el flujo de electrones del cátodo a la placa.

**relevador** Interruptor operado mediante electromagnetismo.

**reóstato** Resistor variable empleado por lo general en circuitos a través de los cuales circulan grandes cantidades de corriente.

**resistencia** Tendencia de un dispositivo o un circuito a oponerse al movimiento de la corriente a través de él. La unidad de resistencia es el ohm.

**resistor** Dispositivo empleado para introducir resistencia eléctrica a un circuito.

**resonancia** Condición de un circuito sintonizador cuando la reactancia capacitiva del capacitor del circuito es igual a la reactancia inductiva de la bobina en el circuito.

**rotor** Parte rotatoria de un motor de inducción.

**rozamiento** Fuerza que se opone al movimiento.

**selectividad** Propiedad del circuito sintonizador que permite el paso de una sola frecuencia a la vez.

**semiconductor** Grupo de materiales sólidos que son buenos conductores de corriente bajo algunas condiciones y pobres conductores bajo otras.

**sintonizador** Circuito de un receptor de radio o televisión que selecciona la frecuencia de onda portadora deseada.

**sistema espacial de conversión de energía** Sistema de energía solar bajo estudio que puede coleccionar energía limpia del Sol y transmitirla a la Tierra desde una órbita fija.

**sistema de conversión de la energía térmica del océano** Sistema de energía bajo estudio que se espera colecciona y almacene energía del Sol mediante el empleo del agua del océano.

**solenoides** Bobina de alambre enrollado alrededor de un espacio vacío.

**tabla de datos de alambres** Tabla de dimensiones y propiedades del alambre redondo de cobre.

**tablilla de conexiones provisionales** Disposición de circuitos en la cual los componentes eléctricos se conectan temporalmente para trabajo experimental, de prueba o prototipos.

**teléfono** Sistema de comunicación por medio de señales de audio transmitidas por alambres conductores o por ondas de radio.

**telégrafo** Sistema de comunicación por medio de señales codificadas.

**teletipo** Impresora operada eléctricamente que reproduce, en forma escrita, las señales codificadas que recibe.

**televisión** Aparato electrónico que transforma la información transmitida por las ondas portadoras en imágenes y sonido.

**teoría** Idea que se cree cierta pero que aún no ha sido probada.

**terminal** El alambre inicial o final de un dispositivo eléctrico o un alambre externo conectado a un dispositivo tal como un resistor, una bobina o un capacitor.

**termopar** Dispositivo consistente en dos tipos diferentes de metales unidos por un extremo. Cuando la juntura se calienta, se produce un voltaje a través de los extremos externos de los metales.

**termostato** Interruptor operado por la aplicación de calor.

**tierra** Conexión eléctrica entre un circuito y la tierra, o entre un circuito o algún objeto de metal que toma el lugar de ésta.

**torre de transmisión** Torre en la cual se monta una antena de transmisión de radio o de televisión.

**transformador** Dispositivo que transfiere energía eléctrica de una bobina a otra por medio de la inducción electromagnética.

**transformador de salida** Transformador colocado entre la etapa de salida y el altavoz de un receptor de radio, receptor de televisión, amplificador de audio, etcétera.

**transistor** Dispositivo semiconductor empleado para amplificar señales eléctricas.

**transmisor** Aparato electrónico que envía ondas de radio a través del aire.

**trazador de señales** Dispositivo electrónico empleado para trazar el curso de una señal en un circuito de radio o de televisión.

**triode** Tubo electrónico con tres electrodos.

**tubo electrónico** Dispositivo consistente en dos o más electrodos encerrados en una envoltura de vidrio o metal, a la cual se le ha removido la mayor parte del aire. También conocido comúnmente como tubo al vacío.

**tubo de rayos catódicos** Tubo electrónico que contiene un cañón de electrones que puede reproducir en su pantalla una señal o una imagen de la forma de onda de la señal.

**volt** Unidad de fuerza electromotriz, o voltaje.

**voltaje** Fuerza electromotriz que obliga a los electrones a moverse a través de un circuito.

**vóltmetro** Instrumento empleado para medir voltajes.

**watt** Unidad de potencia eléctrica.

# ÍNDICE

- Acción,  
  motriz, 146  
  transformadora, 145
- Acometida, 296-297
- Acoplamiento, 382
- Acta de seguridad y sanidad  
  ocupacional (ASSO),  
  33
- Adaptador de dos a tres  
  alambres, 26
- Adición de impurezas, 184-185
- Agente despolarizador, 152
- Aire acondicionado, 339-340
- Aire, purificador de, 5-6  
  electrónico, 341-342
- Aisladores, 59
- Aislamiento, 27  
  materiales para, 252-254
- Ajuste de receptores de radio,  
  401-402
- Alambre:  
  capacidad de corriente  
  segura, 235, 240-241  
  estañado, 235  
  de línea viva, 25, 298  
  neutro, 25  
  preestañado, 263  
  de resistencia, 325  
  resistivo, 61  
  y soldadura, 264-267  
  tablas, 235-236  
  a tierra, 24-25  
  tipos comunes de, 235-238  
  trenzado, 234  
  verde, 25, 26
- Aleaciones:  
  magnéticas, 117  
  resistivas, 325
- Alta fidelidad, 376
- Altavoces, 384-385  
  para agudos, 384  
  para graves, 384
- Alternador(es), 52-53, 132, 163  
  de automóvil, 347-349
- Aluminio, producción de, 292
- American Wire Gage (AWG),  
  calibres, 234
- Ampere, 28, 51
- Ampérmetro, 89  
  en automóviles eléctricos,  
  353  
  empleo del, 92
- Amplificación, 380
- Amplificadores, 180, 197  
  de audio, 414  
  de tres etapas, 380-382  
  de frecuencia intermedia,  
  401, 415  
  de televisión, 414  
  (véase también Circuitos,  
  amplificador  
  transistorizado)
- Ancho de banda, 370
- Ángulo de declinación, 120
- Anillos colectores, 159
- Ánodo, 186, 187, 204
- Antenas:  
  de receptores de radio, 399  
  en telemetría, 422  
  televisión, 412
- Arandelas de fibra, 253
- Arco eléctrico, 327-328
- Armadura, 124, 159, 309
- Arrancador electromagnético,  
  317-318
- Arreglo de la bobina de  
  campo, 132
- Arsénico, uso en la  
  impurificación, 184-185
- Átomo, 2-3
- Atracción electrostática, 178
- Audio,  
  detección de, 204  
  detector de, 401
- Audio, sistemas de, 374-390  
  altavoces, 384-385  
  amplificación, 380  
  amplificadores de tres  
  etapas, 380-381  
  cabezas magnéticas, 389-390  
  cables, 380  
  cápsulas, 133, 378-380  
  cinta magnética, 389  
  control de volumen y tono,  
  386-387  
  cuatro canales, 376  
  disco fonográfico, 388-389  
  estereofónico, 375-376  
  micrófonos, 377-378  
  monocanal, 375  
  preamplificador, 387
- simetría complementaria,  
  385-386
- Autoinductancia (véase  
  Inductancia)
- Automóvil, sistema eléctrico  
  del, 343-337  
  accesorios, 351  
  alternador, 347-348  
  batería, 343, 345  
  circuito de arranque, 345  
  claxon, 350  
  corneta (véase claxon  
  arriba)  
  fusibles e interruptores de  
  circuito, 351  
  instrumentos, 350  
  luces, 349-350  
  regulador del alternador,  
  348-349  
  sistemas de encendido,  
  345-347
- Bandas de radiodifusión, 395
- Batería(s), 50, 149  
  acumulador auxiliar de  
  plomo-ácido, 155-157  
  automóvil, 343  
  conectadas en paralelo,  
  84-86  
  conectadas en serie, 84  
  elevadora, 85  
  mantenimiento de las, 157  
  prueba, 154-155
- Bobina(s),  
  compensadora, 302  
  de choque (véase reductoras  
  abajo)  
  reductoras, 139
- Bornes, 256
- Brújula, 119-120
- Caballo de potencia, 310-311
- Cable, 234  
  de acometida, 296  
  armado, 300  
  de calor radiante, 326  
  de comunicación, 239-240  
  audio, 239-240, 380  
  coaxial, 240  
  con forro no metálico, 291,  
  299  
  preparación para soldar,  
  263-264

- Cajas de conexión, 301
  - Calentadores de agua, 336
  - Calibres Brown and Sharpe (B & S), 234
  - Calor,
    - bomba de, 340-341
    - sensores de, 207-208
    - sumideros de, 199
  - Calor, producción de, 325-336
    - arco eléctrico, 327-331
    - calentadores de agua, 336
    - por calentamiento de una resistencia, 326-336
    - dieléctrico, 330-331
    - estufas eléctricas, 332-333
    - hornos de microondas, 331-332
    - inducción, 329
    - infrarrojo, 328-329
    - plancha eléctrica, 334-336
    - termostatos, 332-333
    - tostadores, 334
  - Campo,
    - electromagnético, 123
    - electrostático, 5
    - y capacitores, 102
    - magnético, 115-116, 120, 121
    - giratorio, 318-319
    - móvil, 123, 132-133
  - Capa (ionósfera) Kennelly-Heaviside, 393
  - Capacitancia, 102, 105
  - Capacitor(es), 5, 102-105
    - código de colores para, 109-110
    - conexión en paralelo de, 108
    - electrolíticos, 188
    - defectos de, 110
    - fijos, 106-108, 110
    - e inductores, 139
    - no electrolíticos (véase fijos arriba)
    - prueba de, 111
    - seguridad, 110
    - variable, 108, 110
    - velocidad de carga de, 108-109
  - Cápsulas fonocaptoras, 133, 378
  - Carga(s), 11
    - eléctricas, 3-5
  - Cátodos, 186, 205
    - en tubos electrónicos, 177-180
  - Cautín, 260-262
  - Celda(s):
    - alcalina, 152-153
    - capacidad de las, 151
    - de carbón-cinc, 151-152
    - de combustible, 173-174
    - conectadas en paralelo, 84-85
    - conexión en serie, 84
    - fotoconductiva, 207, 210-211
    - fotovoltaica, 169, 206-207
    - húmedas, 150
    - de mercurio, 153
    - de níquel-cadmio, 153-154
    - de plomo-ácido, 155-157
    - primaria, 150
    - química, 10
    - químico-voltaica, 149
    - seca, 50, 150
      - prueba, 154-155
    - secundaria, 150
    - solares, 168-169, 206-207
    - vida fuera de servicio de, 151
    - voltaje nominal de, 150-151
  - Central de energía, satélite, 172
  - Centrales,
    - hidroeléctricas, 439-440
    - nucleoeléctricas, 441-443
    - termoeléctricas, 440-441
  - Centro,
    - de carga, 296-297
    - retransmisor, 359
  - Cinta fusible, 28
  - Cintas:
    - amarre plástico, 248
    - eléctrica, 252
    - magnética, 374, 389-390
  - Circuito(s), 10-12
    - abierto, 27
    - alterno, 104
    - amplificador, 206
    - amplificador de audio de simetría
      - complementaria, 385-386
    - amplificador monocal de tres etapas, 382-383
    - amplificador transistorizado, 197-199
  - de arranque, 345
  - de barrido, 460-461
  - de color, 416-417
  - conexiones al chasis, 27
  - en corto, 27
  - de derivación, 297-301
  - detector de modulación de amplitud (MA), 204
  - diagnóstico de problemas en, 469-470
  - discretos, 250-251
  - de emisor común, 197
  - impreso, 215-225
  - integrados, 194, 208, 209, 251
  - y la ley de Ohm, 73
  - lógicos, 431-435
  - modulador, 394
  - oscilador, 139, 462
  - para pequeños aparatos, 298
  - en paralelo, 12, 81-84
  - de puente, 189
  - rectificador, 54, 136, 186, 188, 189
  - separados, 298-299
  - en serie, 12, 79-81
  - en serie-paralelo, 12, 86
  - sincronización y barrido, 415-416
  - sintonizador, 139
  - del sonido, televisión, 415-416
  - superheterodino, 414
    - control automático de volumen (CAV), 401
  - convertidor, 400
  - sintonizador, 399-400
  - tanque, 462
- Circuito interruptor, tierra accidental (GFCI), 31-32
- Clavijas, 25, 245-246
- Código Morse Internacional, 360, 395-396
- Códigos binarios, 428-430
- Componentes, identificación de, 14-15
- Compuerta, 187, 205
  - y diodos, 191
  - y transistores de efecto de campo, 206
- Compuesto, 3
- Computadoras y procesamiento de

- datos, 427-438
- almacenamiento de datos, 430-431
- aplicaciones, 437-438
- circuitos lógicos, 431-435
- código binario, 436-437
- entrada y salida de datos, 428, 430-432
- programas, 431, 437
- sistema de numeración binario, 436
- sistemas analógicos y digitales, 427
- Condensador de vapor, 443
- Condiciones binarias, 427
- Conductores, 56
  - de acometida, 296
  - de aluminio, 301
  - en circuitos, 10-11
  - en circuitos impresos, 215
  - metálicos, resistencia de, 58-59
- Conexión.
  - de salida múltiple, 302
  - a tierra, 24-26
- Conexión enrollada de alambre, 254-258
- desenrollada, 256-257
- herramientas para la, 256-258
- Conmutador, 294, 161
- Conexiones,
  - para control remoto, 303-304
  - en derivación, 81
    - (véase también Circuitos, en paralelo)
  - inadecuadas, 304
  - múltiples, 81
    - (véase también Circuitos, en paralelo)
- Constante,
  - dieléctrica, 105
  - de tiempo de un circuito, 109
- Control de calidad, 456
- Controlador de motor, 319
- Convertidor(es).
  - energía termoiónica, 175
  - magneto hidrodinámico (MHD), 174-175
- Cordones eléctricos, 234, 238
- Corrector de sintonía, 107-108
- Corriente(s). 10
  - alterna, 52-53, 132
  - audiofrecuencia, 369, 374
  - continua, 52, 54, 132-133
  - de excitación, 163
  - inducida, 131
  - intermitente (variable), 369
  - y la ley de Ohm, 72
  - medición de la, 89, 95-97
  - parásitas, 135
  - y prefijos unitarios, 52
  - relación con el voltaje, 136-137
  - senoidal alterna, 53
  - no senoidal alterna, 54
  - y voltaje, 51
- Cuatro canales, sistema de, 376
- Chasis, 17
  - construcción de hoja metálica, 268-277
- Deflexión electrostática, 460
- Demodulación, 204
- Densidad específica de un líquido, 155-156
- Descodificación, 361, 365
- Desmagnetización, 118-119
- Desmagnetizador, 118-119, 121
- Detector de relación, 415
- Devanado:
  - de arranque, 208
  - de campo, 318-319
  - de marcha (principal), 315-316
  - primario, 134
  - secundario, 134
    - con derivación central, 189
- Diagnóstico y reparación, 466-471
  - inspección, 466-467
  - probador lógico, 470-471
  - problemas de circuito, 469-470
  - procedimientos, 466
  - pruebas, 468-469
- Diagramas de circuitos, 13-20
  - de conexión, 18
  - esquemáticos, 14-15, 17-20
  - pictóricos, 14
- Dieléctrico, 60, 102
  - en capacitores electrolíticos, 107-108
  - estructura del, 106
- Diodo(s), 12, 179-181
  - detector, 204
  - emisor de luz (LED), 285
  - de estado sólido, 184
    - como rectificadores, 186-189, 191-193
      - especificación de, 190
      - polarización directa, 187
      - polarización inversa, 187-188
  - prueba, 190
    - (véase también Circuitos, rectificador)
- Disco (fonográfico), 374, 388-389
- Dispositivos.
  - de control de circuito, 11-12
  - de estado sólido, 177
- Divisor de voltaje, 81
- Dominios magnéticos, 116
- Efecto,
  - Edison, 178
  - fotoeléctrico, 405
  - Peltier, 208
  - piezoeléctrico, 378
- Electricidad,
  - dinámica, 50
  - estática, 5-7, 50
- Electrodos, 149
  - colector, 175
  - emisor, 175
  - rejilla, 175
    - (Véase también Cátodos)
- Electroimán selector, 365
- Electroimanes, 124, 143
  - de núcleo de hierro, 124, 125
- Electrólisis, 289, 292
- Electrólito, 149, 288
- Electromagnetismo, 118, 123-130
- Electrones, 2-3
  - flujo básico de, en un alambre, 56-57
  - libres, 4
    - en el magnetismo, 115
    - de valencia, 4, 56, 184
- Elemento, 3

- Elementos,  
 calefactores, 325, 327-328  
 ferromagnéticos, 116
- Emisión termiónica, 177
- Energía. 2  
 calor, 2, 10  
 (véase también Calor,  
 producción de)  
 de celdas de combustible,  
 173-174  
 eléctrica, 1. 10, 167  
 electrostática, 5  
 eólica. 169-170  
 geotérmica, 171  
 luminosa. 10, 169  
 magnética, 10  
 de materiales orgánicos, 171  
 niveles de, 4  
 del océano, 170-171
- Enlaces covalentes, 184
- Enlace de par electrónico, 184
- Ennegrecimiento por  
 afinaciones de vacío,  
 182
- Enrollador de cinta (platina),  
 390
- Espacio de aire, magnético,  
 133
- Estación de Servicio de  
 Radiocomunicación de  
 Banda Civil, 396-397
- Estación de servicio de  
 radiocontrol (R/C), 396
- Estañados, 221  
 de alambres, 263  
 del caudín, 262
- Estator, 163  
 arreglo del, 108
- Estufas eléctricas, 332-333
- Etapa excitadora, 382
- Factor de potencia de motores,  
 319-320
- Farad, 105
- Federal Communications  
 Commission (FCC), 42,  
 393, 395-396
- Ferritas, 117
- Fibras de vidrio, empleo de,  
 372-373
- Filamento luminiscente, 178
- Fisión atómica, 441
- Fotoceldas, 206-207
- Fotómetro, 405
- Frecuencia, 53  
 de batido, 398-399  
 intermedia, 398-399  
 modulación de (MF), 394,  
 463  
 respuesta a la, 379-380  
 ultrasónica. 389-390
- Freón. 337-338
- Fuerza,  
 contra electromotriz  
 (f<sub>cem</sub>), 138  
 electromotriz, 10, 50
- Fusibles. 28-30  
 en automóviles, 351  
 de cartucho, 29  
 a prueba de mal manejo, 28  
 reglas de seguridad para, 30  
 tapón, 28-29
- Galvanómetro. 89
- Galvanoplastia, 290-292
- Generador(es), 50, 132  
 armadura rotatoria, 163  
 de barrido, 461  
 básico. 159  
 campo rotatorio. 163-164  
 de corriente alterna, 54,  
 163-164  
 de corriente directa, 161-163,  
 electroquímico, 10  
 excitador de cc, 163  
 magneto, 164-165  
 monofásico, 165  
 operación de, 159-161  
 práctico, 163  
 de señales, 461-463  
 de señales de  
 audiofrecuencia  
 y radiofrecuencia,  
 462-463  
 trifásico, 165-166  
 voltaje de, 164
- Grabado de circuitos  
 impresos, 215, 219-221
- Grapas, cable, 248
- Guía de ondas, 331
- Haz,  
 electrónico, 417  
 explorador, 406-407  
 de retorno, 407
- Henry, 138
- Herramienta para desoldar,  
 223
- Herramientas y dispositivos  
 de conexión, 242-258  
 abrazaderas de cable, 248  
 clavijas y receptáculos,  
 245-247  
 clips. 247-248  
 conector de pruebas para  
 CI, 258  
 conectores para alambre,  
 247  
 conectores de micrófono,  
 247  
 correas plásticas para  
 amarre, 248  
 dispositivos aislantes,  
 252-254  
 enrolladores de alambre,  
 254, 257-258  
 grapas aislantes, 248  
 marcas en alambre, 254  
 peladores de cable,  
 243-245  
 pinzas. 242, 243  
 puentes de conexión y  
 lengüetas, 248  
 tabletas para conexión,  
 248-250, 252
- Hertz (Hz). 53
- Heterodino, 398-399
- Hidrómetro, 155-156
- Histéresis, pérdidas por, 135
- Horno,  
 de arco eléctrico, 328  
 electrolítico, 292
- Imanes, 115-120  
 aleaciones, 117  
 en brújulas, 119-120  
 cerámicos, 117  
 fabricación, 118  
 (véase también  
 Magnetismo)
- Impedancia, 105, 139
- Impulso eléctrico, 57
- Impurezas,  
 aceptor, 185  
 donador, 184-185
- Inducción, 118, 134
- Inducción electromagnética,  
 131-147

- autoinductancia, 138, 146  
 campo magnético móvil, 132-133  
 inductores, 139  
   prueba, 139-140  
 líneas de transmisión, 137-138  
 reactancia inductiva, 139  
 relación entre voltaje y corriente, 136-137  
 transformadores, 133-135, 139-149
- Inductancia, 131, 138  
   efectos de la, 146
- Inductores, 139-140  
   del núcleo de hierro, 139
- Industria de la energía eléctrica, 439-449  
   centrales hidroeléctricas, 439-440  
   centrales nucleares, 441-443  
   centrales termoeléctricas, 440-441  
   sistemas de transmisión y distribución, 445-448
- Ingeniería y electrónica, 449-454
- Instrumentos electrónicos de prueba, 459-465  
   empleo de, 463-465  
   generador de señales, 461-463  
   osciloscopio, 459-461  
   rastreador de señales, 463
- Interruptor de proximidad magnética, 128
- Interruptor(es):  
   de arranque, 345  
   de barras cruzadas, 371  
   bipolar-bidireccional (DPDT), 308, 313  
   centrífugo, 316  
   conector por pasos, 370  
   de láminas magnéticas, 371  
   memoria/impulso, 471  
   de tres y cuatro direcciones, 302-303
- Interruptores de circuito, 448  
   en aire, 448  
   en automóviles, 351  
   magnéticos, 128
- Inversión en motores eléctricos, 313-317
- Investigación y desarrollo en la electrónica, 449-454
- Iones, 4, 149
- Ionización, 4
- Joule, 339-340
- Kilowatts-hora, fórmula para, 76-77
- Lámparas y alumbrado, 279-287  
   de destello, 281  
   diodos emisores de luz (LED), 285  
   filamento de carbón, 279  
   fluorescentes, 281-282  
   incandescentes, 279-280  
   láser, 285-287  
   letreros de neón, 285  
   luminiscentes, 284-285  
   mercurio, 283-284  
   *three-lite*, 280-281
- Láseres, 285-287
- Lengüetas de conexión:  
   preestañadas, 263  
   soldado de alambre en, 264  
   terminal, 25
- Ley de Ohm, 72-74, 99  
   empleo de la, 73-74  
   fórmulas, 72-73
- Limas, 272-273
- Línea de alimentación, 295-296
- Líneas de transmisión, 445-447  
   de potencia, 137-138
- Longitud de onda, 392-393
- Lumens, 279-280
- Luz, 286-287  
   guía de, 372-373  
   ultravioleta, 283
- Magnetismo, 10, 115-121, 123  
   aplicaciones futuras del, 120  
   eliminación del, 118-119  
   inspección con partículas magnéticas, 120  
   magnetos, 115-118  
   residual, 124-125
- Magneto, 164-165
- Magneto volante, 164-165
- Magnetron, 331
- Máquina procesadora de palabras, 438
- Marcas de alambres, 254
- Materiales antimagnéticos, 116
- Mecanismo de conmutación, 162
- Medidor de pinzas, 95-96
- Medidores, 88-101  
   cuidado y empleo seguro de, 90-91, 96-100  
   lectura de escalas en, 92-94  
   y pruebas de continuidad, 94-95  
   tipos de, 89-90, 95  
   watt-hora.
- Medidores de tablero, 89  
   lectura de escalas de, 92-93
- Megóhmetro, 89
- Microcomputadora, 437-438, 414
- Micrófonos, 368-369, 374-376, 394
- Microminiaturización, 209
- Microondas, 172, 331
- Microprocesador, 353, 414, 437-438
- Modulación, 393-394, 463  
   de amplitud (MA), 394, 463
- Modulador, 394
- Molécula, 3
- Molino de viento, 169-170
- Motor(es), 308-323  
   acción motriz, 308  
   arranque, 345  
   de arranque con capacitor, 317  
   de arranque por repulsión, 317-318  
   de buen rendimiento energético, 319-320  
   capacidad de, 310-311  
   control de velocidad de, 313-316  
   de corriente alterna, 314  
   cuidado y mantenimiento de, 320-321  
   de fase dividida, 315-317  
   funcionamiento del conmutador en, 308-310  
   de histéresis, 318  
   inversión de, 313, 316

- de polo compensado, 317
- de potencia fraccionaria, 310-311
- sincrónicos, 318
- trifásico de inducción, 318-319
- universal, 54, 312, 321
- Multímetro, 89-90
  
- National Bureau of Standards, EUA, 424
- National Electrical Code, 294-295
- Neutrones, 2-3
- Niveles lógicos, 470-471
- Núcleo de un átomo, 2-3
- Número atómico, 3
  
- Ocupaciones en electricidad y electrónica, 37-49
- Ohm, 57-58
  - e impedancia, 105
  - y reactancia capacitiva, 104-105
- Óhmetro, 89, 92
  - empleo en la prueba de diodos, 190
  - empleo en prueba de transistores, 201
  - empleo con tubos electrónicos, 183
  - como probador de capacitores, 111
  - y prueba de continuidad, 94-95
- Onda(s):
  - aéreas, 393
  - en el agua, 392
  - electromagnéticas, 392
  - no senoidales, 54 (véase también Corriente, alterna)
  - portadora, 393
  - de televisión, 410-412
  - de radio, 392-393, 398
  - senoidal, 53
  - sonoras, 392-393
  - terrestres, 393
- Oscilador:
  - de alta frecuencia, 392
  - en circuitos de radio superheterodinos, 398
  
- Hartley, 462
  - de relajación, 109, 112-113
- Osciloscopio, 459-461, 463-465
  
- Panel solar, 169
- Pentodos, 180-181
- Peso atómico, 3
- Piedra imán, 116
- Pinzas, 242, 244-245
  - para alambre, 243-244
- Pirómetros, 208
- Pistolas para soldar, 262-263
- Polaridad fija, 52
- Polarización, 152
  - directa, 187
  - inversa, 187-188
- Polos (véase Terminales)
- Potencia, 54-55
  - fórmulas para la, 74, 100-101
  - ganancia de, 196
  - de salida de amplificadores, 384-385
- Potenciómetro, 66-67, 386-387
  - empleo del, 69-70
- Prefijos decimales, 52
- Probador lógico, 470-471
- Probador manual, lámpara de neón, 26, 33-34
- Procesamiento de datos (véase Computadoras y procesamiento de datos)
- Procesos,
  - de codificación, 355-356, 360, 364-365
  - de transmisión, 360-361
- Protones, 2-3
- Pruebas,
  - para baterías, 154-155
  - para capacitores, 111
  - de continuidad, 94-95, 139-140, 183, 468
  - para transformadores, 139-140
  - en tubos electrónicos, 183
  - de resistencias, 469
  - para transformadores, 139
  - para transistores, 200
  - de voltaje, 140, 154, 468-469
- Pulsos, 133
  
- Radio, 392-393
  - aficionados, 395-396
  
- ajuste, 401-402
- circuito superheterodino, 398
- frecuencia de batido, 398-399
- modulación, 393-394, 398
- ondas de, 392-393, 398
- receptor de MF, 402-403
- servicios individuales, 396-397
- transceptor de, 397-398
- transmisor de, 392
- Radiodetector, 402-403
- Radiotelefonía, 396-397
- Radioteléfono portátil, 397-398
- Rayo catódico, 459-460
- Razón de vueltas de transformadores, 135
- Reacción nuclear en cadena, 441-443
- Reactancia,
  - capacitiva, 104-105
  - inductiva, 105, 139
- Reactores, 139, 441-443
- Receptáculo, 245-247
- Receptores,
  - de MA, 403
  - de MF, 403
- Rectificación, 186
- Rectificación, dispositivos de estado sólido, 204-214
  - circuitos integrados, 208-209
  - diodo detector, 204
  - fotoceldas, 206-207, 210-211
  - rectificadores, silicio y selenio, 205-206," 209-210
  - termistores, 207, 211-212
  - termopares, 208, 212-214
  - transistor de efecto de campo, 206
- Rectificadores:
  - controlado de silicio (SCR), 205
  - diodos como, 187-190, 191-193
  - de media onda, 179, 188-189
  - de onda completa, 180, 189, 180, 189
  - de selenio, 205-206 (véanse también Circuitos, rectificador; Semiconductores)



- Red cristalina, estructura, 184  
Red divisora fie frecuencias, 384
- Rejilla,  
de control, 180  
pantalla, 181  
supresora, 181
- Relevador, 126-128  
electromagnético, 12  
de láminas magnéticas, 128
- Retentividad, 124-125
- Reóstatos, 66  
de agua salada. 292
- Resistencia, 57-59, 61  
y la ley de Ohm, 72  
medida de la, con óhmetro, 89, 98-99  
con volttohmiampémetro, 94
- Resistor(es):  
códigos de color para, 64-65, 68-70  
defectos de, 67  
fusible, 68  
potencia nominal de, 63-64  
térmicos (véase Termistores  
tipos de, 62-63  
variables, 66
- Retroalimentación, 358
- Rigidez dieléctrica, 60
- rms (raíz cuadrática media), valor, 383
- Rotor. 309  
arreglo del, 108, 131  
en motor de fase dividida, 315
- Sello de aprobación de organismo autorizado, 24
- Semiconductores, 184-185, 204-206
- Señal (imagen] de video, 406-407. 417-418
- Sistema,  
estereofónico, 375-376  
monocanal. 375  
(véase también, Audio, sistemas de)
- Sistemas eléctricos,  
acometida, 296  
apagadores, tipos de, 301  
automóvil (véase Automóvil, sistema eléctrico del)  
circuitos derivados, 297-301  
conductores de aluminio, 301  
conexiones para control remoto, 303  
conexiones inadecuadas, 304  
dispositivos para conexión, 301-302  
en el hogar, 296  
línea de alimentación, 295
- Señales de entrada, 380-382  
y altavoces, 384-385  
a etapa contrafásica, 382-383  
portadora, 204
- Serpentines de evaporador, 337
- Servicios de radio  
individuales, 396-397
- Shock eléctrico, 22-23  
protección contra, 31-32
- Silicio, 169-170, 185
- Símbolo (s):  
binarios, 437-438  
de circuitos, 13-17  
gráficos, 14  
letras, 14-15
- Sistema de numeración binario, 437-438
- Sistemas de encendido, automóvil, 345-346
- Sobrecarga, 27
- Soldadura, 259-265  
por arco eléctrico, 328  
de alambres, 264-266  
en circuitos impresos, 222  
de juntura, 326-327  
herramientas para, 260-263  
v lengüetas de conexión, 264-265  
por ola, 217  
preparación del alambre para, 263-264  
por resistencia, 326-327  
y terminales huecas, 265
- Solenoides, 123-124, 128-129  
timbre de campana, 124
- Sonido, almacenamiento (véanse Cinta, magnética; Disco)
- Sujetador, 247-248  
de prueba de CI, 258
- Superconductividad, 59
- Superheterodino, receptor de radio, 398  
etapas en uno de MA, 399
- Sustrato, 62
- Tablero de interruptores de circuito, 296
- Telecomunicación:  
eléctrica y electrónica, 359  
hablada, 355-356  
por onda luminosa, 372-373  
redes de, 365-366  
visual, 358-359
- Teléfono (auricular y micrófono), 368-369
- Teléfonos, 368-372, 372-373
- Telégrafo, 360-362
- Telemetría, 422-424
- Teletipo, 363-365
- Televisión, 405-408  
amplificadores de, 414  
antena de, 412  
por cable, 412, 420-421  
cámara de color, 409-410  
cinescopio, 417  
circuitos de color, 416-417  
circuitos del sonido, 415  
haz electrónico, 417  
interferencia de la imagen, 419-420  
pantalla del tubo, 417-418  
receptor de, 412  
sincronización y barrido, 415-416  
sintonizador, 413-414  
sistema de alto voltaje de retroceso, 416  
tubo de cámara vidicón, 405-410, 408-409
- Terminal de protección, 195-196
- Terminales, 52  
preestañadas, 263  
y soldadura, 265
- Termistores, 207
- Termopares, 208
- Termostato:  
bimetálico, 333-334

- en estufas eléctricas, 332-333
- en planchas eléctricas, 334-336
- Timbres, 125-126
- Tiristores, 205
- Tolerancia, 63
- Toma de tierra del usuario, 297
- Tomas de 230 volts, 299
- Tono, 397-398
- Transceptores, 397
- Transductores, 206-207
- Transformador(es), 133-137, 445-447
  - accionador, 382
  - de aislamiento, 133
  - devanados, 134-137
    - código de colores para, 136
    - pruebas de continuidad, 139-140
    - de núcleo de aire, 134-135
    - de núcleo de hierro, 134-135
    - núcleos de, 134-135
    - de potencia, 136
    - pruebas de, 139-140
    - rectificador, 136, 189
- Transistores, 12, 194-203
  - y circuitos amplificadores, 197, 202-203
  - FET (transistores de efecto de campo), 90, 206
  - guías de sustitución, 196
  - manuales, 196
  - operación de, 196-198
  - prueba, 200-201
  - tipos de, 195-196
  - trabajo con, 199-200
  - y tubos electrónicos, 194
- Transmisión de potencia a gran altura, 172
- Transmisión, señales de televisión, 410-412
- Transmisor:
  - de radio, 392-393
  - telefónico, 368-369
- Triodos, 180
- Tuberías:
  - aislantes, 252
  - electrometálicas (TEM), 300
- Tubo(s):
  - de cámara de color, 409-410
  - electrónicos, 177-183
  - de imagen de televisión, 417-418
  - superortición, 405-408
  - de vacío, 177
  - vidicón, 408-409
- Tubos electrónicos, 12, 177-183
  - construcción y operación
    - básica de, 177
  - defectos de, 182
  - denominación y sustitución de, 181
    - manuales de, 181, 183
    - pantallas del tubo, 416-417
  - diagramas de base, 181
  - diodo, 179-181
  - de función múltiple (sección múltiple), 181
  - pentodos, 180-181
  - prueba, 182-183
  - y transistores, 194
  - triodo, 180-181
- Tuercas:
  - conectoras, 245-247
  - tornillo mecánico, 275-276
- Turbina. 439
- Unión p-n, 185-186
- Vibración de anillos y bobinas, 145
- Volt, 10, 50-51
- Voltaje, 10, 50-51
  - de audiofrecuencia, 374
  - en circuito abierto, 150-151
  - generador de, 164
  - inducido, 131-132
    - polaridad de, 134
    - valor de, 135
  - inverso, 138
  - inverso pico (PIV), 190
  - en lámparas luminiscentes, 284-285
  - y la ley de Ohm, 72-73
  - medida de, 89, 96-97
  - nominal de celdas, 150-151
  - de polarización, 197-200
  - relación con la corriente, 136-137
- Vóltmetros, 89-90
  - en automóviles eléctricos, 353
  - uso de, 90-91
- Voltohmiliampémetro (VOM), 89-90
  - digital, (VOMD), 95
  - de efecto de campo, (TEC VOM), 90
  - lectura de escala, 93-94
  - medida de resistencias, 94
- Volumen, 386-387
- Watt, 54
- Wattaje, 279-280
- Zumbadores, 125-126







## OTROS TÍTULOS CON TEMAS AFINES PUBLICADOS POR McGRAW-HILL

<b>Bapat:</b>	DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS ELECTRONICOS
<b>Carlson:</b>	SISTEMAS DE COMUNICACION
<b>Cutler:</b>	ANALISIS DE CIRCUITOS CON SEMICONDUCTORES
<b>Edminister:</b>	CIRCUITOS ELECTRICOS (SCHAUM)
<b>Edminister:</b>	ELECTROMAGNETISMO (SCHAUM)
<b>Fitzgerald:</b>	FUNDAMENTOS DE INGENIERIA ELECTRICA 4/ed.
<b>Foley:</b>	FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS
<b>Hayt:</b>	ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN INGENIERIA 2/ed.
<b>Hayt:</b>	TEORIA ELECTROMAGNETICA
<b>Lowenberg:</b>	CIRCUITOS ELECTRÓNICOS (SCHAUM)
<b>Malvino:</b>	PRINCIPIOS DE ELECTRONICA
<b>Schick:</b>	PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD
<b>Shrader:</b>	COMUNICACION ELECTRONICA
<b>Shrader:</b>	ELECTRICIDAD: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES
<b>Sluzberg:</b>	FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
<b>Stevenson:</b>	ANÁLISIS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA 2/ed.
<b>Temes:</b>	COMUNICACION ELECTRONICA (SCHAUM)
<b>Wilson:</b>	ELECTRONICA BASICA I - PRINCIPIOS
<b>Wilson:</b>	ELECTRÓNICA BÁSICA II - APLICACIONES

ISBN 968-451-471-9

