

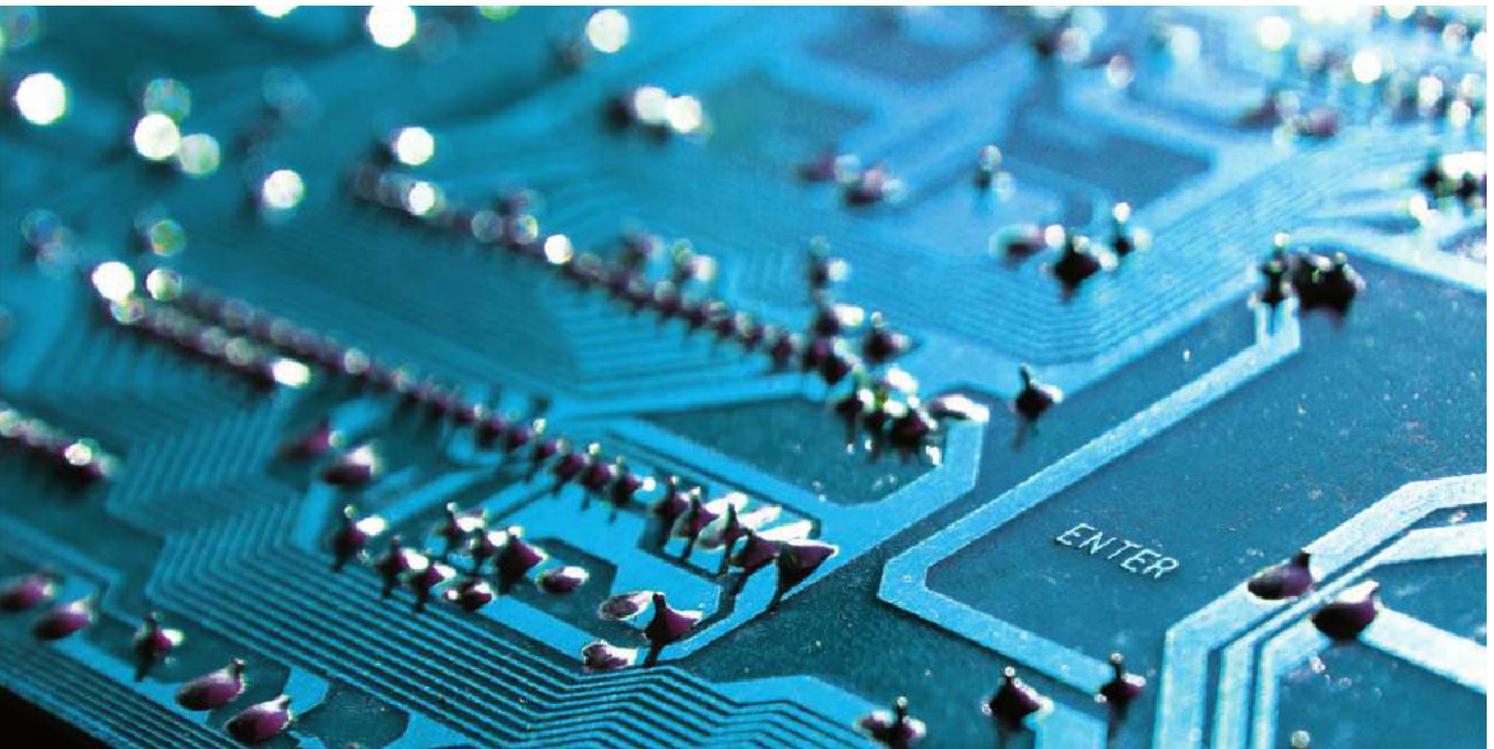
USERS

INCLUYE
VERSIÓN DIGITAL
GRATIS

ELECTRÓNICA

CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO DE CIRCUITOS

CORRIENTE CONTINUA Y ALTERNA + LABORATORIO DE TRABAJO + SEMICONDUCTORES
Y DISPOSITIVOS DE VISUALIZACIÓN + DISEÑO, SIMULACIÓN Y ARMADO DE CIRCUITOS



CONOZCA LOS SECRETOS DEL MUNDO DE LA ELECTRÓNICA



CONÉCTESE CON LOS MEJORES LIBROS DE COMPUTACIÓN



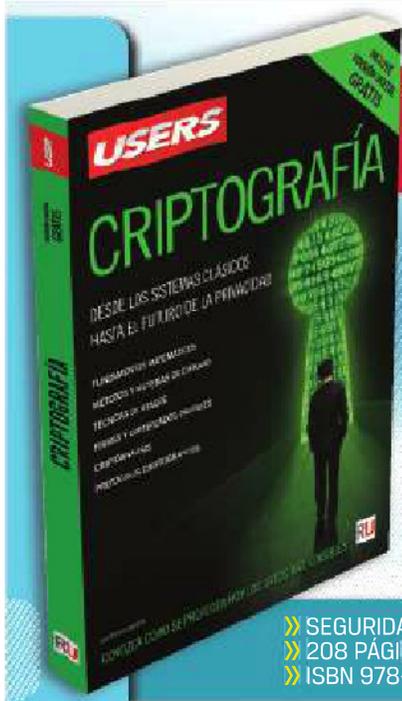
MONTE SU PROPIO NEGOCIO DE REPARACIÓN DE EQUIPOS

» HARDWARE
» 320 PÁGINAS
» ISBN 978-987-1949-02-1

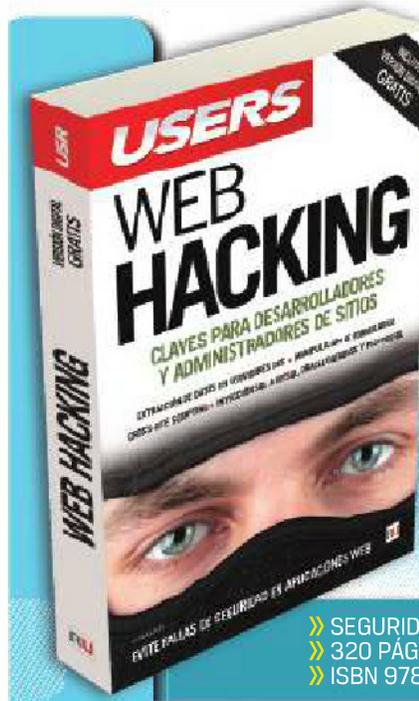


APRENDA A REPARAR TODO TIPO DE DISPOSITIVOS

» HARDWARE / REDES
» 320 PÁGINAS
» ISBN 978-987-1949-19-9



» SEGURIDAD
» 208 PÁGINAS
» ISBN 978-987-1949-03-8



» SEGURIDAD
» 320 PÁGINAS
» ISBN 978-987-1949-19-9

LLEGAMOS A TODO EL MUNDO VÍA  OCA* Y  DHL**

MÁS INFORMACIÓN / CONTÁCTENOS  usershop.redusers.com  +54 (011) 4110-8700  usershop@redusers.com

*SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA // **VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA



ELECTRÓNICA: CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO DE CIRCUITOS



TÍTULO: Electrónica: conceptos básicos y diseño de circuitos
AUTOR: Diego Aranda ... [et.al.]
COLECCIÓN: Manuales USERS
FORMATO: 17 x 24 cm
PÁGINAS: 320

Copyright © MMXIV. Es una publicación de Fox Andina en coedición con DÁLAGA S.A. Hecho el depósito que marca la ley 11723. Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, por ningún medio actual o futuro sin el permiso previo y por escrito de Fox Andina S.A. Su infracción está penada por las leyes 11723 y 25446. La editorial no asume responsabilidad alguna por cualquier consecuencia derivada de la fabricación, funcionamiento y/o utilización de los servicios y productos que se describen y/o analizan. Todas las marcas mencionadas en este libro son propiedad exclusiva de sus respectivos dueños. Impreso en Argentina. Libro de edición argentina. Primera impresión realizada en Sevagraf, Costa Rica 5226, Grand Bourg, Malvinas Argentinas, Pcia. de Buenos Aires en III, MMXIV.

ISBN 978-987-1949-54-0

Electrónica: conceptos básicos y diseño de circuitos / Diego Aranda ... [et.al.]. - 1a ed. -
Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fox Andina; Buenos Aires: Dalaga, 2014.
320 p.; 24x17 cm. - (Manual users; 262)

ISBN 978-987-1949-54-0

1. Informática. I. Aranda, Diego
CDD 005.3



VISITE NUESTRA WEB

EN NUESTRO SITIO PODRÁ ACCEDER A UNA PREVIEW DIGITAL DE CADA LIBRO Y TAMBIÉN OBTENER, DE MANERA GRATUITA, UN CAPÍTULO EN VERSIÓN PDF, EL SUMARIO COMPLETO E IMÁGENES AMPLIADAS DE TAPA Y CONTRATAPA.

RedUSERS
COMUNIDAD DE TECNOLOGÍA



redusers.com

Nuestros libros incluyen guías visuales, explicaciones paso a paso, recuadros complementarios, ejercicios y todos los elementos necesarios para asegurar un aprendizaje exitoso.



LLEGAMOS A TODO EL MUNDO VÍA  * Y  **

* SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA // ** VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA

 usershop.redusers.com

 usershop@redusers.com

 + 54 (011) 4110-8700

Prólogo



La verdadera razón de ser de este libro consiste en presentar los temas relacionados a la electrónica como práctica profesional, desarrollándolos de manera sencilla y comprensible para que sean entendidos sin necesidad de contar con conocimientos previos.

Esta obra presenta en detalle un determinado conjunto de temas que son necesarios para comprender la materia, y lo hace en un constante pasaje de lo teórico a lo práctico para que se puedan comprender a fondo ambos aspectos.

Comenzaremos dedicándole un lugar especial al laboratorio, las herramientas y el instrumental necesarios para llevar a cabo las tareas propuestas y todas las requeridas para el desempeño profesional futuro.

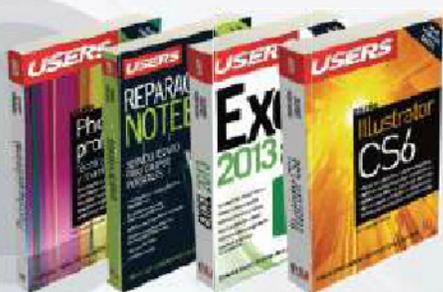
No es necesario ser un experto en ninguna materia. Sí se recomienda tener conocimientos básicos sobre matemáticas y física, para aprovechar mejor los contenidos desarrollados. En caso de no tenerlos, el lector podrá buscar en las referencias, ampliar con material adicional de internet o investigar en textos pertenecientes a las ciencias básicas.

Ya sea que en el futuro el lector se dedique a la electrónica en forma profesional o no, el conocimiento adquirido en este libro podrá ser aprovechado en innumerables momentos, tanto en sus tareas personales como en su trabajo.

Red**USERS**

COMUNIDAD DE TECNOLOGÍA

La red de productos sobre tecnología más importante del mundo de habla hispana



Libros

Desarrollos temáticos en profundidad

Coleccionables

Cursos intensivos con gran despliegue visual



Revistas

Las últimas tecnologías explicadas por expertos

RedUSERS redusers.com

Noticias actualizadas minuto a minuto, reviews, entrevistas y trucos



Newsletters

Regístrese en redusers.com para recibir un resumen con las últimas noticias



RedUSERS PREMIUM premium.redusers.com

Nuestros productos en versión digital, con contenido adicional y a precios increíbles



Usershop usershop.redusers.com

Revistas, libros y fascículos a un clic de distancia y con entregas a todo el mundo



El libro de un vistazo

Este libro enseña de manera sencilla y comprensible los conocimientos esenciales que se relacionan a la práctica profesional de la electrónica. Sus temas están desarrollados de manera tal que pueden ser entendidos por quienes no cuentan con conocimientos previos.

***01****FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD**

Introducción a los contenidos fundamentales y necesarios para comprender la electrónica, su evolución en el tiempo y algunos conceptos básicos relacionados con electricidad y electromagnetismo.

***02****PRINCIPIOS SOBRE
CORRIENTE CONTINUA**

La corriente continua es una forma de corriente eléctrica que tiene sus particularidades. Por ser relativamente sencilla, comenzaremos a estudiarla en esta sección, para luego poder analizar temas más complejos. Para comprenderla mejor, explicaremos los experimentos que permitieron descubrirla, medirla y generarla.

***03****PRINCIPIOS SOBRE
CORRIENTE ALTERNA**

La corriente alterna, sus particularidades y características. Cuáles son las diferencias fundamentales con la corriente continua.

***04****PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA**

Las magnitudes físicas, los circuitos electrónicos y sus leyes: la ley de Joule, la ley de Ohm, la ley de Kirchoff. Los métodos de nodos y mallas, los teoremas de superposición, de Thevenin y de Norton. Además, los conceptos de carga, intensidad, tensión, potencia y energía.

***05****EL LABORATORIO**

Cómo es un laboratorio de electrónica, con todos los elementos, herramientas y accesorios que facilitan las tareas prácticas que desarrollaremos. Además, un compañero inseparable del técnico electrónico: el protoboard, una especie de plaqueta universal que nos permitirá probar circuitos y diseños de manera rápida y sencilla.

***06****SEMICONDUCTORES**

Los principales dispositivos electrónicos, como el diodo, el transistor, y su generalización en modo de circuitos integrados.

***07****DISPOSITIVOS DE VISUALIZACIÓN**

Un repaso por las tecnologías relacionadas con los métodos de visualización, que nos permiten representar valores o información mediante un código, imágenes o texto. Desde los dispositivos electromecánicos hasta las pantallas LCD, plasmas y LEDs.

***09****SIMULACIÓN DE CIRCUITOS EN LA PC**

La simulación de circuitos por computadora nos permite simplificar la creación y el diseño de circuitos electrónicos. Veremos los distintos aspectos de la simulación lógica, basándonos en las principales funciones que contiene un software de simulación. Además, realizaremos la simulación de un cargador de baterías.

***08****DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS**

Gracias al uso de software de PC, aprenderemos cómo es posible realizar, mucho más rápido y de manera confiable, el diseño de una placa de circuito impreso, en prototipos simples y complejos.

***10****CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS**

La construcción de circuitos impresos en distintas modalidades y el importante proceso de la soldadura para conseguir los mejores resultados.

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

A lo largo de este manual podrá encontrar una serie de recuadros que le brindarán información complementaria: curiosidades, trucos, ideas y consejos sobre los temas tratados. Para que pueda distinguirlos en forma más sencilla, cada recuadro está identificado con diferentes iconos:

**CURIOSIDADES
E IDEAS****ATENCIÓN****DATOS ÚTILES
Y NOVEDADES****SITIOS WEB**

Contenido

Prólogo	4
El libro de un vistazo	6
Información complementaria.....	7
Introducción	12

* 01

Fundamentos de electricidad

Introducción a la electrónica	14
La electrónica como profesión.....	16
Conceptos y definiciones.....	17
Conceptos básicos.....	20
Conductores y aislantes	20
Electricidad estática y dinámica.....	23
Campos electromagnéticos.....	27
Campo eléctrico	27
Campo magnético	28
Resumen	35
Actividades	36

* 02

Principios sobre corriente continua

Conceptos básicos.....	38
Conceptos preliminares	38
Fuentes	39



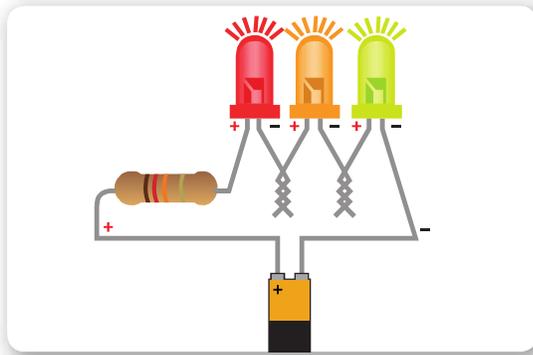
Dispositivos	41
Fuerza electromotriz.....	42
Pila de Volta.....	43
Termocupla.....	43
La pila eléctrica	45
Pilas comunes y alcalinas	48
Generación de corriente continua.....	48
Acumuladores.....	49
Dinamos	51
Celdas solares.....	53
Fuentes y baterías	57
Características.....	58
Diferencias	59
Tipos de pilas.....	59
Diferencia de potencial.....	61
Evolución	62
Resumen	63
Actividades	64

* 03

Principios sobre corriente alterna

Conceptos básicos.....	66
Generar corriente alterna.....	67
Electricidad trifásica y fases en componentes.....	71





Generación de corriente alterna77

 Centrales hidroeléctricas79

 Centrales termoelectricas.....79

 Centrales nucleares79

 Energías renovables80

 Generadores de corriente alterna.....81

El transformador86

 Entrada y salida88

 Tipos de transformadores91

 Bobina de Tesla92

Resumen93

Actividades94

***04**

Principios de electrónica

Magnitudes físicas.....96

Componentes básicos.....100

 Termistores (NTC y PTC).....104

Tipos de circuitos105

 Circuito serie.....105

 Circuito paralelo.....107

 Circuito mixto.....107

Leyes de los circuitos109

 Voltaje.....109

 Intensidad111

 Resistencia.....112

 Ley de Joule.....114

 Ley de Ohm115

Ley de Kirchhoff.....117

Teorema de superposición120

Teorema de Thevenin.....122

Teorema de Norton123

Leds126

Resumen129

Actividades130

***05**

El laboratorio

Mesa de trabajo132

 Sobre la seguridad.....133

Herramientas, elementos y accesorios.....135

 Soldador y accesorios136

Instrumentos analógicos y digitales140

 Instrumentos analógicos141

 Instrumentos digitales143

 El osciloscopio.....146

 Señales analógicas y digitales149

 Mediciones de formas de onda151

El protoboard154

 Topología y accesorios154

 Limitaciones.....156

 Alimentación y colocación

 de componentes.....156

 Consejos útiles.....161

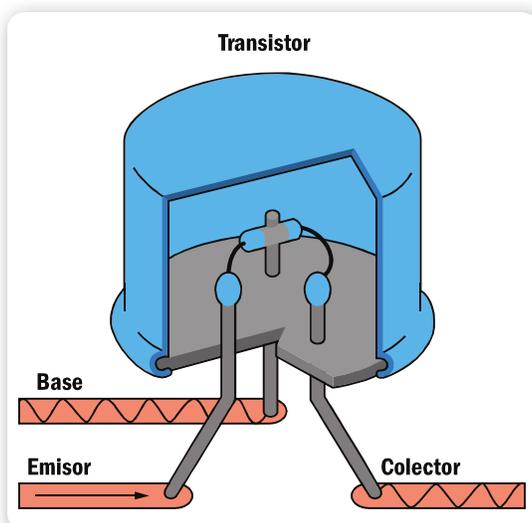
Resumen161

Actividades162



06*Semiconductores**

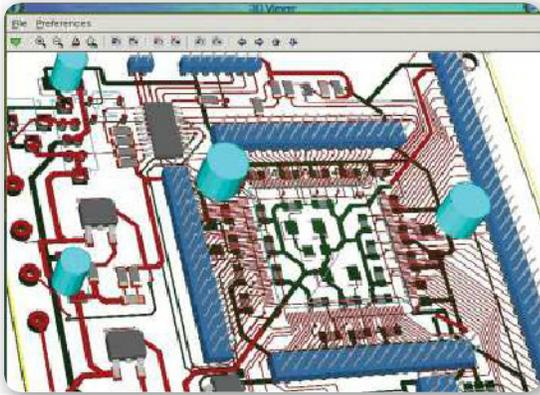
Materiales semiconductores	164
Material tipo N	166
Material tipo P.....	167
Diodos	168
Polaridad.....	169
Circuitos con diodos.....	171
Tipos	172
Transistores	173
Transistor bipolar.....	173
Funcionamiento.....	177
Estructura	179
Transistor de efecto de campo	182
Proyecto: Alertador del nivel de agua.....	184
Circuitos integrados	185
Fabricación de los circuitos integrados	186
Clasificación de los circuitos integrados.....	186
Tipos de encapsulados	187
Hojas de datos.....	189
Disipadores	189
Ley de Ohm térmica	190
Resumen	193
Actividades	194

***07****Dispositivos de visualización**

Visualización en electrónica	196
Displays electromecánicos.....	196
Tubos Nixie	197
Visualizadores fluorescentes de vacío	198
Visualizadores lightguide.....	198
Tubos de rayos catódicos	199
Pantallas de cristal líquido	200
Visualizadores proyectables	201
Tecnologías de uso frecuente	201
Matriz de puntos	206
Tecnologías más utilizadas.....	208
Retroiluminación.....	211
Ventajas de los LCD	212
TV 3D	214
Visualización moderna	216
Tinta electrónica	216
Imagen en 3D.....	219
Holografía	220
Displays volumétricos	222
Resumen	225
Actividades	226

08*Diseño de circuitos impresos**

Software de diseño de circuitos	228
Entornos de diseño CAD.....	229
Módulo de captura de esquemáticos.....	230
El módulo de CAD.....	231
El control de errores	231
CadSoft EAGLE.....	231
El viejo PCB.....	233
FreePCB	234
ExpressPCB	234
KiCad	235



Reglas de ruteo236

Sistema métrico y mils236

Encapsulados y software de diseño237

Interfaz de los módulos en EAGLE239

Componentes disponibles.....239

Diseño de un circuito esquemático.....241

Área de trabajo242

Librerías de componentes.....242

Diseño de un circuito impreso por software245

Uso práctico de EAGLE248

Resumen251

Actividades252

*** 09**

Simulación de circuitos en la PC

Simulación lógica funcional254

Ventajas de la simulación256

Modelado de circuitos electrónicos.....256

Alternativas de simulación258

Software ISIS259

Simulación de código.....261

Área de trabajo262

Diseño de un circuito267

Prácticas de simulación270

Resumen275

Actividades276

*** 10**

Construcción de circuitos

Circuitos impresos.....278

Estructura279

Materiales.....280

Multicapa281

Elaboración282

El circuito impreso284

Proceso de fabricación.....286

Proceso de elaboración287

Circuito impreso universal296

Constitución.....297

Montaje.....300

Implementación300

La soldadura301

Tipos de soldadura.....301

Soldadura blanda.....302

Soldadura fuerte302

Soldadura por gas.....303

Soldadura por arco eléctrico305

Soldadura por resistencia eléctrica.....307

El estaño, nuestro fiel amigo308

Técnicas de soldado308

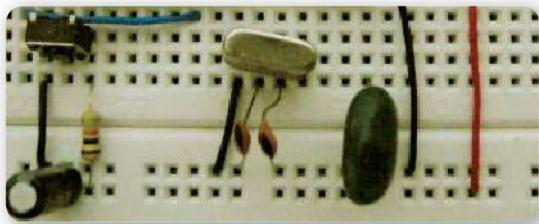
Soldadura de componentes en UPC.....311

Resumen311

Actividades312

Servicios al lector

Índice temático.....314



Introducción



Uno de los objetivos principales de esta obra es simplificar el proceso de aprendizaje de la electrónica, para todos aquellos lectores y usuarios que decidan emprender la desafiante labor de armar circuitos y dispositivos electrónicos y –por qué no– capacitarse para realizar tareas de reparación de equipos sobre la base de los conocimientos adquiridos.

En sus páginas, hemos condensado una gran cantidad de temas que serán provistos en el orden adecuado para facilitar la comprensión y el aprendizaje. En muchas ocasiones, dejaremos abierta la puerta a la investigación y a estudios posteriores que podrán realizarse sobre la base de lo aprendido. Sabemos que, para algunos lectores, lo desarrollado aquí será disparador de nuevas curiosidades e inquietudes que esperamos poder motivar.

Asimismo, el lector podrá adquirir conocimientos teórico-prácticos, en conjunto con una serie de ejemplos y aplicaciones prácticas que desarrollan técnicas que ayudarán a comprender, de manera cabal, los temas y las necesidades que debe tener en cuenta un técnico al manejarse con dispositivos y circuitos electrónicos.

Encontrará también material gráfico como infografías, guías visuales y galerías de imágenes que ayudarán a comprender de un vistazo aquellos conceptos más complejos.

Las explicaciones se complementan no solo con el contenido gráfico, sino que, además, ofrecen procedimientos prácticos desarrollados paso a paso para mejorar la comprensión de operaciones complejas. De esta manera, lo complicado se divide en múltiples partes que permiten abordar el problema en pasos más simples de entender.

Así como el programador de computadoras, que trabaja con lenguajes y sistemas creando programas para resolver problemas, utiliza distintas estrategias, si hay algo que motiva al técnico electrónico es, también, que tiene muchas maneras de resolver lo mismo, y que puede crear y modificar a partir de algunos métodos y técnicas fundamentales.



Fundamentos de electricidad

En este capítulo, nos introduciremos en los contenidos más fundamentales para luego llegar a comprender conceptos más avanzados. Así, iremos construyendo, a partir de temas simples, los conocimientos necesarios para aproximarnos a los aspectos más complejos de la electrónica.

▼ Introducción a la electrónica .. 14	▼ Campos electromagnéticos 27
La electrónica como profesión 16	Campo eléctrico 27
Conceptos y definiciones 17	Campo magnético 28
▼ Conceptos básicos 20	▼ Resumen..... 35
Conductores y aislantes..... 20	
Electricidad estática y dinámica 23	▼ Actividades..... 36



➤ Introducción a la electrónica

Se considera que la electrónica nació a comienzos del siglo XX con la invención del llamado **diodo de vacío (John Ambrose Fleming, 1904)**. Dicho dispositivo, considerado el primer elemento electrónico, se basaba en la emisión termoiónica, un fenómeno que ya había observado **Thomas Alva Edison** 20 años atrás, cuando experimentaba con sus bombillas eléctricas para evitar que se ennegreciera el vidrio por el filamento de carbón. Edison notó que, si colocaba una lámina dentro de una de las ampollas y polarizaba positivamente, aparecía una corriente entre el filamento y la lámina metálica.



Figura 1. La válvula de vacío fue el componente esencial para el nacimiento y desarrollo de la electrónica.

Dos años después del invento de Fleming, **Lee De Forest**, uno de los padres de la electrónica, inventó el **triodo**. Este elemento era parecido al diodo de vacío, pero con una rejilla adicional que permitía variar la nube de electrones de la válvula. El hecho de que se haya empezado a hablar de los elementos atómicos –y, en especial, de los electrones– hizo que se comenzara a conocer a esta disciplina como **electrónica**. El triodo de Forest permitió desarrollar los primeros amplificadores de audio y otros dispositivos que manejaban señales de sonido y video.



Figura 2. El **triode** es básicamente una **válvula de vacío** con tres electrodos: cátodo, ánodo, y una rejilla de control configurada para hacer variar una nube de electrones.

Con el tiempo, aparecieron otros mecanismos como los **tetrodos** y **pentodos**, que eran válvulas de 4 y 5 electrodos respectivamente, y se buscó la reducción de su tamaño para lograr que los dispositivos construidos con estos elementos fueran más pequeños. Sin embargo, recién en los años 40, con la aparición del **transistor**, la electrónica alcanzó una verdadera miniaturización y dio un salto cuantitativo a partir del uso de los llamados **semiconductores**.

A fines de los años 50, apareció el **circuito integrado**, utilizado para formar circuitos más complejos en un solo chip funcional, y, en 1970, surgió el **microprocesador**, de la mano de la empresa **Intel**, que hasta hoy es líder mundial en dichos componentes.

En la actualidad, la electrónica se encuentra en todo lo que tenemos a nuestro alrededor. Además, se convirtió en la base fundamental de la siguiente explosión en ingeniería: la **informática**. Así, el **hardware** pasó a ser el sustrato del **software**.

Los avances en la miniaturización llevaron a conformar la **microelectrónica** y, en los últimos años, hemos asistido al nacimiento



LA VÁLVULA DE VACÍO



Su principio de funcionamiento se basa en el control del movimiento de los electrones que hay en su espacio vacío, que está a baja presión o contiene gases especiales. Su función principal es amplificar o modificar una señal eléctrica. Actualmente, su uso sobrevive en algunas aplicaciones en las cuales sigue siendo la mejor opción, como los amplificadores de audio de alta fidelidad.

de la **nanoelectrónica**, es decir, un orden de magnitud mucho menor que el anterior, que introdujo la electrónica en espacios tan reducidos como los dispositivos móviles.

La evolución de la electrónica llevó a que se crearan distintas especializaciones, aunque tal vez la división más destacada se encuentre entre la llamada **electrónica analógica** y la **electrónica digital**.

La electrónica como profesión

Tal como en alguna época el herrero era el hombre más respetado por sus habilidades –así como el maestro constructor o el médico–, la electrónica pasó a ocupar, desde mediados del siglo pasado, el lugar de **profesión sofisticada**. Luego, el avance de las sociedades llevó a multiplicar estos conocimientos hasta encontrarnos hoy con un gran número de profesiones consideradas de difícil ejercicio, pues requieren una gran cantidad de estudios previos para poder ser ejecutadas.

El caso de la electrónica ha pasado de las manos de los primeros **inventores** que experimentaron con la electricidad, que contaban con ayudantes y estudiantes que aprendían de ellos, hasta las especializaciones que se fueron originando con los años.

Hoy en día, una de las profesiones relacionadas es la de **técnico**. Un técnico, en cualquier área que se desarrolle, es una persona con conocimientos técnicos sobre un tema en cuestión. En el caso de la electrónica, un técnico debería tener, por lo general, las habilidades necesarias para **construir, diagnosticar y reparar** equipos y dispositivos electrónicos, que casi siempre son **diseñados por ingenieros**.

Esto marca una diferencia sustancial entre el ingeniero y el técnico, ya que el primero suele tener conocimientos para **crear y diseñar**,

mientras que el segundo está más enfocado en saber sobre lo que el otro diseña, para poder manipularlo, repararlo y modificarlo.



Figura 3. El técnico en electrónica debe poder armar, diagnosticar y reparar dispositivos creados, en general, por ingenieros.

De hecho, en la educación formal, la especialización de **Técnico en Electrónica** existe en los colegios secundarios. Un técnico en electrónica puede ocupar las más diversas **posiciones laborales**, ya que su base de conocimientos le proporciona una gran amplitud de opciones. Además, se encuentra muy cerca de otras clases de técnicos, como el técnico en informática, el técnico en electricidad o el técnico mecánico.

Es importante destacar, en este punto, que los conocimientos técnicos, si bien deben ser adquiridos a través de **libros, profesores**, etcétera, no se consolidan hasta tanto se lleven a la práctica y se consiga la experiencia necesaria. En electrónica, la distancia entre la **teoría** y la **práctica** es abismal; por eso, es necesario que un técnico pueda manejar ambos aspectos. La teoría sin práctica suele quedar incompleta, y la práctica sin teoría puede resultar peligrosa.

Quienes decidan continuar por este camino, la **Ingeniería en Electrónica** constituye el siguiente escalón y, como carrera universitaria, es sin duda una de las que más desafíos ofrece.

Conceptos y definiciones

Empezaremos por definir el concepto más elemental: el **átomo**. Podemos decir que el átomo es un componente de la materia que posee propiedades químicas definidas, manteniendo su identidad y características. Es, de hecho, la menor parte en que puede dividirse la materia sin perder sus cualidades. Todos los elementos químicos que podemos encontrar en la tabla periódica están conformados por el mismo tipo de átomos que, a la vez, no pueden ser separados en forma química. Los átomos están compuestos de un **núcleo** que concentra prácticamente toda su masa y que está formado por **protones**



LAS CARRERAS DE INGENIERÍA



En la actualidad, existe una multiplicidad de carreras relacionadas con la electrónica, como la Ingeniería en Electrónica, antes mencionada, y otras como la Ingeniería en Telecomunicaciones, Electromecánica, Eléctrica o Informática. En todos los casos, se trata de carreras que requieren el dominio del pensamiento abstracto y una buena base técnica. Por lo general, demandan entre 5 y 6 años de cursada.

LOS FLUJOS
DE ELECTRONES
FORMAN
INTERACCIONES
COMPLEJAS



(elementos con carga eléctrica positiva) y **neutrones** (elementos con carga eléctrica nula). A su vez, el núcleo está rodeado por una nube de **electrones** (partículas con carga negativa) que orbitan a su alrededor sobre la base de la **fuerza electromagnética**. La clasificación de un átomo está dada por la cantidad de protones y neutrones que contiene en el núcleo (**número atómico**) y que determina el elemento químico al que corresponde. La cantidad de neutrones, por otra

parte, define lo que se denomina su **isótopo**. El diámetro de un átomo es sumamente pequeño, está en el orden de un billonésimo de metro, y su masa es de un cuatrillonésimo de gramo (y más del 99.9% se concentra en su núcleo). Un átomo es tan pequeño que no puede ser visto de manera directa con un microscopio.

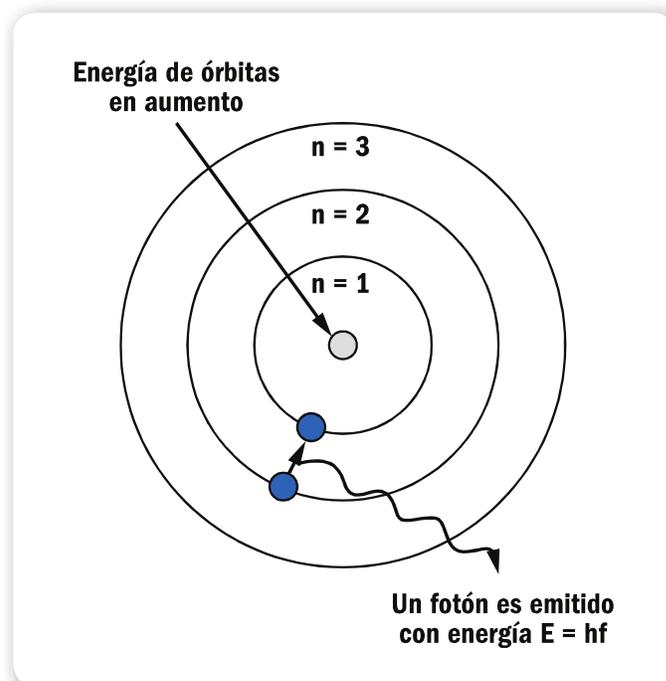


Figura 4. El **modelo atómico de Bohr** representa el átomo como si fuera un pequeño sistema solar.

Por su parte, los electrones que se encuentran en la nube que rodea al núcleo están repartidos en **niveles de energía** escalonados, y el salto de un electrón de una de estas órbitas de energía a la otra

produce la **emisión** o **absorción** de radiación electromagnética, que se manifiesta como **fotones** (de aquí se deduce el efecto fotoeléctrico).

La **carga eléctrica** es una propiedad presente en la materia, que produce una fuerza cuando hay otra materia cerca cargada de electricidad. La carga puede transferirse de un cuerpo a otro de dos maneras: por contacto directo o por medio de un **material conductor**. Es una propiedad física y se expresa a través de fuerzas de atracción y repulsión.



Figura 5. Un rayo es una manifestación de la **energía eléctrica** que se genera cuando se cumplen ciertas condiciones atmosféricas.

Cuando hablamos de **electricidad**, nos referimos técnicamente a una serie de fenómenos físicos vinculados al **flujo de cargas eléctricas**. En un cuerpo físico determinado, la carga eléctrica es causada por la existencia de diferentes materiales que se frotan entre sí. Cuando se produce una transferencia de carga de un material al otro, se genera lo que se llama **electricidad estática**. La existencia de una carga, por su parte, da paso a la aparición de la **fuerza electromagnética**.

En cambio, cuando hablamos de **electrónica**, nos referimos a una rama de la física que luego pasó a ser un tipo de ingeniería, cuyo objetivo es estudiar los distintos sistemas que basan su funcionamiento en la conducción de un **flujo de electrones**.



EL TÉRMINO ÁTOMO



Proviene del latín **atomum** y, a su vez, deriva de una voz griega que significa **sin partes**. Puede entenderse también como la unión de **a** y **tomo**, que quiere decir **indivisible**. En la antigua Grecia, ya se creía en la existencia de partículas que conformaban el universo, pero recién se pudo demostrar que existían en el siglo XIX. Posteriormente, se descubrió que el átomo puede dividirse en **partículas subatómicas**.

Conceptos básicos

Resulta indispensable comprender cómo surgen algunos fenómenos que, a menudo, suceden a nuestro alrededor. Asimismo, es importante saber de dónde provienen, ya que, en el mundo de la electrónica, todo tiene un origen y un fin.

Conductores y aislantes

Básicamente podemos dividir los materiales en tres tipos: **conductores**, **aislantes** y **semiconductores**. Por el momento, nos centraremos en los dos primeros.

Un **conductor** es un material capaz de conducir electrones; para ello, su estructura atómica juega un papel importante, ya que debe tener, en su última órbita (llamada **banda de valencia**), menos de cuatro electrones.

Los mejores conductores tienen un solo electrón en su banda de valencia; de esta forma, es más fácil que este ceda electrones a que los gane. Los mejores conductores son el oro, la plata, el cobre, el hierro y el aluminio, porque tienen 1, 1, 1, 2 y 3 electrones en su banda de valencia, respectivamente. Como podemos ver, los metales son los materiales que tienen mejor conductividad eléctrica.

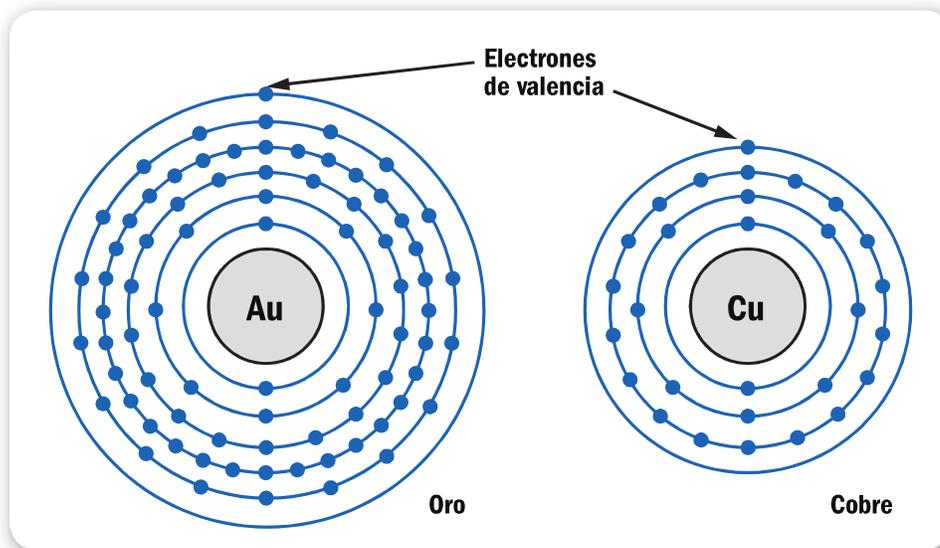


Figura 6. Los electrones más lejanos del núcleo tienen más energía que los cercanos; por lo tanto, pueden desprenderse con mayor facilidad.

Dentro de esta categoría, podemos incluir a los **superconductores**. Los conductores normales presentan cierta resistividad al flujo de electrones, y, por lo tanto, existe una pequeña pérdida de estos –en realidad, no es que se pierdan, sino que se transforman en energía térmica–. Uno de los factores que influye en la resistencia de un conductor es la temperatura. Los superconductores permiten conducir corrientes sin pérdidas; por esta razón, pueden transportar corrientes por encima de las 2000 veces de lo que transporta un cable de cobre. Las aplicaciones para los superconductores son ilimitadas. Sin embargo, el principal problema que presentan es el factor de temperatura, ya que debe mantenerse siempre baja.

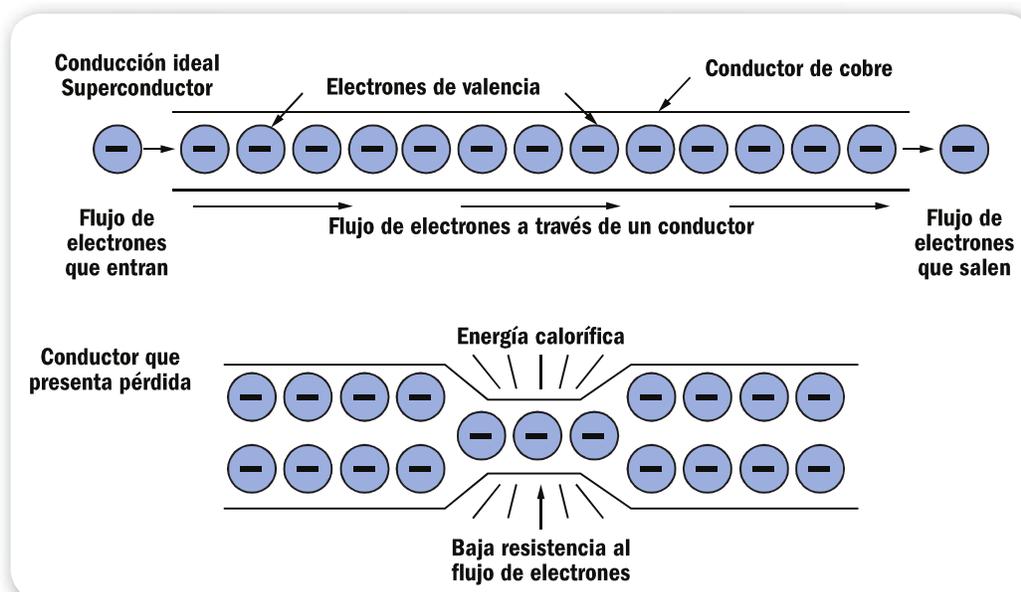


Figura 7. Algunos electrones se pierden y se convierten en energía calorífica en un conductor normal, a diferencia de lo que sucede en un **superconductor**.

Un **aislante** es un material que presenta alta resistencia al paso de la corriente. La resistividad es la oposición que presentan ciertos materiales a que los electrones circulen por él.

La alta resistencia de un aislante permite aislar una corriente en un conductor. Por lo general, se utiliza para cubrir o aislar cables que transportan corriente eléctrica, ya que los electrones no son capaces de circular a través de un aislante, al menos no tan fácilmente en condiciones normales. Un aislante tiene comúnmente

más de cuatro electrones en su banda de valencia, y es muy difícil que pueda perder alguno de estos. Un átomo que tenga ocho electrones en su banda de valencia es un aislante muy estable. Los aislantes son formados por varios elementos, como, por ejemplo, el plástico y el vidrio.



Figura 8. Las líneas de alta tensión se sujetan a las torres metálicas con algún **material aislante**, como el vidrio y la porcelana.

Que un aislante tenga más de cuatro electrones en su banda de valencia no significa que esté imposibilitado para conducir corriente, ya que esto sí es posible. El aire, de alguna manera, es un aislante natural; sin embargo, por efecto de la temperatura y de la humedad, puede conducir corriente cuando el ambiente es húmedo. Un claro ejemplo son los rayos que caen a la tierra cuando llueve, a causa de las condiciones de humedad del ambiente.



AISLANTES



La cinta adhesiva es uno de los tantos aislantes que existen. En los circuitos normales, se utilizan plásticos como revestimiento aislante. En cables delgados, como los de bobinas, transformadores y motores eléctricos, se hace uso de una delgada capa de barniz que cubre el conductor.

Electricidad estática y dinámica

Una de las formas en que podemos clasificar la electricidad es en estática y dinámica. La **electricidad estática**, como su nombre lo indica, contiene electrones estáticos o en reposo y se genera cuando los electrones se acumulan en un punto determinado de un material. Cuando un cuerpo adquiere una carga –ya sea positiva en el caso de que pierda electrones, o negativa en el caso de que los gane–, afecta a los demás cuerpos que se encuentran a su alrededor, atrayéndolos o repeliéndolos, según la carga del cuerpo: cargas iguales se repelen (+ +); cargas diferentes se atraen (+ -).

Si un cuerpo está cargado (tiene exceso de electrones), debe volver a su estado de equilibrio. Para lograrlo, necesita descargarse, es decir, pasar el exceso de electrones a otro cuerpo, y esto genera un desprendimiento de energía, ya sea en forma mecánica o por chispas. Asimismo, el proceso por el cual un cuerpo adquiere carga se llama **inducción electrostática**.

La forma más sencilla de pasar electrones libres de un átomo a otro es por **frotamiento**. Algunas veces, la acumulación de cargas resulta peligrosa; por ejemplo, en los camiones que transportan gas, porque el movimiento del camión hace que el aire roce en él y lo cargue electrostáticamente. En este caso, cualquier chispa que se llegara a desprender podría provocar una catástrofe. Por eso, estos vehículos arrastran una cadena, así el exceso de electrones se descarga en tierra.



Figura 9. Algunos componentes eléctricos son muy sensibles a la estática, por ello se usan pulseras que se conectan a la tierra para manipularlos.

No necesariamente debe existir contacto directo entre dos materiales para que estos se descarguen; muchas veces, cuando un cuerpo se encuentra muy cargado, los electrones saltan de un material a otro produciendo un **arco eléctrico** entre ellos. Un ejemplo es, otra vez, el de las nubes que, al frotarse con las moléculas de aire, adquieren carga eléctrica y, por lo tanto, buscan una salida para este exceso de electrones, produciendo lo que conocemos como rayos.

Cuando hablamos de **electricidad dinámica**, nos referimos a los electrones en movimiento. Para que la electricidad sea realmente útil, debe encontrarse en movimiento, y la fuente que genere este tipo de electricidad debe tener sus cargas eléctricas en constante renovación.

En 1799, el conde italiano **Alessandro Volta** inventó la pila eléctrica, al descubrir que, mediante la acción química, se podían

renovar constantemente las cargas. Los electrones que salen del terminal negativo de la batería son electrones libres y entran en contacto con el conductor (por ejemplo, cobre). Estos electrones libres entran en las bandas de valencia del cobre y desplazan los electrones que allí se encuentren; a su vez, ese electrón desplazado entra en otro átomo y desplaza a otro electrón. Se produce, así, un ciclo en cadena hasta el terminal positivo de la batería, donde se anulan las cargas.



Figura 10. Volta apiló en forma alternada discos de cobre y de zinc, intercalando entre ellos pañuelos húmedos (arriba **Cu**, abajo **Zn**).

La unidad de medición de los electrones que circulan a través de un circuito es el **culombio**, nombre que se le dio en honor a **Charles-Augustin de Coulomb**. El culombio representa 6.28×10^{18} electrones por segundo.

Ley de Coulomb

La Ley de Coulomb define que la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales o partículas tiene las siguientes propiedades:

- Es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia **r** entre las partículas.
- Es proporcional al producto de las magnitudes de las cargas **q1** y **q2**.
- Es de atracción, si son de signo diferente, y de repulsión, si son iguales.
- Su fórmula es:

$$F = \kappa \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

donde $K \approx 8.99 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

En el siguiente **Paso a Paso**, veremos cómo los materiales interactúan con sus cargas electrostáticas: cargaremos electrostáticamente un globo para que éste le pase parte de su carga a una bola de aluminio y adquieran, así, cargas iguales que harán que se repelen al acercarlos.

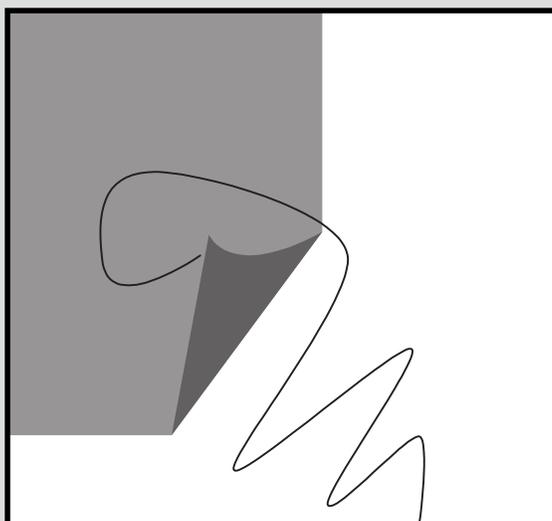
AL ENCENDER
UN APARATO
ELÉCTRICO, USAMOS
ELECTRICIDAD
DINÁMICA



PAP: PÉNDULO ELECTROSTÁTICO

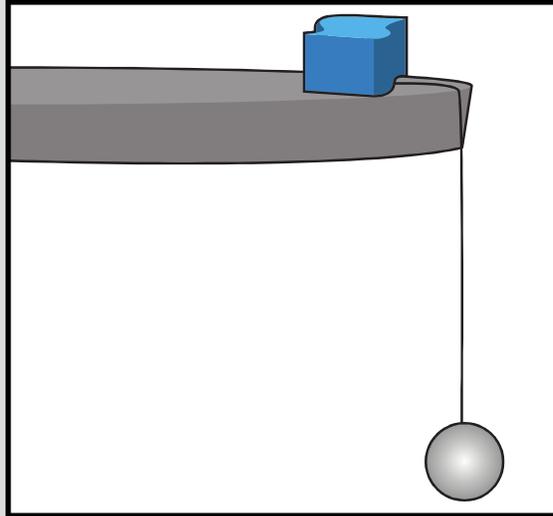


- 01** Tome un hilo y colóquelo encima del papel aluminio. Luego, haga una bola de papel aluminio con el hilo adentro.

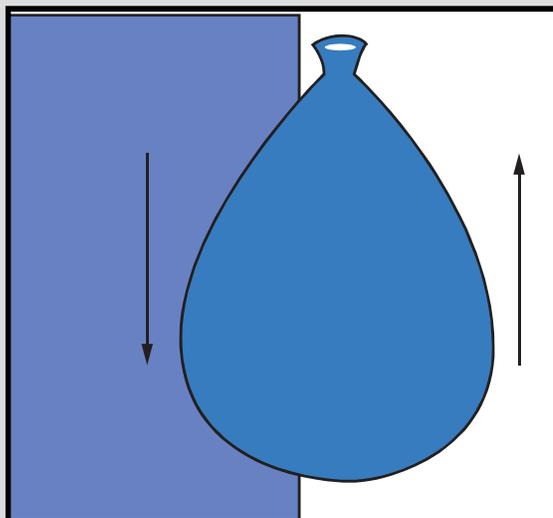




02 Cuelgue el hilo con la bola de papel aluminio en algún lugar donde quede libre para moverse (una mesa, por ejemplo).

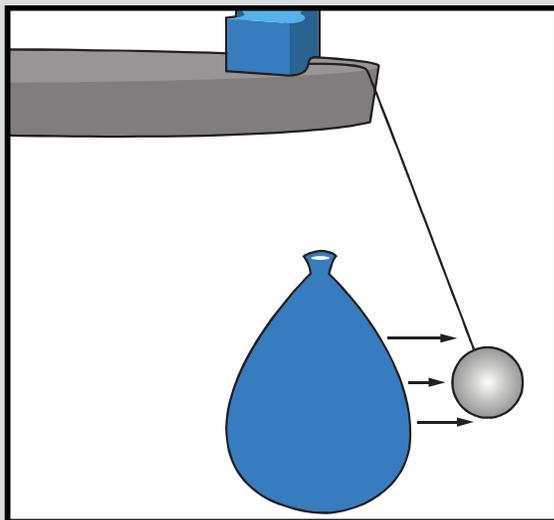


03 Frote un globo en un trozo de lana (puede hacerlo, también, en el cabello) para que se cargue electrostáticamente.



**04**

Acerque el globo a la bola de papel aluminio y verifique cómo al principio se atraen hasta hacer contacto y después se repelen.



Campos electromagnéticos

El **electromagnetismo** está conformado por campos eléctricos y campos magnéticos; a continuación, describiremos brevemente ambos para poder comprender cómo se aplican.

Campo eléctrico

El campo eléctrico es, básicamente, la fuerza eléctrica por unidad de carga. Está dirigido radialmente hacia el exterior de una carga positiva y radialmente hacia el interior de una carga puntual negativa.

La fuerza ejercida por el campo eléctrico está basada en la **Ley de Lorentz**:

$$E = \frac{F}{q}$$

donde **E** es el **campo eléctrico** en voltios/metro, **F** es la **fuerza eléctrica** en newtons y **q**, la **carga eléctrica** en culombios.

La Ley de Lorentz también se relaciona con la fuerza magnética, por lo cual se obtiene la siguiente igualdad como ecuación de equilibrio:

$$F=qE+qv \times B$$

donde el primer término es la fuerza del campo eléctrico y el segundo término es la fuerza del campo magnético.

Campo magnético

Inicialmente, aparece en los imanes naturales (óxido de hierro: **Fe₃O₄**), que tienen la propiedad de atraer el hierro. En 1819, empezaron a demostrarse las primeras relaciones entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos, y se obtuvieron pequeños campos magnéticos desde fenómenos eléctricos.



Figura 11. La representación norte-sur del imán natural indica la dirección de las líneas de fuerza magnéticas.

En 1831, **Michael Faraday** observó que, al hacer circular una corriente por un circuito eléctrico, aparecía una pequeña corriente en un circuito próximo. De esta forma, terminó demostrando que puede obtenerse corriente con el movimiento de los campos magnéticos.

$$\oint E \cdot ds = \frac{d\phi_B}{dt}$$

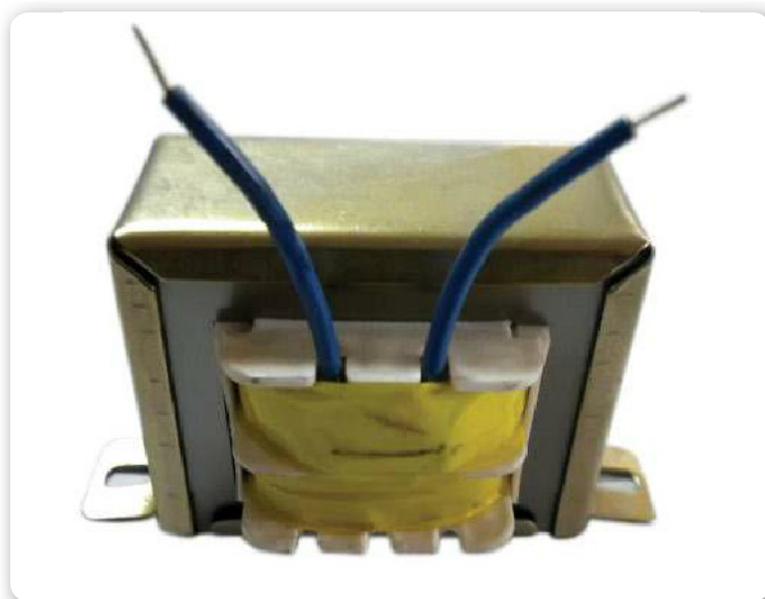


Figura 12. Transformador monofásico. Reduce o amplía el voltaje del bobinado primario.

Desde esta integral que define la **Ley de Faraday**, podemos derivar en una ecuación simplificada que nos demuestra el principio de los generadores eléctricos o transformadores:

$$fem = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

En la fórmula anterior, se destaca un signo negativo; esto nos dice que la tensión generada o la **fem** es inversa, lo cual se explica con la **Ley de Lenz**. Esta ley nos dice que, para todo campo electromagnético inducido, existe un campo magnético contrario que se opone a él. Esto quiere decir que, si a una bobina le aplicamos un campo magnético, genera una corriente en sentido tal que su circulación por ella origina un campo magnético contrario. Este fenómeno es conocido como el **principio de la conservación de energía**.

A todos estos conceptos básicos nos falta agregar una técnica que nos ayuda a comprender el sentido del campo magnético circulante en un conductor: esta es la **regla de la mano derecha**. Con esta regla, podemos saber, conociendo el sentido de la corriente que circula por un conductor, qué sentido tendrá el campo magnético.



Figura 13. Motor eléctrico. En él podemos ver los bobinados que generan el campo magnético necesario para su funcionamiento.

Con esta regla elemental y tan simple, podemos determinar en un bobinado qué sentido tendría el campo magnético circulante.

En 1865, el escocés **James Clerk Maxwell** publicó las ecuaciones que engloban los fenómenos del electromagnetismo, vinculando todas las teorías anteriores. La virtud de las **ecuaciones de Maxwell** es que colocan a primera vista los campos eléctrico (**E**) y magnético (**B**); su forma simple permite relacionarlos entre sí para obtener nuevos resultados.

Las ecuaciones son cuatro en total y se enuncian de la siguiente manera:

- **Ley de Gauss:** explica la relación entre el flujo del campo eléctrico y una superficie cerrada. El flujo eléctrico exterior de cualquier superficie cerrada es proporcional a la carga total encerrada dentro de la superficie.

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Se lee: “La divergencia del campo eléctrico es igual a la densidad de carga”. Desde las cargas positivas y negativas, nacen y mueren las líneas de campo eléctrico; el campo eléctrico básicamente tiene como consecuencia la circulación de electrones (corriente). Nos referimos a divergencia como el entorno donde nace o muere un campo.

- **Ley de Gauss para el campo magnético:** el flujo magnético neto exterior de cualquier superficie cerrada es cero. Esto equivale a una declaración sobre el origen del campo magnético. En un dipolo magnético, cualquier superficie encerrada contiene el mismo flujo magnético dirigido hacia el polo sur que el flujo magnético proveniente del polo norte.

$$\nabla \cdot B = 0$$

Se lee: “La divergencia del campo magnético es cero”. Sería como decir que las líneas de fuerza magnéticas de un imán empiezan y terminan.

- **Ley de Faraday para la inducción:** la integral de línea del campo eléctrico alrededor de un bucle cerrado es igual al negativo de la velocidad de cambio del flujo magnético a través del área encerrada por el bucle. Además, demuestra que un voltaje puede ser generado variando el flujo magnético que atraviesa una superficie dada. Es la base del funcionamiento de los motores y los generadores eléctricos.

$$\nabla \times E = -\frac{\delta B}{\delta t}$$

Se lee: “La rotación del campo magnético es igual a la velocidad de cambio del campo magnético”. Si giramos un imán alrededor de una espira de alambre, haremos que los electrones del alambre den vueltas.

- **Ley de Ampère:** en el caso de un campo eléctrico estático, la integral de línea del campo magnético alrededor de un bucle cerrado es proporcional a la corriente eléctrica que fluye a través del cable del bucle.

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\delta E}{\delta t}$$

Se lee: “La rotación del campo magnético es igual a la densidad de la corriente más la velocidad de cambio del campo eléctrico”.

Todas estas teorías ayudaron a descubrir fenómenos y a generar utilidades para esta rama de la física; entre ellas, los electroimanes, el relay, el parlante, el transformador, etcétera.

El electroimán

Un **electroimán** es un dispositivo que combina campos eléctricos y campos magnéticos y se basa en un arrollado de alambre sobre una base de hierro ferroso que hace de núcleo. Al hacer circular una corriente por el bobinado, se obtiene un campo magnético similar al imán natural. Para calcular un electroimán, se suele usar esta fórmula generalizada:

$$F = \frac{\mu N^2 I^2 A}{2L^2}$$

donde **F** es la fuerza en newton, **μ** es la permeabilidad del material ferroso, 5000 para el hierro, **N** el número de vueltas, **I** la corriente del circuito, **A** el área de las caras polarizadas y **L** la longitud de la bobinas/núcleo.

A continuación, veremos en este Paso a Paso cómo crear un electroimán casero. Para ello, debemos contar con los siguientes materiales: 5 metros de alambre esmaltado de 1 mm (también podemos usar uno de los cables del interior de un UTP), un destornillador común (no imantado), una pila, un clip, una brújula y cinta aisladora.

PAP: ELECTROIMÁN



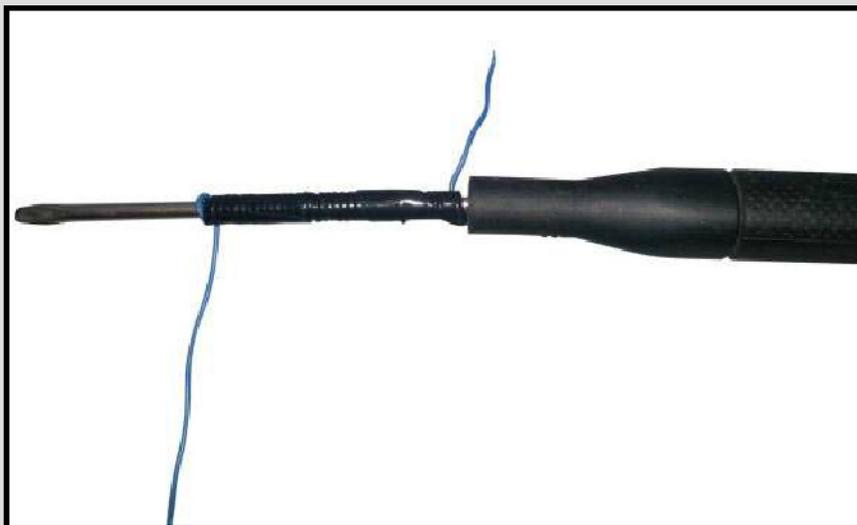
01 Tome el destornillador y enrolle el cable o alambre con un diámetro de 40 mm.





02

Coloque encima una capa de cinta aisladora para evitar que se desarme.



03

Bobine en sentido contrario sobre la primera capa hasta llegar al principio.



**04**

Continúe repitiendo el paso 3 hasta que se acabe el cable.

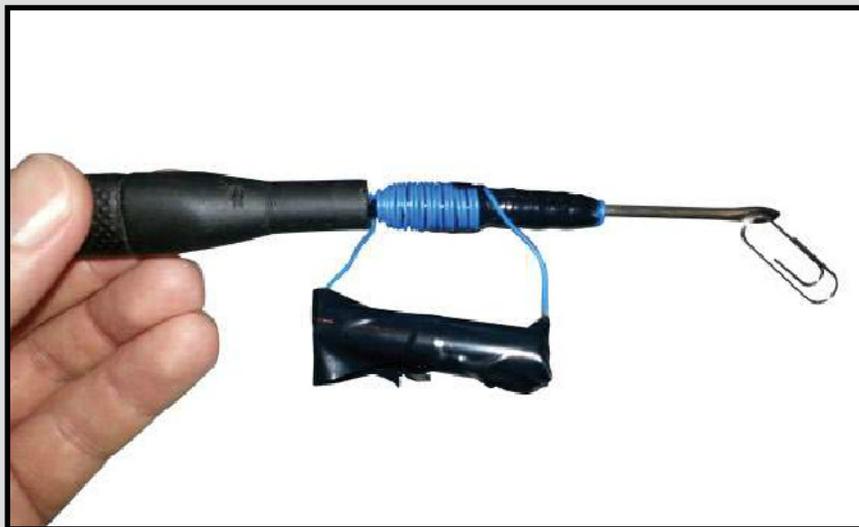
**05**

Coloque el cable con la pila de la siguiente manera, y encíntelos para evitar que se separen.



06

Para finalizar, acerque el destornillador al clip y observe cómo lo atrapa.



RESUMEN



En este primer capítulo, nos hemos abocado a introducirnos en los temas generales del mundo de la electrónica. También recorrimos algunos conceptos básicos relacionados con electricidad y electromagnetismo, tales como conductores y aislantes, electricidad estática, campos electromagnéticos, etcétera.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Cuál fue el invento que dio **origen a la electrónica**?
¿Por quién fue creado?
- 2 ¿Cuál es el principio de funcionamiento de la **válvula de vacío**?
- 3 ¿Cuál es la definición de **átomo**?
¿Cómo está compuesto?
- 4 Explique qué es una **carga eléctrica**.
- 5 ¿Cómo se definen los materiales **conductores** y **aislantes**?
- 6 ¿Cuál es la diferencia entre la **electricidad estática** y la **dinámica**?
- 7 ¿Cuáles son las propiedades que enumera la **Ley de Coulomb**, presentes en la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales?
- 8 ¿Qué es un **campo eléctrico**?
¿En qué ley se basa?
- 9 ¿Qué es un **campo magnético**?
¿Quién fue el primero en demostrarlo?
- 10 ¿Qué es un **electroimán**?
¿Cómo se lo puede construir de manera casera?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Principios sobre corriente continua

Conoceremos los primeros experimentos que permitieron descubrir, medir y generar la corriente continua, y las formas en que puede aparecer, como la clásica pila eléctrica y las baterías. Veremos los modos actuales de generación y una de las principales fuentes de energía limpia: la energía solar.

▼ Conceptos básicos 38	Dinamos..... 51
Conceptos preliminares..... 38	Celdas solares..... 53
Fuentes..... 39	▼ Fuentes y baterías 57
Dispositivos..... 41	Características..... 58
Fuerza electromotriz 42	Diferencias 59
Pila de Volta 43	Tipos de pilas..... 59
Termocupla 43	Diferencia de potencial 61
La pila eléctrica..... 45	Evolución..... 61
Pilas comunes y alcalinas..... 48	▼ Resumen 63
▼ Generación de corriente continua 48	▼ Actividades 64
Acumuladores..... 49	



Conceptos básicos

Cada maquinaria requiere una determinada energía para funcionar. Por ejemplo, una bicicleta necesita energía mecánica para hacer girar las ruedas; las plantas precisan energía solar para procesar su alimento; y nuestros dispositivos electrónicos requieren, justamente, energía eléctrica.

Existen dos tipos de energía eléctrica: alterna y continua. Muchos equipos actuales utilizan corrientes estables y continuas, es decir, que necesitan que se mantenga siempre la misma tensión.

Conceptos preliminares

La **corriente continua (CC)** se define como el resultado del **flujo constante y permanente de electrones** (de carga negativa) por un elemento conductor. Estos electrones circulan en un único sentido por un circuito cerrado donde fluyen (por convenio) del terminal (o polo) negativo al terminal positivo, atraídos por un campo eléctrico generador de una **fuerza electromotriz (FEM)** que los impulsa.

Las corrientes continuas son aquellas que, independientemente del tiempo, tienen el mismo valor y la misma polaridad; por lo tanto, **no cambia ni su magnitud ni su dirección**. Para designar la tensión aplicada al circuito de continua, la representamos con la letra **U** mayúscula. Se establece que la corriente eléctrica sale del terminal de carga negativa y fluye al de carga positiva, debido a que los electrones tienen carga negativa y son atraídos de un polo al otro.

La carga de un electrón es muy pequeña, y la unidad de carga que se utiliza es el **coulomb** o **culombio** (1 coulomb $Q = 6.28 \times 10^{18}$ electrones). Para entender los circuitos, siempre debemos notar que



CONVERSIÓN IMPERFECTA



La conversión de corriente alterna en continua mediante rectificadores no es precisa debido a la imperfección de los componentes y su complejidad. Conseguir una corriente continua, estable y perfecta implica enderezar una corriente curva y sinusoidal, y los modelos actuales de rectificadores son lo suficientemente complejos como para impedir que se quemen nuestros equipos personales.

la corriente I se toma como positiva si circula del terminal positivo al negativo, en dirección opuesta al flujo de electrones. Se considera de este modo ya que, cuando un electrón se desplaza por el conductor, va dejando un espacio vacío que luego será ocupado por otro electrón. Por eso, entendemos que los electrones se desplazan en un sentido y generan huecos en el sentido opuesto. Estos huecos son llamados **portadores** (porque tienen la capacidad de contener electrones), y se los asocia con carga positiva. El sentido en el que se generan estos portadores es el sentido en el que circula la corriente I .

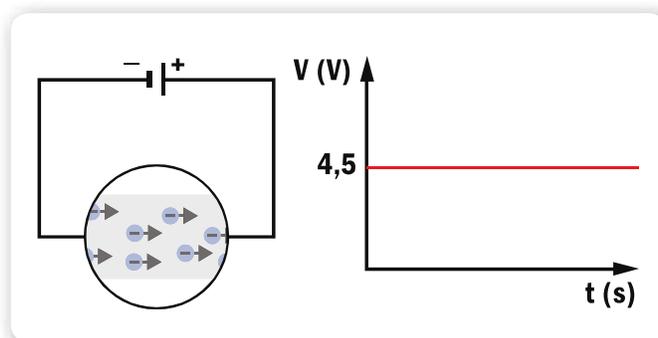


Figura 1. La generación de corriente en un circuito cerrado depende de una diferencia de potencial y del flujo de electrones.

La corriente que describimos es la cantidad de carga que atraviesa la lámpara por segundo, por lo que leeremos que la corriente = coulomb / tiempo,

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

cuya unidad es el amperio (**A**).

Fuentes

Entre las **fuentes de corriente continua**, encontramos las pilas o baterías. El conde y científico italiano **Alessandro Volta** dio origen a la pila al demostrar que la unión de dos metales con una junta húmeda puede generar una corriente electroquímica. Consiguió, así, crear un dispositivo que entregaba una diferencia de potencial fija entre sus polos y, aunque el dispositivo no duraba mucho tiempo, se convirtió en el inicio de una cronología de

mejoras hasta la actualidad. Hoy en día, existen pilas de tamaño muy reducido, que pueden ser recargables o no.

En electrónica, se adoptó una simbología simple que podemos hallar en cualquier circuito esquemático. Cada pila presenta un diferencial de potencia debido a una resistencia interna propia y a los materiales utilizados. Esta resistencia interna de la pila puede llegar a ser, en principio, muy baja (cercana a los 400 mΩ), pero, a medida que va agotándose, este valor se incrementa, lo que permite que, al circular corriente por la pila, esta entregue menor tensión que la nominal.

A este proceso lo denominamos **desgaste** de la pila y, hasta el día de hoy, es algo inevitable.



Figura 2. Las pilas son las principales fuentes generadoras de CC. Sin importar el material constitutivo, todas producen CC en distintos valores.



PILA DE VOLTA



La corriente continua da inicio a los primeros circuitos eléctricos. La **pila de Volta** fue el primer dispositivo que almacenó corriente continua sin la necesidad de regenerarla. Su origen se remonta al año 1800, cuando el conde y científico italiano Alessandro Volta demostró que la unión de dos metales con una junta húmeda podía generar una corriente electroquímica.

Cuando leemos los datos de una **pila recargable**, por lo general, nos encontramos con la descripción de 1500 mAh, que es la corriente que puede entregar en un lapso de tiempo; con el uso y las constantes recargas, este valor disminuye hasta no poder entregar lo especificado. Sin embargo, siempre debemos considerar que, en pilas y baterías, este valor es constante y, aunque disminuye con el paso del tiempo y hace que las pilas sean menos efectivas o duraderas, el concepto de corriente continua permanece intacto.

Aun cuando hacía años que existían los generadores y almacenadores de corriente continua, recién a mediados del siglo XIX y gracias a **Thomas Edison** este tipo de corriente comenzó a emplearse para la transmisión de energía eléctrica. Este inventor estadounidense fue un gran defensor de las cualidades de la corriente continua y trataba de utilizarla incluso en tendidos eléctricos domiciliarios. Respecto de la corriente alterna, Edison pudo demostrar, con la construcción de la silla eléctrica, que la corriente continua es inofensiva y que, en cambio, la alterna podía matar.

Sin embargo, ya en el siglo XX, el uso de la corriente continua fue disminuyendo para dar paso a la utilización de la **corriente alterna**, que presentaba menores pérdidas de transmisión a largas distancias y que se instaló en los tendidos eléctricos de todo el mundo.

Recién en el siglo XXI, la tecnología ha permitido que los generadores eléctricos se expandan en células fotovoltaicas, de hidrógeno, polimetales, entre otras, para aprovechar de mejor manera la corriente continua y poder aplicarla en los dispositivos de uso cotidiano.

CON LA SILLA
ELÉCTRICA, EDISON
DEMOSTRÓ QUE LA
CORRIENTE ALTERNA
PODÍA SER MORTAL



Dispositivos

A partir de la convivencia de los dos tipos de corriente, alterna y continua, fue necesario adaptarlos para que los dispositivos funcionaran sin importar la corriente disponible. La **transformación** de un tipo a otro se denomina **conversión de voltaje**. Para poder convertir corriente alterna en continua, se lleva a cabo un proceso denominado **rectificación**, mediante elementos llamados

rectificadores, que están basados en diodos semiconductores y en elementos capacitivos. Generalmente se necesita realizar este proceso, debido a que la corriente de red domiciliaria es alterna.

Fuerza electromotriz

Se denomina **fuerza electromotriz (FEM)** a toda generación y mantenimiento de una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto. La fuerza electromotriz, además, genera una corriente eléctrica en un circuito cerrado.



Figura 3. Los generadores de CC, a partir de grupos electrógenos, son muy utilizados por su movilidad y desempeño.

Cualquier fuente que suministre energía eléctrica necesariamente origina una FEM y es indispensable para la generación de CC. De forma análoga, entendemos a la FEM como un sistema en el que observamos el agua que sube a un tanque por una cañería; el agua por sí misma no sube al tanque, pero, al aplicarle una fuerza motriz (una bomba, por ejemplo), esta circula hacia arriba. Si la bomba gira con mayor velocidad (mayor FEM), el agua circula con mayor fuerza.

La unidad con la que medimos la FEM es el **voltio (V)**, que simboliza la fuerza que genera la fuente de energía para mover los electrones en el circuito. Según el principio de funcionamiento de la pila común

(pila de Volta), los dos polos se denominan **ánodo** y **cátodo**. El ánodo corresponde al electrodo negativo de la pila (Zn en la mayoría de los casos) que, al perder electrones, acelera el proceso de oxidación; por otro lado, el cátodo corresponde al electrodo positivo de la pila (Cu) que, al recibir los electrones, reduce el estado de oxidación del material. Los fenómenos químicos que producen esta reacción tienden a sufrir un desgaste propio de la reacción química, incrementando su resistencia interna y disminuyendo la FEM real entregada al circuito.

Pila de Volta

Como ya hemos mencionado, uno de los principales inventos que genera corriente continua es la pila de Volta. Esta origina por sí misma una fuerza electromotriz capaz de establecer una corriente en un circuito que produce corriente continua por medios químicos. Además de las pilas, encontramos las máquinas electromagnéticas, capaces de generar energía eléctrica utilizando instrumentos mecánicos y magnéticos.

Las dinamos, generadores eléctricos utilizados en automóviles y grupos electrógenos, entre otros, son capaces de generar CC que, para uso doméstico o industrial, es convertida, si es necesario, en corriente alterna (CA). La CC puede ser obtenida a través de la conversión de todos los tipos de energía renovables, como la energía eólica, solar, hídrica, nuclear, y de los no renovables, como la térmica y la química.

Lo importante es entender que la CC puede ser generada, en la actualidad, a partir de la conversión de cualquier tipo de energía y de un tipo de corriente (CA), sin mucha dificultad.

Termocupla

Cuando sometemos al calor los extremos de dos metales o semiconductores conectados por una juntura o soldadura, obtenemos un curioso efecto: la aparición de una diferencia de potencial, una corriente muy pequeña que es dependiente de la temperatura.

Según la cantidad de calor emitido por una fuente aplicada sobre esta junta, obtendremos tensiones distintas, que se utilizan para determinar la temperatura de la fuente. El efecto producido se conoce como **termocupla** o **termopar**, y es utilizado para la medición de la temperatura.

En el mercado, encontramos grandes variedades de termocupla que están diseñadas para diversos usos y, en especial, para distintas mediciones.



Figura 4. Distintos tipos de termocuplas en diversas presentaciones. Cada termocupla puede ser diseñada para un uso determinado.

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material, denominadas **termopares**; su forma constructiva varía dependiendo del uso y de la medición. Aquí presentamos algunos de los tipos:

- **Tipo K:** Cromel (aleación Ni/Cr) - Alumel (aleación Ni/Al). Aplicaciones varias; bajo costo y variedad de sondas. Miden rangos de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- **Tipo E:** Cromel - Constantán (aleación Cu/Ni). No es magnético y tolera muy bajas temperaturas. Posee una sensibilidad $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.



INVERSIÓN EN TERMOCUPLAS



Debemos ser inteligentes al momento de adquirir una termocupla. Para mediciones elevadas, podemos utilizar un tipo K y no un tipo B, ya que el precio del último es mucho más elevado, aunque su vida útil es más prolongada. Las termocuplas para valores medios o bajos presentan los mismos resultados sin diferenciar los instrumentos. Por lo tanto, siempre es conveniente analizar la economía de uso.

- **Tipo T:** Cobre - Constantán. Recomendado para mediciones de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $260\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es utilizado en la mayoría de los ambientes.
- **Tipo N:** Nicrosil (aleación Ni/Cr/Si) - Nisil (Ni/Si). Se lo utiliza en mediciones a alta temperatura gracias a que, en esas condiciones, posee estabilidad en todas sus propiedades.
- **Tipo B:** Platino - Rodio. Presenta buenas mediciones para temperaturas superiores a los $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero, de 0 a $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, no presenta medición; su uso se limita a bajas temperaturas.

La pila eléctrica

La pila eléctrica, como la conocemos hoy en día, es un generador de corriente continua diseñado para generar y contener carga eléctrica que se produce gracias a la electroquímica. En su interior sucede un proceso químico transitorio en el que estos dos tipos de energía se convierten hasta que cesa la actividad y se descarga la pila.

La primera pila (pila de Volta) se trataba de una serie de discos de zinc y de cobre apilados, separados por trozos de cartón empapados en agua y sal. Cuando se fijó la unidad de medida, el **voltio** (en honor a Volta), se descubrió que cada par de discos que tenían un diámetro de 3 cm poseía una tensión de 0,75 V.

Dada esta condición, se reconoció que, apilando varios sistemas y conectándolos en serie, se obtenía la suma de las tensiones generadas por cada dispositivo.

En 1836, mejorando la tecnología inicial, **John Frederic Daniell** desarrolló la llamada **celda de Daniell**. Esta celda fue la primera en usar algunos de los elementos de la pila común que aún se utilizan

TODOS LOS
MODELOS DE PILAS
SE BASAN EN
LA INVENCION
DE VOLTA



ENERGÍA SOLAR DE CORRIENTE CONTINUA



Es una tendencia actual brindarles sistemas híbridos de energía a los hogares, añadiéndoles dispositivos, como paneles solares, que convierten la energía solar en corriente continua. Los domicilios, en general, funcionan a base de corriente alterna; sin embargo, gracias a los convertidores, los sistemas eléctricos son el ejemplo de dos corrientes distintas que conviven en las mismas líneas.

hoy en día. En la década de 1860, el francés **Georges Leclanché** desarrolló lo que sería la precursora de la primera pila utilizada en el mundo entero: la **celda de zinc-carbón** o “pila seca”.

La tecnología de la **pila alcalina** se desarrolló en la década de 1950. Al usar un electrolito alcalino y otros ingredientes activos, la celda alcalina obtuvo importantes beneficios de rendimiento en comparación con las pilas de zinc-carbón. La pila alcalina tiene más densidad de energía, mayor vida útil de almacenamiento, entre otros beneficios.

Las pilas comunes de uso doméstico están formadas por cuatro componentes principales:

- **Ánodo**: electrodo negativo de combustible, que contiene los electrones almacenados que alimentan los dispositivos.
- **Cátodo**: electrodo positivo que acepta los electrones del circuito externo, permitiéndoles circular.
- **Electrolito**: conductor que transfiere la carga entre el ánodo y el cátodo dentro de la celda.
- **Separador**: material que proporciona una barrera entre el ánodo y el cátodo para evitar que se toquen entre sí, permitiendo al mismo tiempo la libre circulación de la carga.

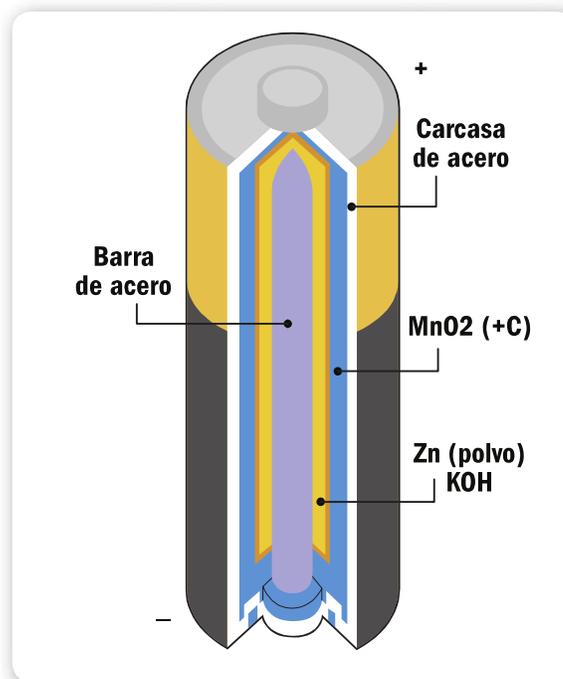


Figura 5. Interior de una pila común. La pila común y la alcalina comparten el mismo proceso de fabricación, solo se modifica el material constitutivo.

Estas pilas están compuestas principalmente por sólidos o pastas, que funcionan como electrolitos y envuelven el cátodo y el ánodo. Las pilas domésticas o comunes que se utilizan en dispositivos móviles requieren que puedan rotarse, voltearse o agitarse sin que esto modifique su funcionamiento. Siempre y cuando las pilas posean dos electrodos que funcionen como polos y un electrolito sólido que permita la circulación de iones, el instrumento se denominará **pila seca**.

En las pilas, se forma una diferencia de potencial que viene especificado en la envoltura. Este tipo de pila se denomina **celda electroquímica**, que es lo que determina la diferencia de potencial, y depende directamente de la naturaleza de los electrodos y del electrolito y de la concentración de estos.

Con el uso, se generan impurezas en los electrodos por lo que la resistencia interna de la pila va aumentando. En los esquemas eléctricos, estas imperfecciones se suelen representar como una resistencia externa que hace que el potencial de la pila disminuya; la resistencia se representa inmediatamente después del símbolo de la pila. Para ejemplificar, una pila común de 1,5 V posee una resistencia interna de 350 mΩ, pero, a medida que aumenta su uso, la resistencia se modifica a valores muy altos que varían de pila en pila.

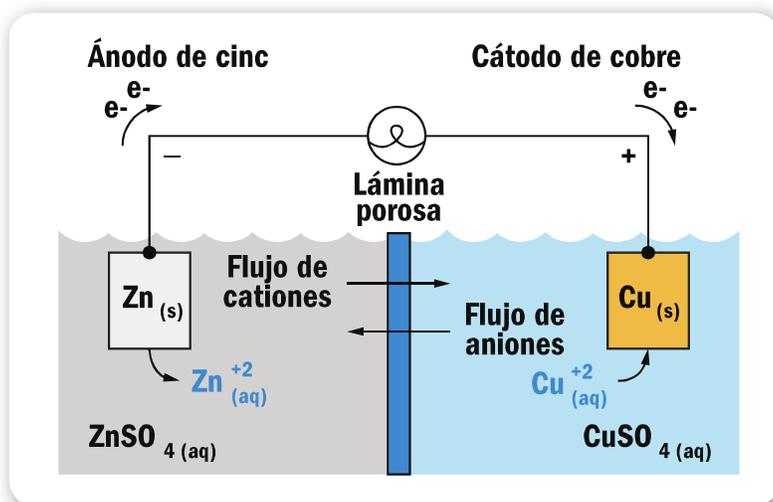


Figura 6. Esquema de una pila química en la que observamos cómo es el proceso por el cual se efectúa la generación de corriente eléctrica.

El hecho de que una pila aumente su resistencia interna generalmente no implica que la tensión en los bornes decaiga;

lo que decae es su capacidad de generar corriente. Lo mismo sucede con el almacenamiento sin uso. Todas las pilas almacenadas sin uso sufren un desgaste propio de las reacciones químicas internas.

Pilas comunes y alcalinas

La principal diferencia entre las pilas comunes y las alcalinas es que, en estas últimas, el electrolito es básico (o sea, alcalino) y la superficie del recipiente de Zn es áspera, lo que mejora la superficie de contacto. Las pilas alcalinas se caracterizan por entregar mayor potencia y una corriente más estable, duran aproximadamente seis veces más que las comunes y resisten las mayores demandas de corriente. Al poseer hidróxido libre en el interior, se dificulta su sellado, por lo que, a largo plazo, pueden presentar fallas de volcado que son extremadamente contaminantes.

Generación de corriente continua

En la actualidad, se ha extendido el uso de la corriente continua mediante células solares, dado el nulo impacto medioambiental del aprovechamiento de energía solar frente a soluciones convencionales.

Como ya hemos visto, la manera más amplia de difusión de energía eléctrica de la denominada continua se da a través de las **pilas** y los **acumuladores recargables**. Las pilas responden a un efecto de tipo químico. El funcionamiento resumido de una pila eléctrica es el siguiente: tomamos dos barras de elementos químicos diferentes,



DIFERENCIAS ENTRE TENSIÓN Y CORRIENTE



Las pilas presentan una diferencia de potencial normalizado (mayormente de 1,5 V) que, sin embargo, no es representativo de su potencial. La corriente que son capaces de generar (caudal de electrones) depende de la capacidad de los electrodos internos y del desgaste que estos tengan. A mayor desgaste de las pilas, menor es la corriente, y los aparatos resultan menos funcionales.

como, por ejemplo, el carbón y el zinc, y los sumergimos en una solución de agua y ácido sulfúrico. Dado que el ácido ataca al zinc de una forma más rápida que como lo hace con el carbón, se origina entre estos dos materiales una diferencia de potencial. Dicho montaje constituye la base de una pila eléctrica. Las dos barras que se utilizan se denominan **electrodos**, mientras que la solución acuosa donde estos se sumergen recibe el nombre de **electrolito**.

Estos **generadores químicos** tienen una vida limitada. En el que presentamos anteriormente, se produce una corriente de electrones entre el polo negativo (zinc) y el positivo (carbón) a través del circuito alimentado. A continuación, los electrodos retornan a la barra de zinc a través de la solución ácida. Cuando el electrodo de zinc queda completamente corroído por la acción del ácido, la pila ha llegado al final de su vida.

Acumuladores

Otros tipos de **fuentes alternativas** son los **acumuladores**, más conocidos como baterías; una vez agotada la sustancia que provoca la reacción química, puede recargarse haciendo pasar a través de ellas una **corriente eléctrica continua**. En el proceso de descarga, transforman energía química en energía eléctrica; el proceso de carga es inverso, pues la energía eléctrica del exterior se transforma en energía química.

Entre los tipos de baterías, encontramos los acumuladores de plomo, de plomo y calcio, y los de níquel y cadmio.

Los acumuladores de plomo están formados por una serie de elementos (pilas) sumergidos en electrolito, mezcla de ácido sulfúrico y agua destilada. Cada elemento está formado por un grupo de placas positivas de dióxido de plomo, todas ellas unidas



DEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA



Las pilas varían su efectividad según la temperatura a la que están expuestas. Ante una temperatura elevada, las reacciones químicas serán más aceleradas y habrá un aumento en el desgaste de los electrodos o de la pila. A bajas temperaturas, se prolonga el buen estado de la pila. A muy bajas temperaturas, pueden quedar inservibles y presentar pérdidas del electrolito.

por un puente de plomo antimonio, y un grupo de placas negativas de plomo esponjoso aleado con un 6% de antimonio, también unidas entre sí. De esta forma, cada elemento suministra unos 2,4 V cuando está cargado; por lo tanto, para obtener 12 V, necesitaremos seis elementos acoplados en serie.

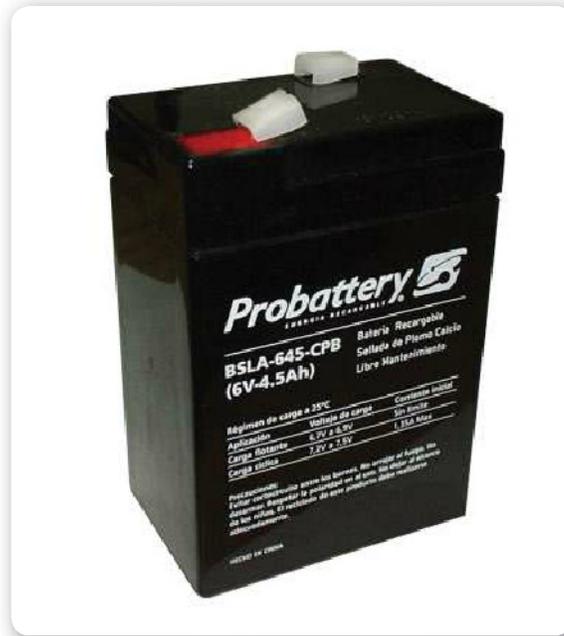


Figura 7. Baterías **acumulador plomo-calcio**. Las rejillas de sus placas están constituidas por una aleación de plomo-calcio que alarga la vida de la batería y reduce la autodescarga.

Los **acumuladores de plomo-calcio** son las llamadas **baterías sin mantenimiento**. Las rejillas están constituidas por una aleación de **plomo-calcio** que hace más duradera la vida útil de la batería y reduce los niveles de autodescarga. Además, sufre menor evaporación de agua, por lo que, teóricamente, no hay que completarlas. Otra característica importante es que el nivel de corrosión en los bornes es muchísimo menor, pues no se produce la evaporación del ácido.

Por último, los acumuladores de **níquel-cadmio** son aquellos que tienen aspecto de pila y, por lo general, se utilizan en las luces de emergencia; al ser recargables, reemplazan con ventaja a las pilas secas. Algunos son de gran tamaño y resultan mucho más caros que las baterías de plomo, pero tienen la ventaja de poder descargarse hasta 0 V y volver a cargarse sin sufrir ningún deterioro.



Figura 8. Una vez agotada la sustancia que provoca la reacción química, las baterías pueden recargarse haciendo pasar, a través de ellas, una corriente eléctrica continua.

Dinamos

Los **dinamos** son máquinas eléctricas que producen energía eléctrica en forma de corriente continua, aprovechando el fenómeno de inducción electromagnética. Para ello, están dotadas de un armazón fijo, denominado **estator**, encargado de crear el campo magnético en cuyo interior gira un cilindro (rotor), donde se crearán las fuerzas electromotrices inducidas.

Cuando está en funcionamiento, hace girar una espira en un campo magnético, y se produce una FEM inducida en sus conductores. La tensión obtenida en el exterior, a través de un anillo colector y de una escobilla en cada extremo de la espira, tiene carácter senoidal.

Figura 9. El dinamo transforma, a través de un eje, la energía mecánica en energía eléctrica que suministran sus bornes en forma de CC.



Si conectamos los extremos de la espira a unos semianillos conductores aislados entre sí, conseguiremos que cada escobilla esté siempre en contacto con la parte del inducido que presenta una determinada polaridad. El inducido suele tener muchas más espiras, y el anillo colector está dividido en un mayor número de partes o **delgas**, aisladas entre sí, que forman lo que se denomina el **colector**.

Las **escobillas** son de grafito o carbón puro montado sobre portaescobillas que, mediante un resorte, aseguran un buen contacto. Al aumentar el número de delgas, la tensión obtenida tiene menor ondulación y se acerca más a la tensión continua que se desea obtener.

En el caso de las **dinamos de excitación** de serie, el devanado inductor se conecta en serie con el inducido, de tal forma que toda la corriente que el generador suministra a la carga fluye por igual por ambos devanados. Dado que la corriente que atraviesa al devanado inductor es elevada, se construye con pocas espiras de gran sección y presenta el inconveniente de no excitarse al trabajar en vacío.

En la **dinamo con excitación mixta o compuesta**, el circuito inductor se divide en dos partes independientes y conecta una de ellas en serie con el inducido y la otra en derivación.

Existen dos modalidades: la compuesta corta, que pone el devanado en derivación directamente en paralelo con el inducido (EAC); y la compuesta larga, que lo pone en paralelo con el grupo formado por el inducido en serie con el otro devanado (FC).

El **devanado serie** aporta solamente una pequeña parte del flujo y se puede conectar de forma que su flujo se sume al creado por el devanado paralelo (aditiva), o de forma que su flujo disminuya el del otro devanado (diferencial).

Gracias a la combinación de los efectos serie y derivación en la excitación de la dinamo, se consigue que la tensión que le



ENERGÍA FOTOVOLTAICA



La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable que se obtiene a partir de la radiación solar, mediante un dispositivo semiconductor denominado **célula fotovoltaica**. Entre los años 2001 y 2012, se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, que se duplica aproximadamente cada dos años.

suministra el generador a la carga sea mucho más estable para cualquier régimen de carga. La gran estabilidad conseguida en la tensión por estas dinamos las convierte, en la práctica, en las más utilizadas para la generación de energía.

Celdas solares

Los paneles o **celdas solares** están formados por numerosas celdas denominadas **celdas fotovoltaicas**, que convierten la luz en electricidad. Estas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo, así, un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

El **silicio cristalino** y el **arseniuro de galio** son la elección típica de materiales para las celdas solares. Los cristales de arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes estándares más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El **silicio policristalino** tiene una menor eficacia de conversión, pero, también, menor costo.

Para entender la operación de una célula fotovoltaica, necesitamos considerar tanto la naturaleza del material como la de la luz del sol. Las celdas solares están formadas por dos tipos de material: por lo general, silicio y arseniuro de galio, como ya mencionamos. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y en el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas (“huecos”) de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo **fotovoltaico**.

Los huecos se mueven hacia la capa positiva, y los electrones, hacia la negativa. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solo se puede recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material. Por lo tanto, si se hace un circuito, se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.



LA ENERGÍA
FOTOVOLTAICA
EVITA LA EMISIÓN DE
GASES DE EFECTO
INVERNADERO



Es importante destacar que el número de celdas solares o el tamaño del panel solar lo determinará la cantidad de luz disponible y la energía requerida.



Figura 10. Los paneles solares se pueden utilizar de manera independiente o como conjunto en una red. La corriente que genera cada uno es de 12 V.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede llegar a producir una corriente de alrededor de 0,5 amperes a 0,5 voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un rango de usualmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficacia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.



PRECIOS



Un panel solar de ½ m² produce energía eléctrica para alimentar una lámpara de 40 watts. Para obtener el silicio cristalino, se requiere un proceso complejo con un alto costo energético. Las celdas fotovoltaicas preparadas con este material son muy eficientes y ofrecen una buena relación costo/beneficio. Sin embargo, aún son costosas si las comparamos con otras fuentes convencionales de energía.

Con su aparición en la industria aeroespacial, la energía fotovoltaica se ha convertido en el medio más fiable para suministrar energía eléctrica a satélites o sondas en las órbitas interiores del sistema solar, gracias a la mayor irradiación solar sin el impedimento de la atmósfera.

En el ámbito terrestre, este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica y para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución.

PAP: CELDA SOLAR CASERA



- 01** Conecte las celdas en serie. Se debe soldar el cable de la cara superior con el de la cara inferior de la celda siguiente.



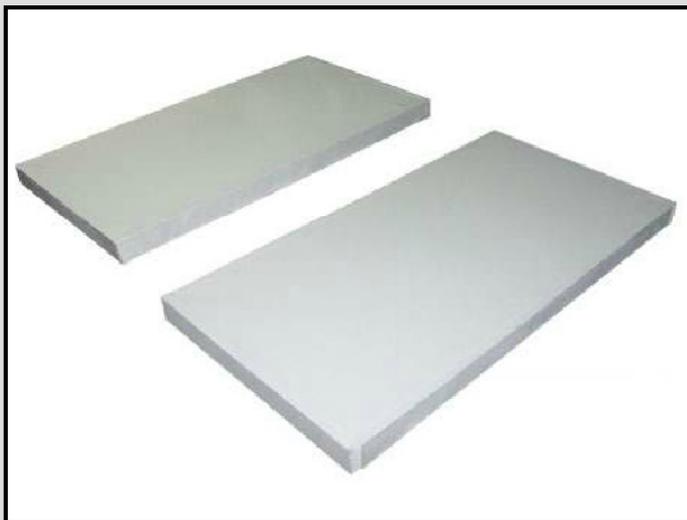
CORRIENTES CONTINUAS



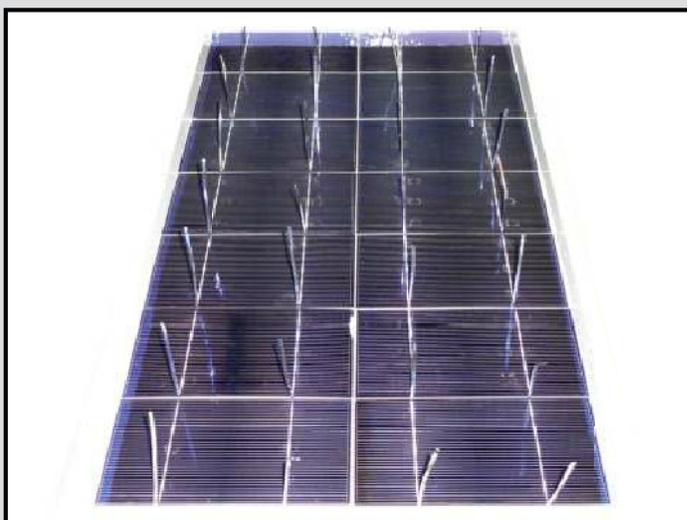
Existen corrientes continuas crecientes y decrecientes. Las primeras permanecen invariables desde que son aplicadas. Las CC decrecientes son corrientes que siempre tienen el mismo sentido pero que, a medida que va pasando el tiempo, su valor decrece; un claro ejemplo lo podemos tener en pilas o baterías. Si permanecen largo tiempo conectadas, su valor disminuye y se van descargando.

**02**

A continuación, pegue cada serie de celdas sobre un cuadrado de fibrofácil previamente pintado con látex.

**03**

Perfore un marco de aluminio en la parte central y en la parte superior para pasar los cables que unen cada panel.



04

Consiga PVC para colocar como fondo del marco y una plancha de acrílico transparente para el frente, con sus respectivas medidas.



📌 Fuentes y baterías

Para que algunos equipos electrónicos funcionen sin depender de alimentación externa, requieren de pilas o baterías, pero ¿cómo funcionan? ¿Por qué se pueden recargar las baterías y no, las pilas?

Un **dispositivo electrónico** actual, de cualquier tamaño o función, requiere cierta cantidad de energía artificial para poder realizar sus funciones programadas. Cuando enchufamos un televisor, una radio o cualquier otro equipo a la red eléctrica, le estamos brindando energía eléctrica mediante una fuente externa al equipo. Sin embargo, algunos dispositivos no pueden estar permanentemente conectados al tendido eléctrico, sino que necesitan una fuente eléctrica interna, una batería.

Las **fuentes de alimentación** sirven para proveer a los equipos electrónicos corriente suficiente para funcionar.

En las **redes eléctricas**, la diferencia de potencial está dada por un terminal de carga positiva y otro de carga negativa conectados

en los dos terminales principales del enchufe; gracias a esto, al conectar un equipo, los electrones pueden circular. Si se conectan directamente a una fuente de energía alterna (o continua, en el caso de que pueda convertirse), como el tendido eléctrico hogareño, los equipos pueden funcionar de manera indefinida, mientras que los equipos diseñados para ser móviles funcionan mediante acumuladores de energía o baterías.

Las **baterías** son una fuente de energía artificial desarrollada por el hombre con el fin de proveer de corriente a equipos que se usen para desarrollar tareas específicas.

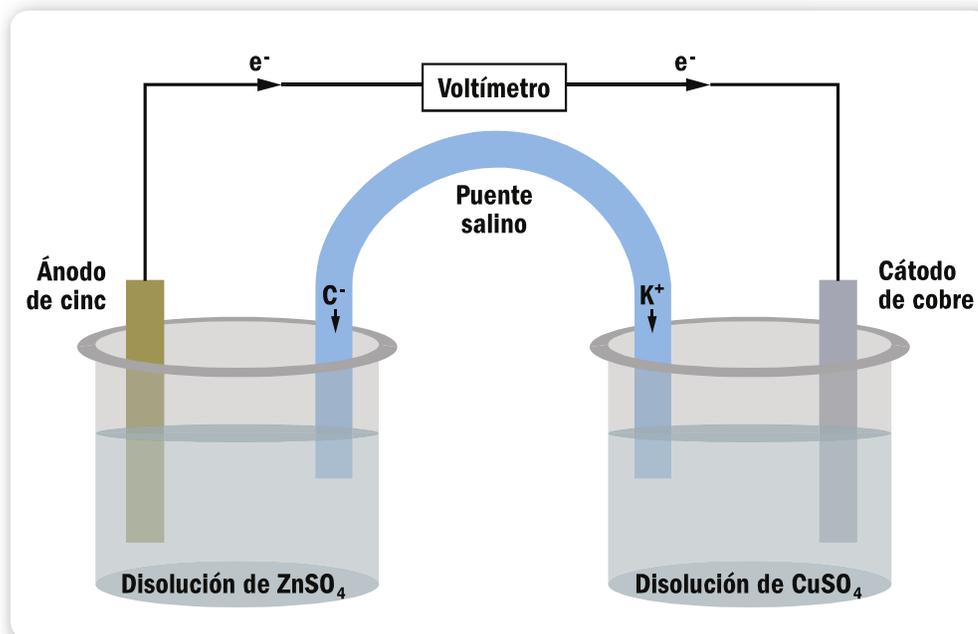


Figura 11. Principio de funcionamiento de una pila o batería utilizado para ejemplificar el pasaje de electrones del ánodo al cátodo.

Características

Las baterías se caracterizan por ser elementos de reducido tamaño (en relación al equipo) y que, mediante la carga de una fuente de alimentación externa, pueden contener y restituir energía para que un equipo funcione por un intervalo de tiempo limitado (hasta que la batería se agote); por esto, se las llama **acumuladoras eléctricas**.

El proceso de **carga y descarga** puede ser realizado un determinado número de veces, tantas como lo permita el material con el cual han

sido construidas. La cantidad de energía capaz de almacenar depende íntegramente de los materiales, las dimensiones y del volumen de estos; toda la energía almacenada en su interior se desarrolla mediante procedimientos electroquímicos parcialmente reversibles, por lo que la cantidad de energía almacenada puede ser devuelta casi en su totalidad.

Diferencias

Las pilas brindan energía mediante procesos químicos no reversibles, por lo que no pueden ser recargadas; esto se debe a que la interacción química entre los elementos constituyentes no permite el camino inverso.

En el caso de las baterías, los materiales y su constitución permiten restituir algunos parámetros que logran volver a su estado inicial (es decir, carga completa). Sin embargo, estos parámetros no siempre se pueden conseguir.

Tipos de pilas

Existen dos tipos de pilas: primarias y secundarias. Las primarias son las que no pueden ser recargadas y, entre ellas, encontramos:

- **Pilas salinas:** denominadas así porque el electrolito es una solución salina (por lo que resultan económicas y comunes). Tienen un rendimiento bajo y se utilizan para electrodomésticos. Sus componentes no son muy contaminantes.
- **Pilas alcalinas:** el electrolito es una solución de hidróxido de potasio. Tienen una larga duración y se utilizan en electrodomésticos y dispositivos electrónicos, como juguetes. No son muy contaminantes



MITO Y VERDAD



En algunas circunstancias, las baterías pueden llegar a mejorar su rendimiento si se las somete a condiciones climáticas extremas (exponerlas al sol o congelarlas). Al calentarse, la batería incrementa el flujo de electrones, pero, si se sobrecalienta, puede explotar. Al congelarse, los cristales formados tienden a disolverse, pero pueden aparecer nuevos cristales por la humedad y destruir las celdas.

- **Pilas botón:** utilizan óxido de plata u óxido de mercurio. Son de alta duración y se utilizan principalmente en relojería y para electrodomésticos de reducido tamaño. Son extremadamente contaminantes.
- **Pilas de litio:** utilizan ánodo de litio; lo que se modifica es generalmente el cátodo, que puede ser de manganeso, hierro, carbono, etcétera. Tienen una duración muy elevada. Se utilizan en dispositivos electrónicos de alta eficiencia y consumo.

Las secundarias son aquellas cuyas celdas pueden ser recargadas y reutilizadas hasta el fin de su vida útil. En la actualidad, encontramos:

- **Baterías de níquel-cadmio:** son las pilas recargables más utilizadas. La duración deriva del uso y la recarga por la aparición del efecto memoria.
- **Baterías de ion-litio:** son más caras que las de níquel, pero con mejor rendimiento y duración. Se utilizan en muchos dispositivos electrónicos actuales.



Figura 12. La batería a base de gel es pesada, pero resulta una de las más distribuidas para soporte eléctrico, en caso de corte de línea.

Para entender el funcionamiento de las baterías, debemos comprender el proceso químico que se realiza y que otorga energía. La obtención de energía se da gracias a la **reducción-oxidación** de dos placas metálicas sumergidas en una sustancia electroquímica (en química, esta reacción se denomina **redox**).

Diferencia de potencial

La generación de corriente se da a través de lo que se denomina **diferencia de potencial**; en este proceso, un elemento (supongamos, una placa A) que posee un potencial superior y una notable ausencia de electrones, interactúa con otro (una placa B) de menor potencial, sobreadabastecida de electrones. Esta diferencia hace que los electrones de carga negativa circulen de la placa de mayor potencial a la de menor potencial y generen un flujo de corriente. Mientras las placas tengan la capacidad de ceder o absorber electrones, podrán continuar generando electricidad. En las baterías, estas placas se conocen como **ánodo** (polo positivo) y **cátodo** (polo negativo). Ambas tienen distinta polarización y están sumergidas en un líquido, sólido o pasta, llamado **electrolito**, que es el encargado de permitir la separación de los electrones del cátodo. Comúnmente, también existen las denominadas baterías o pilas secas, en las que no se utiliza un electrolito líquido, sino que se usa un polvo sólido de distinta composición.



Figura 13. Las pilas y baterías de mala calidad son más susceptibles de explotar o sulfatarse.

Evolución

La primera **batería recargable** apareció gracias a una combinación de plomo y ácido. Hasta entonces, cuando el ánodo perdía toda su carga positiva, este no podía recuperarla y se desechaba el material. Con la implementación del plomo como cátodo, el ácido sulfúrico como electrolito y una circulación en sentido inverso de la corriente, el cátodo recuperaba toda la carga y volvía a estar como en su estado inicial.



Figura 14. Las baterías convencionales de 9 V internamente están construidas sobre la base de pilas recargables que no admiten numerosas recargas.

Debido a los materiales que se utilizaban para su fabricación, esta primera batería era **pesada y tóxica**, pero de un rendimiento eficiente para la época. Una de las principales evoluciones de las baterías ha sido el material que actúa como electrolito, debido a que siempre se buscó el mejor reactivo que redujera la resistencia interna al paso de electrones. Si observamos el material que, en un principio, se utilizó para tal fin, veremos que se trataba de elementos porosos que aumentaban la resistencia y, por lo tanto, la corriente resultaba menor.

Con el paso de los años, se fue reemplazando por materiales que facilitaban este intercambio y conseguían reducir las dimensiones de los metales, ya que se obtenía una mejor corriente con menos material.

Con la aparición de la primera pila seca, en la que se reemplazó el electrolito por un material seco, se pudo masificar la producción de estas pilas, ya que no requerían mantenimiento, no se derramaban ni necesitaban tener una orientación en especial. La mejora tecnológica de las baterías permitió reducir las dimensiones elevando la calidad de los materiales. En un principio, esto se tradujo en baterías muy caras. Recién a mediados del siglo xx, las pilas lograron imponerse firmemente con la aparición de las de **níquel-cadmio** (conocidas como pilas **Ni-Cd**), que consiguieron un mejor rendimiento para un mismo voltaje.



Figura 15. En la actualidad, se diseñan las baterías para optimizar el uso. En las notebooks, se disponen en serie baterías denominadas **celdas**.

Aunque estas baterías recargables tienen un buen desempeño, son altamente tóxicas para el medio ambiente. Por eso, luego aparecieron las baterías de **níquel metal hidruro** (conocidas como baterías **NiMH**) que resultan de una aleación que le permitió a las baterías aumentar su ciclo de vida, duración y ser menos tóxicas que las Ni-Cd.

Muchas variaciones aún persisten en el mercado a base de níquel, pero se ha conseguido fabricar una batería mundialmente difundida por sus prestaciones que es a base de polímeros de ion de litio.

Al poder fabricarse en láminas, los electrodos y separadores se laminan entre sí, permitiendo crear baterías flexibles y alargadas, comúnmente usadas en celulares y dispositivos móviles, que permiten a cada fabricante diseñarlas a su medida.



RESUMEN



En este capítulo, comentamos los primeros experimentos que nos permiten comprender qué es y cómo se genera la corriente continua. Además, conocimos las formas actuales de generación de corriente continua y una de las principales fuentes de energía limpia: la energía solar. Por último, estudiamos la evolución, el funcionamiento y la variedad de baterías y otras fuentes de alimentación.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Cómo se define la **corriente continua (CC)**?
- 2 ¿Cuáles son las **fuentes** de corriente continua más conocidas?
- 3 ¿Quién fue el creador de la pila y cómo fue su experimento?
- 4 Explique el proceso de **desgaste de una pila**.
- 5 ¿Qué es la **fuerza electromotriz (FEM)** y cuál es su unidad de medida?
- 6 ¿Cómo se explica la aparición de una **diferencia de potencial** y cómo se llama el efecto que produce?
- 7 Enumere los tipos de **termocuplas** explicados en este capítulo.
- 8 ¿Cuál es la principal diferencia entre las **pilas comunes** y las **pilas alcalinas**?
- 9 ¿Qué son las **dinamos** y cómo producen energía eléctrica?
- 10 ¿Cómo están conformadas las celdas solares y cuál es su funcionamiento?
- 11 ¿Cómo se construye una **celda solar casera**?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Principios sobre corriente alterna

En este capítulo, conoceremos las diferentes formas de onda en la que se presenta, así como algunos valores significativos que puede tomar la corriente alterna. Estudiaremos los sistemas de media y alta tensión y el principio de transformación eléctrica. Por último, la generación de energía es un tema especial que tendremos en cuenta aquí, con el fin de promover la sustentabilidad y las energías limpias.

▼ Conceptos básicos 66	Generadores de corriente alterna 81
Generar corriente alterna 67	
Electricidad trifásica y fases	▼ El transformador 86
en componentes 71	Entrada y salida 88
	Tipos de transformadores 91
▼ Generación de corriente alterna .77	Bobina de Tesla..... 92
Centrales hidroeléctricas 79	▼ Resumen 93
Centrales termoeléctricas 79	
Centrales nucleares..... 79	▼ Actividades 94
Energías renovables..... 80	



Conceptos básicos

Cuando surgió la necesidad de llevar la electricidad a los hogares, se creó la corriente alterna (CA), que sustituyó a la **corriente continua (CC)** como fuente de electricidad gracias a sus particulares ventajas. Hoy, este tipo de corriente es popular en todo el mundo, ya que la mayoría de los electrodomésticos que usamos a diario son alimentados con CA.

Denominamos **corriente alterna** a la corriente eléctrica cuya magnitud varía cíclicamente, pasando de valores positivos a negativos. La forma de onda más conocida y también la más usada es la de tipo **senoidal**. Existen varias formas de onda de CA, como la **triangular** o la **cuadrada**, entre otras.

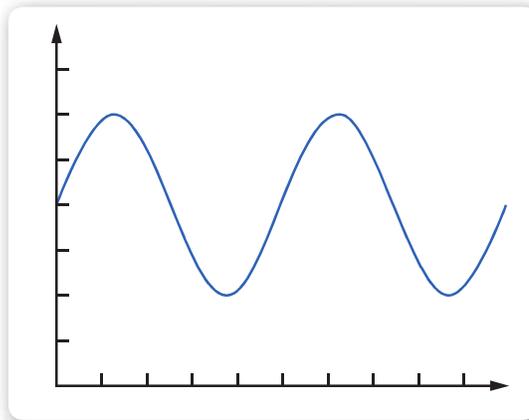


Figura 1. Señal senoidal obtenida con un osciloscopio digital, como la que podemos encontrar en nuestros hogares.

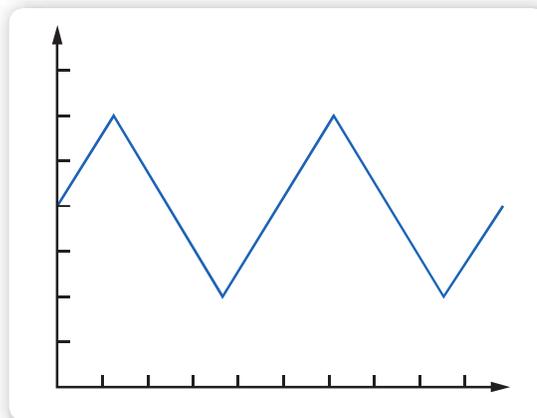


Figura 2. Señal periódica alterna triangular. Tiene usos muy particulares en la electrónica; por ejemplo, en circuitos de televisión.

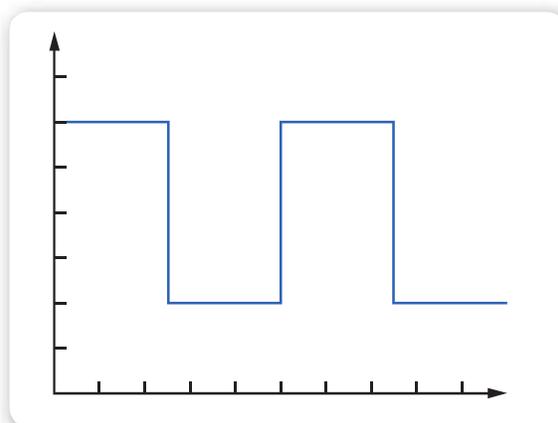


Figura 3. Señal periódica alterna cuadrada. Tiene como particularidad que pasa de valores máximos a mínimos sin tomar valores intermedios.

Generar corriente alterna

Una forma simple de generar una corriente alterna es a través de un alternador que convierte la **energía mecánica** en **energía eléctrica**; este cuenta con una espira rectangular que gira dentro de un campo magnético uniforme. Cuando la espira gira, el flujo del campo magnético en ella cambia con el tiempo. Se produce una **FEM** (según la **Ley de Faraday**) que causa un flujo de corriente. Cada uno de los terminales de la espira se conecta a un anillo metálico conductor, en el que dos escobillas de grafito recogen la corriente inducida y la suministran al circuito exterior.

Señal senoidal

Por lo general, la corriente alterna es utilizada en forma de **señal senoidal** debido a que este tipo de señal es muy fácil de transportar y variar su valor según el uso que se le va a dar. Para entender mejor por



TENSIÓN ALTERNA EN LOS HOGARES



En nuestro hogar, contamos con la corriente alterna que llega de las plantas generadoras de electricidad que la producen y la transportan. Esta energía posee las siguientes características: tensión de pico de 310 V aproximadamente, tensión eficaz de 220 V y una frecuencia de 50 ciclos sobre segundo o 50 Hz.

qué se elige una señal senoidal y no otra, debemos analizar algunas de sus características.

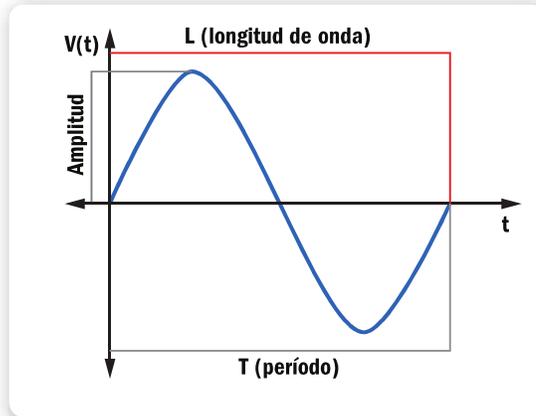


Figura 4. Estos parámetros son muy importantes para el tratamiento de una señal senoidal; en este caso, la corriente alterna.

- **Período:** tiempo en el que una señal demora en completar un ciclo (T). Este período se puede medir entre cualquier otro par de puntos que también nos permitan ver un ciclo de la señal.
- **Frecuencia:** número de ciclos de la señal por unidad de tiempo. Se calcula como la inversa del período y se mide en hertz. El hertz es la unidad de frecuencia del sistema internacional que se define como la cantidad de ciclos de una señal durante un segundo.
- **Frecuencia angular:** se define como $\omega=2\pi f$ y se mide en radianes/segundo. La ventaja de utilizar este tipo de frecuencia reside en que, cuando usamos la frecuencia expresada en hertz, aparece la constante π , que trae aparejado un error, mientras que con ω esto no sucede.
- **Amplitud de la señal:** valor comprendido desde cero hasta el valor máximo de la onda. También lo podemos llamar **valor pico**, como explicaremos más adelante.
- **Longitud de onda:** distancia que recorre la onda hasta completar un ciclo, o distancia que recorre en el tiempo T (período). La longitud de onda λ es inversamente proporcional a la frecuencia f y se calcula a partir de esta.
- **Fase:** medida de la diferencia de tiempo entre dos ondas senoidales. Aunque la fase es una diferencia verdadera de tiempo, siempre se mide en términos de ángulo, en grados o radianes.

Ecuación de una onda senoidal

La forma de onda senoidal posee, sobre otras formas de onda, la ventaja de tener definida analíticamente su expresión matemática, denotada de la siguiente manera:

$$A(t) = A_0 \sin(\omega t + \beta)$$

Con los valores que nos ofrece esta ecuación, podemos determinar diferentes características fundamentales y valores particulares de este tipo de señal. En la descripción de corriente alterna, es necesario expresar sus valores en términos de valores efectivos, valores máximos o pico, valores promedio o valores instantáneos. Cada uno de esos valores tiene un significado diferente y se usa para describir distintas cualidades de esta señal.

Valores significativos

Estos son valores que toma la señal en diferentes puntos, que hacen rico su análisis e información. Son datos muy importantes a la hora de trabajar y tratar con este tipo de señal.

- **Valor instantáneo:** valor que toma la ordenada $A(t)$ en un momento determinado T_0 , teniendo en cuenta la ecuación 1. Este valor puede ser cero si se toma justo en el instante cuando la señal cambia de polaridad; también puede ser igual al valor pico si se toma en alguno de sus valores máximos.

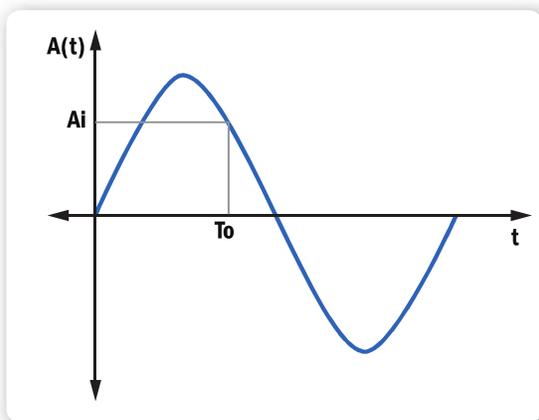


Figura 5. El **valor instantáneo** alcanza sus máximos valores, ya sean positivos o negativos, en los 90° y 270° , respectivamente.

- **Valor pico:** durante cada ciclo completo de la señal, esta toma dos valores máximos, uno en el ciclo positivo y otro en el ciclo negativo. Al máximo valor que toma $A(t)$, se lo denomina valor de pico denotado por A_{\max} . Con este dato podemos saber el máximo valor de corriente que debe soportar nuestro circuito a la hora de realizar un diseño en el cual utilicemos esta forma de onda. El valor pico a pico es aquel valor comprendido entre el pico mínimo de la señal y su respectivo pico máximo.
- **Valor medio:** el valor medio de una señal senoidal es nulo, ya que toma los mismos valores negativos y positivos en un ciclo. Para conocer este valor, se debe tomar solo un semiperíodo $T/2$. Entender este concepto requiere un estudio matemático que no está al alcance de este libro. Dicho desarrollo concluye en $A_m = 0.64 A_{\max}$.
- **Valor eficaz:** valor de corriente continua que disipa la misma potencia que una señal variable en el tiempo; en nuestro caso, la senoidal. Luego de un análisis matemático, obtenemos el siguiente valor: $A_{ef} = A_m/\sqrt{2}$.

Tensión alterna

La tensión alterna se eleva varios miles de voltios para transmitir la energía eléctrica por los cables de alta tensión y, en las subestaciones, se reduce con grandes transformadores hasta que tenga niveles apropiados para su consumo.

Los valores de tensión y frecuencia utilizados para los tendidos eléctricos domiciliarios dependen de cada país donde uno se encuentre; en algunos países de América del Sur y Europa se utilizan valores de tensión de 220 voltios y una frecuencia de 50 Hz, pero existen otros países, como EE. UU., que utilizan 110 V y 60 Hz.



VENTAJAS DE LA CORRIENTE ALTERNA



La corriente alterna posee la facilidad de ser transformada a distintos valores de tensión, ya sea aumentándolos o disminuyéndolos con la ayuda de transformadores. Esta particularidad es utilizada para realizar la distribución eléctrica domiciliaria. Las máquinas que utilizan la corriente alterna como fuente de energía son mucho más económicas que las de corriente continua.

Electricidad trifásica y fases en componentes

La **transmisión de electricidad** hogareña se realiza a través de una línea bifilar (dos conductores); esto caracteriza al sistema monofásico. Cuenta con un conductor denominado **línea** y un segundo llamado **neutro**.

Considerando varios sistemas monofásicos conectados de una manera particular, se llega al armado de un sistema polifásico, en el que cada una de sus partes se denomina **fase**. Podemos observar entonces que, según el número de fases que tengan los circuitos, se los puede nombrar como bifásicos, trifásicos, tetrafásicos, etcétera. El sistema más utilizado es el trifásico, por lo tanto, merece un estudio particular.

La **corriente trifásica** es un sistema de distribución, producción y consumo de corrientes alternas (en total, tres) de igual frecuencia y amplitud, como así también de valor eficaz.

La diferencia entre cada corriente alterna es una diferencia de fase de 120° entre cada una de ellas. Cuando cada fase posee un desfase simétrico (es decir, 120°) y sus corrientes son iguales, se puede decir que tenemos un sistema equilibrado. Al no cumplirse cualquiera de estas condiciones, estamos en presencia de un sistema desbalanceado.

LA CA ES
MUY EFICIENTE
PARA TRANSMITIR
A GRANDES
DISTANCIAS

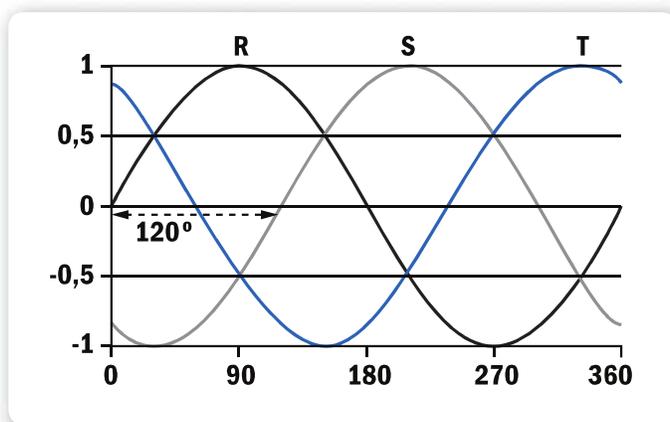


Figura 6. A cada fase de la CA trifásica la llamaremos **R, S, T**, con un desfase de 120° cada una respecto de la otra.

Concatenación de sistemas trifásicos

Existen dos maneras de concatenar tanto los generadores como las cargas; son las llamadas **conexión en estrella** y **conexión en triángulo**. Cada una cuenta con ventajas y desventajas.

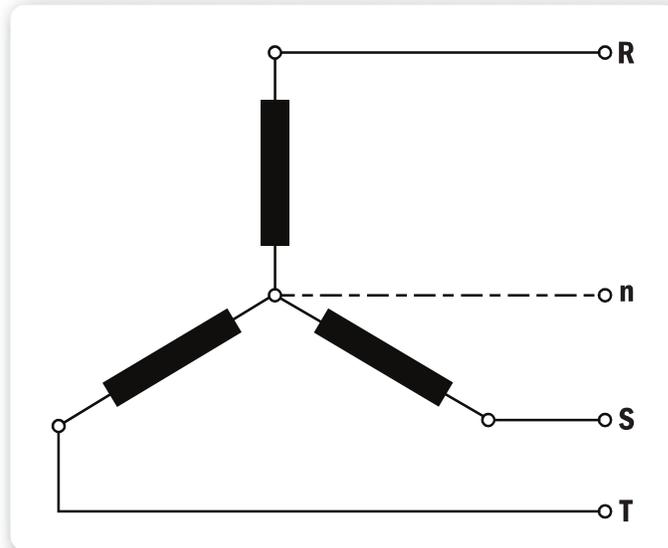


Figura 7. La configuración **en estrella** es muy utilizada para el arranque de motores ya que posee un bajo consumo.

En la **configuración en estrella**, el punto común **n** se denomina **conductor neutro**. Los otros conductores se denominan **conductores de línea**.

V_r, **V_s** y **V_t** se denominan **tensiones de fase** o tensiones simples. **V_{rs}**, **V_{st}** y **V_{rt}** se llaman **tensiones de línea** o tensiones compuestas. Se puede ver a simple inspección que las corrientes de las líneas **I_L** y fase **I_f** serán iguales, no así la tensión de la línea **V_L** con la tensión de fase **V_f**.



EFICIENCIA



Nos referimos a un sistema eficiente ideal cuando toda la energía producida por un generador es consumida en su totalidad por la carga. En la realidad no es así, ya que parte de la energía se consume en los conductores, principalmente en forma de calor, debido a la resistencia de los alambres que varían proporcionalmente con la longitud del cable. Esta pérdida es energía desperdiciada, por lo tanto, se busca mantener al mínimo su valor.

Con un análisis matemático, llegamos a la siguiente conclusión:

$$V_l = \sqrt{3} V_f \text{ y que } I_L = I_f$$

La tensión de línea es $\sqrt{3}$ veces mayor que la tensión de fase, y los módulos de la corriente de línea y fase son iguales.

La **conexión en triángulo** forma un circuito cerrado, y las líneas de conductores se toman desde los vértices del triángulo: esta conexión no es muy ventajosa ya que, al carecer de neutro, no existe un punto natural para conectarlo a tierra y asegurar la protección del sistema.

En este tipo de conexión, el sistema debe estar siempre equilibrado, pues el triángulo ofrece un camino de cortocircuito a la corriente que puede circular dentro de él si el sistema está desbalanceado.

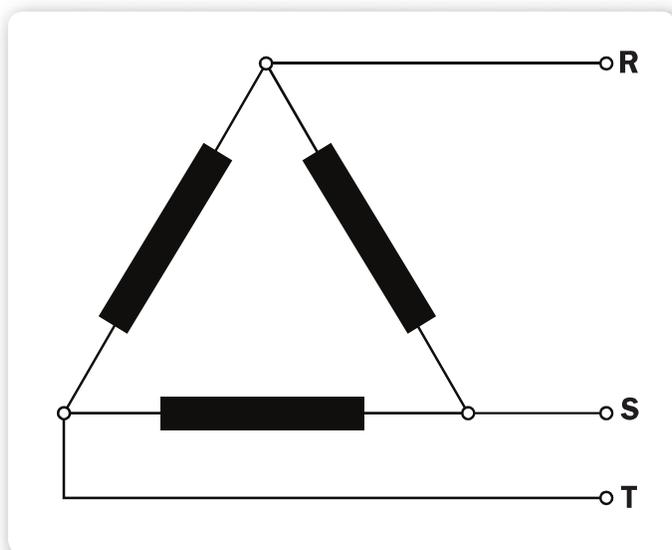


Figura 8. Tanto la configuración **triángulo** como la estrella son utilizadas en los sistemas de arranque de motores trifásicos.

Se demuestra, mediante análisis matemático, lo siguiente:

$$I_L = \sqrt{3} I_f \text{ y que } V_l = V_f$$

Lo que nos indica que el módulo de la corriente de línea es $\sqrt{3}$ veces mayor que la corriente de fase, y que existe una igualdad entre la tensión de línea y la tensión de fase.

Teorema de Kennelly

Este teorema nos permite calcular la carga equivalente en estrella a una dada en triángulo, o viceversa, por lo que también es conocido como **transformación estrella-triángulo**.

Si tenemos un circuito del cual podemos sacar una configuración estrella para colocar en el mismo lugar una configuración triángulo y lograr que ningún parámetro del circuito varíe, quiere decir que ambas configuraciones son equivalentes. Para llegar a ser equivalentes, deben cumplir con las siguientes condiciones del teorema en estudio.

De triángulo a estrella:

$$R_a = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

De estrella a triángulo:

$$R_1 = \frac{R_c R_b + R_a R_b + R_b R_c}{R_b}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_b + R_b R_a + R_c R_b}{R_c}$$

$$R_1 = \frac{R_c R_b + R_b R_a + R_c R_b}{R_a}$$



CONEXIONES TRIFÁSICAS



Al tener menos intensidad, la conexión en estrella utiliza conductores de menor diámetro; esto reduce el peso y las pérdidas por efecto Joule, pero requiere una gran aislación por utilizar grandes tensiones. En la conexión en triángulo, los aislantes son más pequeños (utilizan menos tensión y tres hilos conductores) pero poseen mayor intensidad y mayor diámetro de los conductores.

Ventajas de la corriente trifásica

Algunas ventajas de utilizar la corriente trifásica sobre la monofásica son las siguientes:

- En un sistema trifásico balanceado, el tamaño de los conductores debe tener el 75% del tamaño que se necesitaría para realizar la misma transmisión de potencia en un sistema monofásico. Esto favorece la reducción de costos y justifica un tercer cable requerido.
- El sistema trifásico posee poca pérdida de potencia, al transmitir una señal muy baja en comparación con el monofásico, con lo cual la potencia transmitida llega a la carga en porcentajes similares a los que se envió.
- La potencia KVA obtenida de un motor trifásico es aproximadamente 100% mayor a la que se obtiene con un motor monofásico.

Uso de la corriente trifásica

Por lo general, la corriente trifásica es implementada en la industria y también se la utiliza para la distribución de electricidad. Para poner en funcionamiento sus grandes máquinas, se utiliza lo que se denomina **arranque estrella-triángulo**.

Cuando un motor arranca, toma corriente de la línea, que es mucho mayor que la corriente nominal (**In**); existen casos en los que la corriente es seis veces mayor a la nominal.

Este hecho produce grandes caídas de tensión en el sistema eléctrico.

Para dar solución a este problema, se busca arrancar los motores con un nivel de voltaje reducido con el sistema de arranque estrella-triángulo.

El motor inicialmente se conecta en estrella (aprovechando las características de este tipo de conexión) y reduce el valor de tensión en sus devanados internos alrededor de un 57%; una vez que el motor esté rodando, se realiza el cambio de conexión a triángulo, donde los devanados quedan con su tensión nominal de trabajo.



EL SISTEMA
TRIFÁSICO USA
CONDUCTORES CON
EL 75% DEL TAMAÑO
MONOFÁSICO



Ventajas de la corriente trifásica

Algunas ventajas de utilizar la corriente trifásica sobre la monofásica son las siguientes:

- En un sistema trifásico balanceado, el tamaño de los conductores debe tener el 75% del tamaño que se necesitaría para realizar la misma transmisión de potencia en un sistema monofásico. Esto favorece la reducción de costos y justifica un tercer cable requerido.
- El sistema trifásico posee poca pérdida de potencia, al transmitir una señal muy baja en comparación con el monofásico, con lo cual la potencia transmitida llega a la carga en porcentajes similares a los que se envió.
- La potencia KVA obtenida de un motor trifásico es aproximadamente 100% mayor a la que se obtiene con un motor monofásico.

Uso de la corriente trifásica

Por lo general, la corriente trifásica es implementada en la industria y también se la utiliza para la distribución de electricidad. Para poner en funcionamiento sus grandes máquinas, se utiliza lo que se denomina **arranque estrella-triángulo**.

Cuando un motor arranca, toma corriente de la línea, que es mucho mayor que la corriente nominal (**In**); existen casos en los que la corriente es seis veces mayor a la nominal.

Este hecho produce grandes caídas de tensión en el sistema eléctrico.

Para dar solución a este problema, se busca arrancar los motores con un nivel de voltaje reducido con el sistema de arranque estrella-triángulo.

El motor inicialmente se conecta en estrella (aprovechando las características de este tipo de conexión) y reduce el valor de tensión en sus devanados internos alrededor de un 57%; una vez que el motor esté rodando, se realiza el cambio de conexión a triángulo, donde los devanados quedan con su tensión nominal de trabajo.

EL SISTEMA
TRIFÁSICO USA
CONDUCTORES CON
EL 75% DEL TAMAÑO
MONOFÁSICO



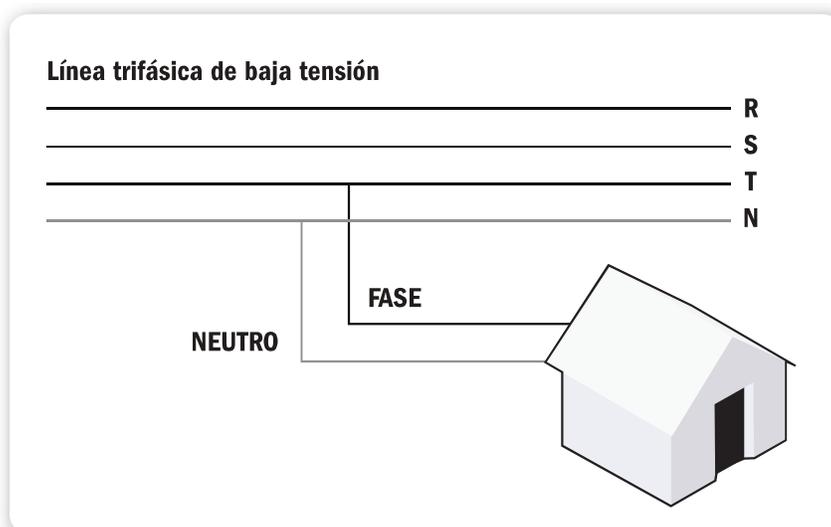


Figura 10. En esta imagen observamos cómo, de la línea trifásica de baja tensión, se realiza el empalme para cada hogar con corriente monofásica.

Generación de corriente alterna

En la actualidad, la mayoría de los objetos eléctricos y electrónicos utilizan energía eléctrica. Aunque algunos de estos emplean la energía de una pila o de una batería (llamada corriente continua) para funcionar, por lo general, estas se recargan con corriente alterna.

El fenómeno de la **electricidad** es creado por el movimiento de electrones dentro de un conductor. Tanto es así que la forma más antigua para generar electricidad es la frotación o fricción, descubierta por Tales de Mileto (siglo VII a.C.), quien, al frotar un trozo de ámbar junto a un retazo de tela, logró atraer pequeños cuerpos livianos.

Aunque en su momento no logró fundamentar la causa de dicho fenómeno, lo quiso llamar de algún modo, y, como ámbar en griego significa **elektron**, utilizó este nombre para denominar a esta fuerza invisible recién descubierta. Siglos después, se procedió a llamar electrones a las partículas de electricidad negativa que rodean el núcleo del átomo y que, cuando de alguna manera se mueven, forman la corriente eléctrica que puede ser continua o alterna.

Esta forma tan antigua de producir electricidad resulta muy dificultosa para producir grandes cantidades de electricidad para un consumo doméstico aceptable.

LAS CENTRALES ELÉCTRICAS TRANSFORMAN ENERGÍA MECÁNICA EN ELÉCTRICA

Entonces, ¿cuál es la manera de producir grandes cantidades de energía eléctrica, tanto para nuestro consumo hogareño como para la actividad industrial?

Necesariamente, la **corriente alterna** que llega a través de los postes y extensas líneas de transmisión a nuestras casas, lugares de trabajo, industrias, etcétera, para alimentar los aparatos eléctricos, proviene de **grandes generadores electromagnéticos** ubicados en las llamadas **centrales eléctricas**. Estas son, en esencia,

una instalación que emplea una fuente de energía primaria para hacer girar paletas o alabes de una turbina mediante agua, vapor o gas; estas paletas, a su vez, hacen rotar una gran bobina (alambre de cobre aislado y enrollado con muchas vueltas sobre un molde cilíndrico) en el interior de un campo magnético, generando, así, electricidad.

Este es el principio básico del funcionamiento de la mayoría de las centrales eléctricas que existen hoy en día en el mundo: transformar energía mecánica en energía eléctrica. Aunque conviene expresar y aclarar puntualmente que, en las instalaciones de tipo fotovoltaico (centrales solares), este proceso no ocurre de la manera antes descrita, ya que, en ellas, la electricidad no se obtiene convirtiendo un movimiento mecánico en otro, sino a partir de la transformación de la energía lumínica proveniente de la radiación solar.

Por lo tanto, los principales tipos de centrales eléctricas productoras de grandes cantidades de corriente alterna de una tensión de 220 o 110



PRINCIPIO DE INDUCCIÓN



Entre los polos de un imán existe un campo magnético que produce unas líneas de fuerza que parten desde el polo norte y van hacia el polo sur. Si se logra enfrentar los polos y mover un conductor cortando las líneas de fuerza, se producirá un **voltaje** entre sus extremos. Si se conectan dichos extremos a un circuito, se producirá una circulación de corriente eléctrica.

voltios son: las hidroeléctricas, las termoeléctricas, las nucleares y las solares (estas últimas, generadoras de un tipo de energía renovable).

Centrales hidroeléctricas

Mediante un desnivel del terreno, aprovechan la energía potencial gravitatoria contenida en la masa de agua de un cauce natural (en especial, de los ríos), para convertirla, de esta manera, en energía eléctrica, utilizando turbinas. Estas, a través de sus paletas, ruedan el eje del rotor de un generador (alternador) para provocar así la circulación de una corriente alterna de media tensión en las bobinas del estator del alternador; esta corriente luego pasa a un transformador para que pueda ser transportada a los centros de distribución y consumo.

Centrales termoeléctricas

Son aquellas que producen energía a partir de la combustión de carbón, fueloil o gas en una caldera diseñada para tal efecto.

Estos combustibles se hallan dentro de las instalaciones de dichas centrales en grandes cantidades, para asegurar permanentemente un buen stock y, así, evitar suspender la actividad de la central por desabastecimiento. Al generar vapor por medio de estos combustibles, se lo utiliza para permitir girar las paletas de una turbina. Esta, adherida al eje del generador o alternador, produce la corriente eléctrica que luego, al igual que en las centrales hidroeléctricas, se transporta a los centros de distribución por medio de un transformador.

Centrales nucleares

Una **central nuclear** es una central termoeléctrica, es decir, una instalación que aprovecha una fuente de calor para convertir en vapor a alta temperatura un líquido que circula por un conjunto de ductos; dicho vapor acciona un grupo turbina-generador y produce así energía eléctrica.

En la central nuclear, la fuente de calor se consigue mediante la fisión de núcleos de uranio. La fisión nuclear es una reacción por la cual ciertos núcleos de elementos químicos pesados se dividen en dos fragmentos por el impacto de un neutrón, emitiendo a su vez varios

neutrones y liberando, en el proceso, una gran cantidad de energía que se manifiesta en forma de calor.

Tal acción tiene lugar en máquinas llamadas **reactores nucleares**, que permiten iniciar, mantener y controlar una reacción en cadena de fisión nuclear.

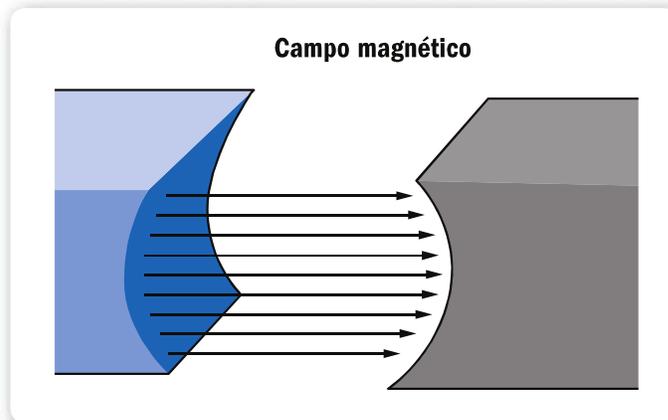


Figura 11. Disposición simbólica de las líneas de flujo o fuerza que parten desde el polo norte hacia el polo sur dentro de un campo magnético.

Energías renovables

A los efectos de evitar la contaminación atmosférica y alterar el medio ambiente, se buscó desarrollar formas alternativas de concebir la electricidad, que son las llamadas **energías alternativas**. Estas forman parte de un conjunto de recursos energéticos renovables y de uso bastante reciente, que aparecen como alternativas a las mencionadas fuentes de energía tradicionales.

Una de estas opciones es la energía eólica, que se emplea para generar electricidad de modo no contaminante y barato ya que, en zonas de vientos constantes, es un recurso promisorio. Esta energía, producida por el movimiento del aire, es aprovechada en centrales eólicas por medio de máquinas que emplean dicho movimiento para producir electricidad; estas reciben el nombre de **aerogeneradores** o **turbinas eólicas**.

Otro de estos recursos alternativos son los paneles solares que, con la luz del sol, producen corrientes eléctricas o calientan tubos de agua para generar energía calórica. No contaminan, pero su instalación y mantenimiento son caros y deben colocarse preferencialmente en

regiones muy soleadas. Entre las ventajas que ofrece esta energía, se suele citar su carácter gratuito y el ser inagotables a escala humana.

En la actualidad, la energía solar es utilizada en las centrales solares mediante dos vías: la térmica y la fotovoltaica. Estas centrales solares constan de una amplia superficie compuesta de **helióstatos**, es decir, grandes espejos sostenidos por soportes, que reflejan la radiación solar y la concentran en un punto receptor instalado en una torre.

Generadores de corriente alterna

En la actualidad, más del 95% de la energía eléctrica mundial se suministra mediante **generadores de corriente alterna**: máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica aprovechando el fenómeno de inducción electromagnética. Para ello, se utilizan unas bobinas de alambre que se mueven en el interior de un campo magnético y cortan líneas de flujo, induciéndose en ellas un voltaje.



Figura 12. Imagen que refleja la disposición de los elementos, partes y sectores constitutivos de un generador de corriente alterna presente en las centrales eléctricas.

La energía mecánica necesaria para mover las bobinas es producida por una turbina accionada, por ejemplo, por la presión del vapor o por la fuerza de una caída de agua. Respecto al generador, también conocido como **alternador**, consta de una bobina que gira entre los polos de un imán permanente.

La bobina se denomina **inducido** y está colocada sobre un cilindro por lo general de hierro, llamado **armadura**; este conjunto formado por la bobina y la armadura recibe el nombre de **rotor**, porque es el elemento rotatorio de la máquina. Mientras que los imanes encargados de producir el campo magnético forman el **estator** o parte estacionaria.

Los extremos de la bobina están conectados a un par de anillos **colectores** o **escobillas**, que constituyen los terminales de salida primarios (carga positiva y negativa) del generador.

Los anillos colectores están aislados entre sí y del eje de la armadura sobre la cual giran. Por esta razón, para llevar el voltaje de salida del generador hacia el mundo externo, se necesita un par de escobillas fijas, hechas de carbón, las cuales rozan contra el **colector** y se mantienen en contacto permanente con ellos para ofrecer un valor de voltaje de salida instantáneo. Este valor depende de tres factores:

- La densidad o cantidad de líneas de flujo por unidad de área del campo magnético a través del cual se mueve la bobina.
- La velocidad de rotación de la bobina.
- El ángulo con el cual la bobina corta las líneas de flujo.

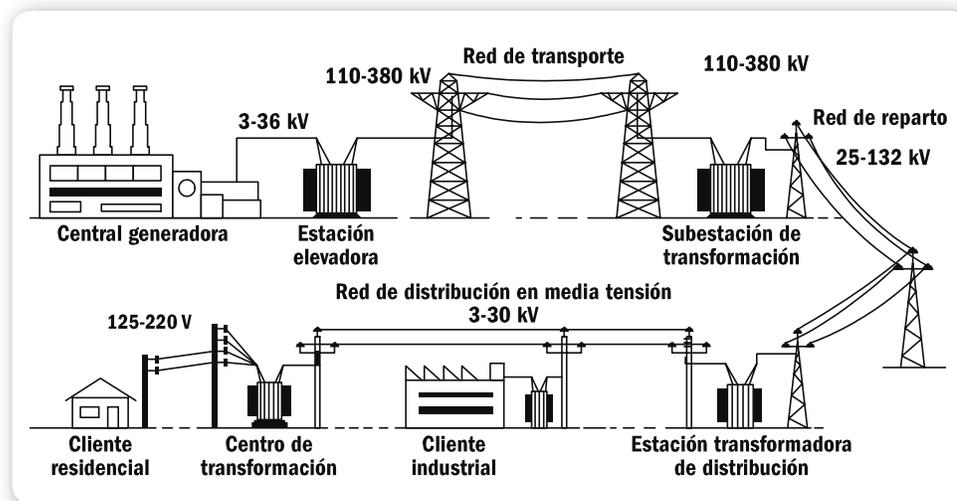


Figura 13. Circuito de obtención, producción y transporte de la corriente eléctrica alterna utilizado en nuestros domicilios, lugares de trabajo e industrias.

También existen alternadores o generadores de **campo rotatorio**, en los cuales las bobinas del inducido o armadura están alojadas en el estator, permaneciendo inmóviles, mientras que, en otras bobinas, se

alojan en el rotor, enrolladas al colector, con el fin de crear un campo magnético rotatorio que induce un voltaje alterno.

En las centrales generadoras de energía eléctrica de los Estados Unidos y de otros países del mundo, la frecuencia del voltaje de salida de los generadores se ha normalizado en 60 Hz (hertz); mientras que, en Europa y otros países, el valor estándar es de 50 Hz.

Por otro lado, el voltaje de salida entregado por dichas centrales se establece entre los rangos de 15 o 20 Kw. Mediante el uso de transformadores, esta cantidad es elevada a un valor de 400 Kw, para así llevarlo hasta las llamadas **subestaciones de transformación**, desde donde parten las redes eléctricas de distribución pública, encargadas de repartir y hacer llegar la energía eléctrica a todos los abonados o usuarios.

Es decir, esta es la forma en que llega la corriente alterna que comúnmente es utilizada por cada uno de nosotros en nuestro hogar, la cual trae consigo una serie de características particulares dignas de destacar; una de ellas es que su sentido de circulación es alternado, es decir, que, en función del tiempo, el flujo de corriente primero circula en una dirección y luego revierte su sentido circulando en sentido opuesto al inicial.

Otra de ellas reside en que la forma de la onda que tiene esta corriente es de tipo **senoidal**, dado que su generación es de muy fácil producción.

Por último, la más destacada de las características es que la CA se identifica como un tipo de corriente práctica, dado que permite no solo reducir el valor de su voltaje mediante un sencillo dispositivo electromagnético, denominado **transformador**, sino que también posibilita ser convertida y regulada en una forma de corriente más estable, gracias a un proceso denominado **rectificación**.



TIPOS DE RECEPTORES



Los circuitos de corriente alterna necesitan receptores que puedan recibir el impacto. Existen tres tipos: los **resistivos**, que generan calor y están formados únicamente por resistencia eléctrica; los **inductivos**, formados por bobinas y devanados que crean campos magnéticos, como los motores, transformadores, etc.; y los **capacitivos**, que son los condensadores, cuyo uso se limita a aplicaciones muy concretas.

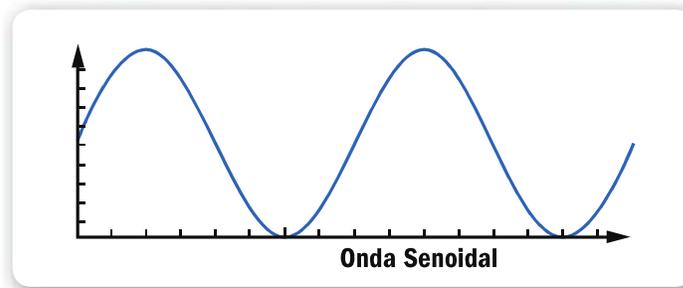


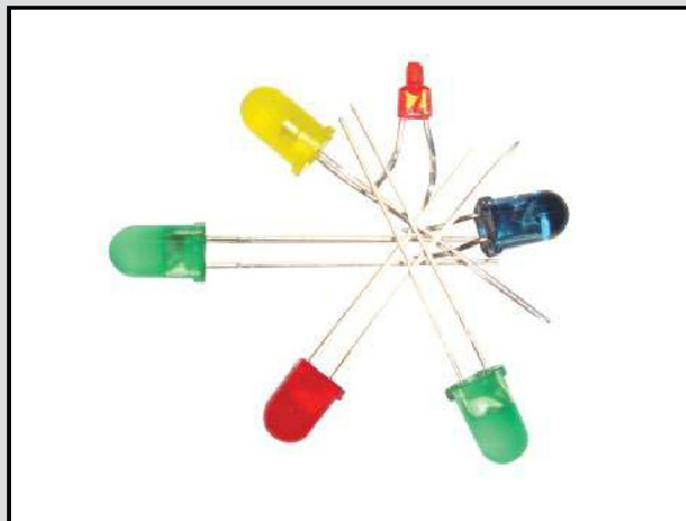
Figura 14. El símbolo con el cual se distingue a la corriente alterna que circula por los tendidos eléctricos domiciliarios e industriales es la onda senoidal.

A continuación, vamos a construir paso a paso un detector de oscuridad con los siguientes materiales: transistor 2N2222A, diodos led, diodo semiconductor 1N4001, resistencias de 1 K Ω , 1/4 W, resistencia de 10 K Ω , 1/4 W, LDR, potenciómetro de 47 K Ω , capacitor electrolítico de 10 μ F / 25 V y relé 12 voltios.

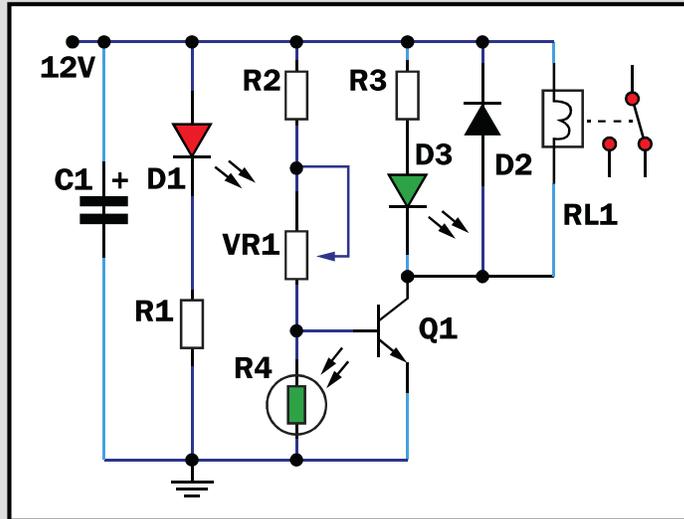
PAP: DETECTOR DE OSCURIDAD



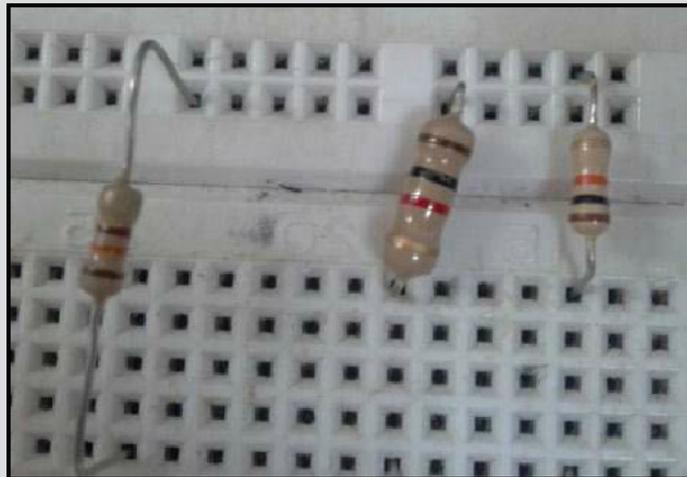
01 Para comenzar, una todos los materiales que figuran en la lista que antecede este Paso a Paso.



02 Utilice como guía de ensamble el circuito establecido por la figura de abajo para ubicar, en el protoboard, los componentes electrónicos del detector de oscuridad.

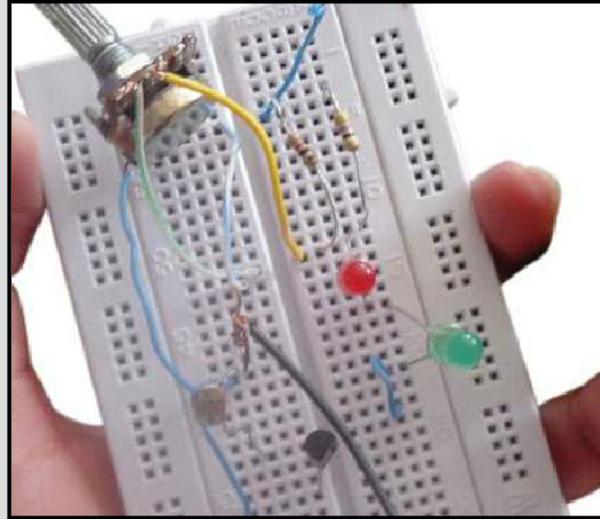


03 Ubique en el protoboard primero los componentes de menor altura respetando el siguiente orden: R1, R2, R3, D2; y, por último, los de mayor altura (D1, D3, Q1, C1, R4, etcétera).



04

Por último, según la figura del Paso 2, ubique en el protoboard las conexiones nexa para vincular los componentes electrónicos del detector de oscuridad.



El transformador

EL TRANSFORMADOR SE UTILIZA PARA MANIPULAR Y TRANSPORTAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El transformador es un dispositivo eléctrico capaz de transformar el valor de una tensión y corriente alterna, manteniendo la potencia constante.

Está compuesto por dos bobinas aisladas eléctricamente entre sí. La bobina de entrada se llama **primario** y la de salida, **secundario**. Al aplicar una tensión alterna en el primario, en el secundario obtendremos una tensión mayor, menor o igual a la del primario, dependiendo

de la relación de vueltas entre las bobinas. Dado que la potencia se mantendrá constante, si la tensión aumenta, la corriente disminuirá. De la misma manera, si la tensión disminuye, la corriente aumentará, siempre en forma proporcional.

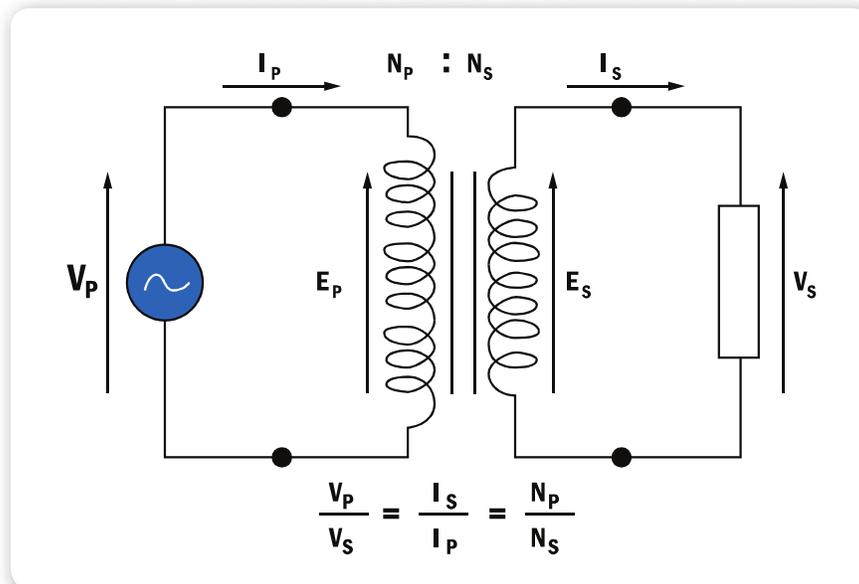


Figura 15. Esquema de un transformador ideal. Para un transformador real, el esquema es más complejo, ya que se deben representar las pérdidas.

Esta relación de vueltas entre las bobinas del primario y del secundario se llama **relación de transformación**. Matemáticamente, sería el número de vueltas del primario dividido por el número de vueltas del secundario. Este valor será igual a la tensión aplicada en el primario dividido por la tensión aplicada en el secundario. De la misma manera, este valor será igual a la corriente del secundario dividido por la corriente en el primario. Expresado en fórmulas sería:

$$N_p/N_s = V_p/V_s = I_s/I_p$$

en donde:

- N_p : número de vueltas del bobinado primario;



TRANSPORTE DE ENERGÍA



Para mantener la potencia eléctrica constante, debemos saber que, en condiciones ideales, si la tensión aumenta, la corriente disminuye. De esta forma, mientras más baja sea la corriente, tendremos menos pérdidas por efecto Joule y, al mismo tiempo, necesitaremos conductores de menor sección. Esto último se traduce en un menor costo en materiales.

- N_s : número de vueltas del bobinado secundario;
- V_p : tensión del primario;
- V_s : tensión del secundario;
- I_p : corriente del primario;
- I_s : corriente del secundario.

Entrada y salida

A continuación, para entender la relación que existe entre la entrada y salida de un transformador, veremos un ejemplo.

Supongamos que tenemos un transformador en el cual el número de vueltas del secundario es 10 veces más grande que el del primario. Si a la entrada del transformador le aplicamos una tensión de 220 V, con una corriente de 10 A, a la salida obtendremos una tensión de 2.200 V con una corriente de 1 A. A continuación, lo expresamos matemáticamente:

Si:

$$N_s/N_p=10$$

$$V_p=220V$$

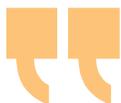
$$I_p=10A$$

entonces:

$$V_s=V_p.N_s/N_p=220V.10=2.200V$$

$$I_s=I_p.N_p/N_s=10A.0,1=1A$$

EN LOS
TRANSFORMADORES
EXISTEN PÉRDIDAS,
LA POTENCIA NUNCA
ES CONSTANTE



Pero ¿cómo puede ser que, al aplicar una tensión en el primario, aparezca una tensión en el secundario? ¿No estaban eléctricamente aisladas las bobinas?

La tensión que aparece en el secundario es una fuerza electromotriz inducida, que se explica por el efecto de la inducción electromagnética. Este efecto se debe al campo electromagnético variable generado a causa de la circulación de una corriente alterna por una

bobina; en este caso particular, por la bobina del primario.



Figura 16. Para disminuir las pérdidas generadas por corrientes parásitas, los núcleos de los transformadores se realizan con láminas de material.

Cuando decimos que la potencia se mantiene constante, nos estamos refiriendo a un transformador ideal, ya que, en los transformadores reales, existen pérdidas. Estas pérdidas se dan por diferentes motivos, los cuales están relacionados con sus características constructivas.

Como dijimos antes, el transformador está compuesto básicamente por dos bobinas: primario y secundario. Estas bobinas son realizadas mediante un conductor enrollado sobre un núcleo cerrado, realizado con material ferromagnético. Sobre este núcleo se producen diferentes pérdidas, entre las cuales podemos mencionar las causadas por la **histéresis**.

La histéresis magnética es la característica que tienen los materiales ferromagnéticos de mantener el magnetismo luego de aplicar y retirar



FUENTES DE ALIMENTACIÓN



Son dispositivos que brindan una fuente de tensión/corriente continua y estable en diferentes equipos electrónicos como, por ejemplo, en computadoras y equipos de audio y video. Constan de un **transformador reductor** que se conecta a un circuito llamado **rectificador de onda completa**, que rectifica la señal alterna entregada por el transformador y la convierte en señal continua.

un campo magnético. Esta “memoria” magnética hace que, al variar el campo electromagnético aplicado, no todas las moléculas se orienten en el nuevo sentido, sino que alguna de ellas intente mantener su posición inicial. Esta variación produce un rozamiento, que se traduce en una pérdida de potencia.



Figura 17. Transformador de 220 Vac a 12+12 Vac, de 3000 mA. Se puede observar el núcleo laminado y los bobinados del primario y secundario.

Otro tipo de pérdida en el núcleo se debe a **corrientes parásitas** (también llamadas **corrientes de Foucault**).

Estas corrientes se producen en el material del núcleo, ya que, de la misma manera que se genera una corriente inducida en el bobinado secundario, el campo magnético variable aplicado produce una corriente inducida en el material del núcleo del transformador.

Para disminuir este efecto, los núcleos de los transformadores no son de un material macizo, sino que se realizan con láminas de material.

Estas láminas se encuentran barnizadas de

manera tal que queden eléctricamente aisladas entre sí.

Pero no solo existen pérdidas en el núcleo del transformador, sino también en los bobinados. Estas son propias de la resistencia presentada por el material conductor.

EXISTEN
TRANSFORMADORES
SEGÚN EL USO
QUE SE LES DA
Y CÓMO ESTÁN
CONSTRUIDOS





Figura 18. Transformador trifásico, en el cual se pueden observar los bobinados correspondientes a cada fase y el núcleo laminado.

Tipos de transformadores

Existen diferentes tipos de transformadores, dependiendo del uso que se les quiera dar y de su construcción.

Podemos realizar una primera categorización basándonos en la relación de tensión entre la entrada y la salida. De esta forma, podemos mencionar los transformadores **elevadores** de tensión, en los cuales la tensión en el secundario es mayor que en el primario. De la misma manera, tenemos los transformadores **reductores** de tensión, donde la tensión de salida es menor a la de entrada. Estos tipos de transformadores son los que se utilizan para el transporte de energía. Debido a que este transporte se realiza con tensiones elevadas, posteriormente estas se deberán adaptar para el consumo que se les quiera dar; es decir, se utilizarán transformadores reductores para llegar a los valores deseados.

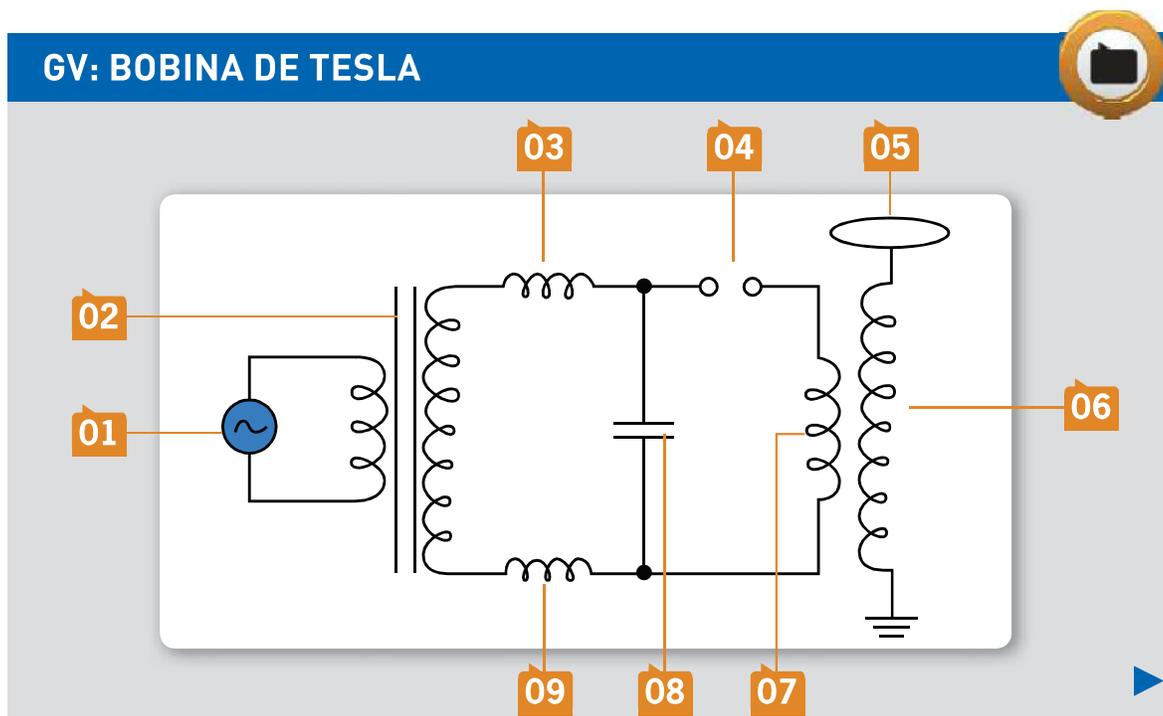
Otro tipo de transformadores son los llamados transformadores de **aislamiento**, cuya relación de transformación es 1. Esto significa que no son ni elevadores ni reductores, sino que mantienen en la salida la misma tensión aplicada a su entrada. Este tipo de transformador brinda aislación galvánica entre primario y secundario, de forma tal de obtener tensiones flotantes. Esto permite que este tipo de transformador sea empleado, por

ejemplo, como un dispositivo de protección. Por otra parte, podemos diferenciar a los transformadores por la cantidad de fases que presentan. Esto va a depender del uso y de la magnitud de la tensión con la cual trabajan. De esta forma, tenemos transformadores **monofásicos** (una fase), **trifásicos** (tres fases) y **hexafásicos** (seis fases).

Bobina de Tesla

En el año 1891, el ingeniero Nikola Tesla inventó un transformador resonante de alta tensión y frecuencia, que produce descargas eléctricas muy vistosas y de alto alcance. Este dispositivo fue llamado **bobina de Tesla**. El objetivo principal de esta invención era lograr el transporte de energía sin ningún tipo de cables. Consta, básicamente, de un transformador elevador T1, el cual se emplea para cargar un capacitor C1 con una tensión muy elevada.

Este capacitor se carga hasta que la tensión entre sus placas sea tal que rompa el dieléctrico de aire existente entre dos electrodos (**spark gap**), lo que genera una chispa y, de esta manera, la descarga del capacitor a través de la bobina primaria L1. La distancia de separación entre los electrodos del spark gap define la tensión que existirá en dicha bobina.



- 01 ALIMENTACIÓN:** Este generador provee corriente alterna al circuito.
- 02 TRANSFORMADOR T1:** Se trata de un transformador de alta tensión.
- 03 BOBINA DE CHOKE CH1:** Se trata de un inductor que funciona como filtro. En este caso, su función es la de proteger al transformador de la alta frecuencia generada por el spark gap.
- 04 BOBINA DE CHOKE CH2:** Tiene la misma función que la bobina CH1.
- 05 CAPACITOR C1:** Este capacitor se cargará hasta que la tensión que presente entre sus bornes sea tal que rompa el dieléctrico de aire existente entre los electrodos del spark gap.
- 06 SPARK GAP:** Son dos electrodos entre los cuales saltará una chispa que descarga el capacitor C1, dando lugar a que se vuelva a cargar. Produce una frecuencia resonante.
- 07 BOBINA PRIMARIA L1:** El capacitor C1 se descargará a través de esta bobina, induciendo en la bobina secundaria L2 una tensión a la frecuencia de resonancia.
- 08 BOBINA SECUNDARIA L2:** La reactancia inductiva de esta bobina será igual a la reactancia capacitiva presentada por el toroide, a la frecuencia de resonancia.
- 09 TOROIDE:** Este elemento facilitará la generación de arcos voltaicos de muy alta tensión y frecuencia, los cuales son muy espectaculares tanto en lo visual como en lo auditivo.

A mayor separación, mayor tensión en la bobina primaria L1. Luego, el capacitor se vuelve a cargar, generando el mismo proceso. El spark gap produce una frecuencia resonante que induce una tensión a la frecuencia de resonancia. La reactancia inductiva de L2 será igual a la reactancia capacitiva del toroide, el cual facilita la generación de arcos voltaicos de alta tensión y frecuencia. Las dos bobinas de choke entre los dos terminales protegen al transformador generado por el spark gap.



RESUMEN



Estudiamos las diferentes formas de onda de la corriente alterna, el valor instantáneo, valor pico y valor medio, y aprendimos conceptos de sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos. Además, conocimos lo que es la generación eólica, térmica y nuclear, y por último vimos el principio de transformación eléctrica.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué es la **corriente alterna** (CA) y cuáles son sus características?
- 2 ¿Cuáles son las principales ventajas de la **corriente alterna** (CA) sobre la **corriente continua** (CC)?
- 3 ¿Cuáles son las **formas de onda** de CA más conocidas?
- 4 ¿Por qué la corriente alterna es más utilizada en forma de **señal senoidal** y qué características tiene?
- 5 ¿Cuáles son las ventajas del uso de la **corriente trifásica** y en dónde es implementada generalmente?
- 6 ¿Cuáles son las dos maneras de **concatenar** los sistemas trifásicos?
- 7 ¿Qué permite calcular el **teorema de Kennelly**?
- 8 ¿Cuáles son los principales **tipos de centrales eléctricas** productoras de grandes cantidades de corriente alterna?
- 9 ¿Qué es un **transformador** y cómo está compuesto?
- 10 ¿Qué **tipos de transformadores** existen, dependiendo del uso que se les quiera dar y su tipo de construcción?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Principios de electrónica

En las siguientes páginas, aprenderemos los conceptos principales sobre magnitudes físicas relacionadas con la electricidad y la electrónica, para comprender los principios básicos de todo circuito eléctrico. Además, conoceremos el funcionamiento de los componentes elementales para llevar adelante cualquier proyecto de electrónica.

▼ Magnitudes físicas	96	Resistencia	112
▼ Componentes básicos	100	Ley de Joule	114
Termistores (NTC y PTC)	104	Ley de Ohm.....	115
▼ Tipos de circuitos	105	Ley de Kirchhoff.....	117
Circuito serie	105	Teorema de superposición.....	120
Circuito paralelo	107	Teorema de Thevenin.....	122
Circuito mixto	107	Teorema de Norton.....	123
▼ Leyes de los circuitos	109	Leds.....	126
Voltaje	109	▼ Resumen	129
Intensidad.....	111	▼ Actividades	130



Magnitudes físicas

Cuando hablamos de **magnitudes físicas**, nos estamos refiriendo a ciertas propiedades de los cuerpos que pueden ser sometidas a una medición.

Una de estas magnitudes físicas es la **carga eléctrica**. La unidad de medida de la carga eléctrica es el **coulomb** y representa la carga de $6,24 \times 10^{18}$ electrones.

Las cargas del mismo signo se repelen, y las opuestas se atraen. En condiciones normales, un átomo tiene la misma cantidad de protones que de electrones, lo cual lo hace eléctricamente neutro.

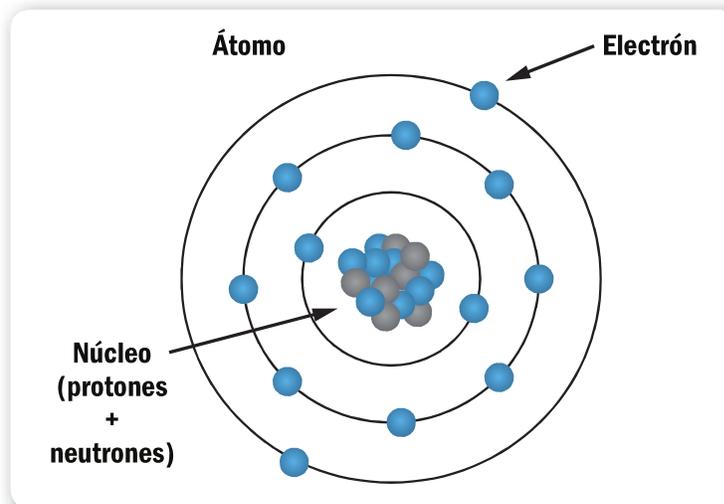


Figura 1. El núcleo del átomo está formado por protones y neutrones. Los electrones se encuentran girando en órbitas alrededor del núcleo.

Los electrones que se encuentran orbitando alrededor del núcleo del átomo lo hacen en diferentes bandas de energía. Los que tienen menor energía son los que se encuentran más cerca del núcleo, y los de mayor energía, los que están más lejos. La órbita más alejada del núcleo del átomo se llama **banda de valencia**.

Si de alguna manera un electrón ubicado en la banda de valencia gana más energía, este se aleja del átomo, dejándolo con una carga positiva, ya que pasará a tener más protones que electrones. Este electrón libre tiene la posibilidad de unirse a otro átomo al que le falte un electrón. A este desplazamiento de electrones se lo llama **corriente eléctrica**.

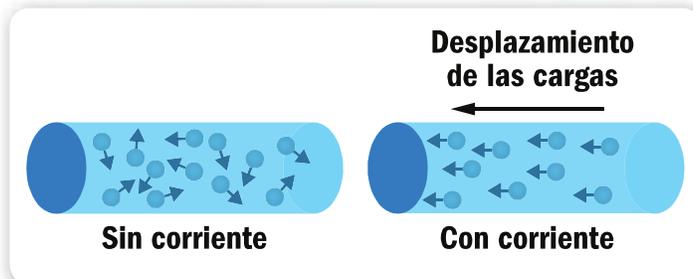


Figura 2. La corriente eléctrica se produce cuando los electrones libres se desplazan de átomo a átomo dentro de un material conductor.

Un **material conductor** tiene la característica de contar con muchos electrones libres, con lo cual, si conectáramos una fuente de energía eléctrica –como, por ejemplo, una batería– a los extremos del conductor, estos electrones libres serían atraídos por el terminal positivo de la batería y rechazados por el negativo. Esto produciría una **intensidad de corriente**.

La intensidad de corriente es la cantidad de carga eléctrica que circula por un medio conductor durante un segundo. La unidad es el **ampere (A)**, que se mide en coulombs por segundo.

La **tensión** es la diferencia de potencial (**d.d.p.**) entre dos puntos. Si tomamos el ejemplo mencionado antes, en donde tenemos una fuente de energía eléctrica conectada a los extremos de un material conductor, la tensión sería la presión ejercida por esta fuente de energía sobre los electrones del material conductor para que se produzca una circulación de corriente eléctrica. La tensión se mide en **voltios (V)**. Esta unidad representa la diferencia de potencial existente entre los extremos de un conductor, cuando la corriente eléctrica que lo atraviesa es de 1 ampere y consume 1 watt de potencia.

Como ya hemos visto, tanto la corriente eléctrica como la tensión pueden ser continuas o alternas, dependiendo de si son constantes o variables en el tiempo.

La **potencia** es la magnitud física que representa la cantidad de energía que puede ser entregada o absorbida por un elemento por unidad de tiempo. Su unidad es el **watt (W)**. Si quisiéramos calcular la potencia consumida por un circuito eléctrico, podríamos obtenerla multiplicando la tensión que se le aplica por la corriente consumida.

Sobre la base de las características del circuito eléctrico, podemos observar diferentes tipos de potencias. La primera de ellas es la

potencia activa (P). Esta es la potencia que produce un trabajo, es decir, la utilizable por el circuito. Aparece en circuitos que contienen resistores. Se la representa con la letra P, y su unidad es el watt. Su fórmula es $P = V \times I \times \cos\phi$. Por otra parte, tenemos la **potencia reactiva (Q)**, que aparece en circuitos que contienen bobinas (inductores) o capacitores. Esta potencia no produce trabajo y se representa con la letra Q. Su unidad es el voltio-ampere reactivo (**VAR**). Su fórmula es $Q = V \times I \times \sin\phi$. Finalmente, tenemos la **potencia aparente (S)**, que corresponde a la suma vectorial de la potencia activa y reactiva. Se la representa con la letra S, y su unidad es el voltio-ampere (**VA**).

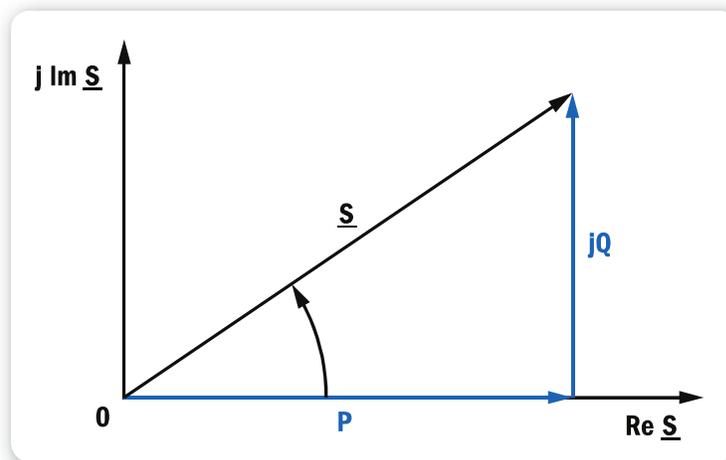


Figura 3. La **potencia aparente (S)** es la suma vectorial entre la potencia activa **P** (resistiva) y la potencia reactiva **Q** (capacitiva o inductiva).

Existe un valor muy importante a la hora de hablar de potencias en un circuito de corriente alterna, que es el llamado **factor de potencia**. Este valor muestra la relación entre la potencia activa y la aparente. Su fórmula es:

$$f_{dp} = \cos\phi = P/S$$

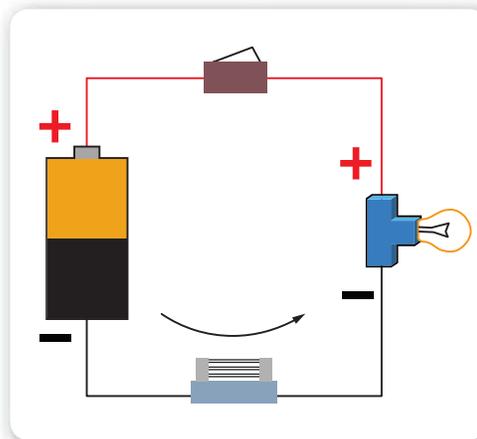
En el caso de un circuito con carga netamente resistiva (esto es, sin valores inductivos o capacitivos) por el cual circula una corriente alterna, el factor de potencia es igual a 1. Si lo vemos representado en un gráfico vectorial, el ángulo formado entre el vector que representa la potencia aparente y el vector que representa la potencia activa (ϕ) es igual a 0 grados. Esto es así dado que la tensión y la intensidad de

corriente se encuentran en fase, lo que significa que los cambios de polaridad de ambas señales se producen de la misma manera y en el mismo momento. Para el caso de un circuito con carga netamente inductiva o netamente capacitiva (esto es, sin valores resistivos) por el cual también circula una corriente alterna, el factor de potencia es igual a 0. Nuevamente, si lo representamos en un gráfico vectorial, el ángulo formado entre el vector que representa la potencia aparente y el vector que representa la potencia activa (ϕ) es igual a 90 grados. Esto sucede de esta manera porque la tensión y la intensidad de corriente se encuentran desfasadas 90 grados. Dicho esto, podemos agregar que el factor de potencia va a variar entre los valores 0 y 1, dependiendo del tipo de carga que exista en una instalación eléctrica.

Estos valores mencionados son para elementos ideales. En la vida real, dadas las características constructivas de los elementos, no se puede hablar de componentes resistivos, capacitivos o inductivos puros.

Mientras enunciábamos la definición de la potencia, se mencionó el concepto de **energía**. Y ¿qué es la energía? La energía se manifiesta de diferentes formas: por ejemplo, en forma de luz (lámpara incandescente), calor (radiador), sonido (altavoces), etcétera. Al encender una lámpara, la energía eléctrica que se consume para encenderla es transformada en energía luminosa y calórica. La unidad de la energía eléctrica es el **watt** por hora (**Wh**).

Figura 4. La energía se transforma. En este caso, la energía eléctrica producida por la batería se convierte en energía luminosa y calórica.



VENTAJAS DE CA FRENTE A CC



La corriente alterna permite aumentar o disminuir el voltaje por medio de transformadores, lo que nos da la posibilidad de transportar energía a grandes distancias con poca pérdida. Además, es más fácil convertir la corriente alterna en corriente continua, que al revés. El proceso por el cual se convierte una corriente alterna en corriente continua se llama **rectificación**.

Componentes básicos

Uno de los componentes más comunes en la electrónica es el **resistor**. Los resistores son componentes pasivos cuya principal característica es la de ofrecer una determinada resistencia. Pero ¿qué es la resistencia? Una de las definiciones nos dice que la resistencia es la dificultad que opone un cuerpo al paso de los electrones.

Su unidad es el **ohm** (Ω), y depende del material del cuerpo y de sus dimensiones.

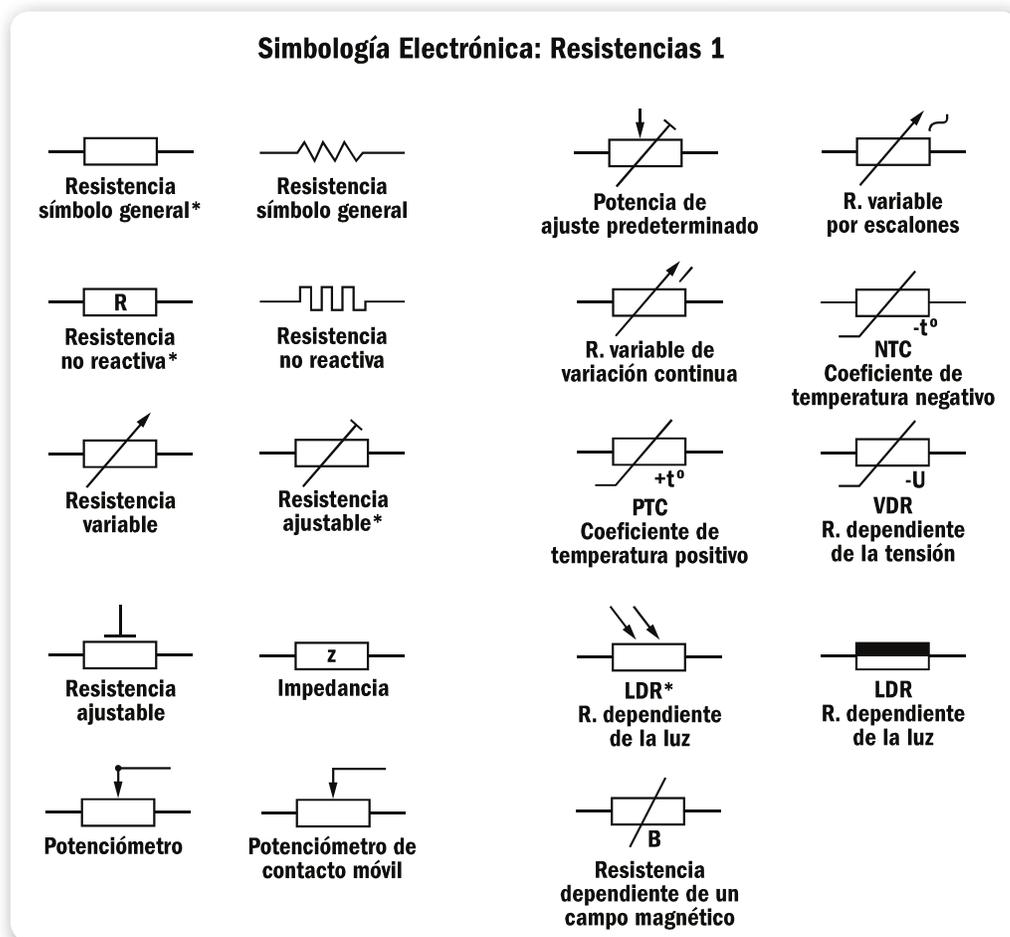


Figura 5. Existen diferentes tipos de resistores, de valores fijos y variables. Cada uno es representado por un símbolo distinto.

Si un elemento tiene un valor alto de resistencia, nos encontramos frente a un **aislante**. En cambio, a los elementos que tienen un bajo valor de resistencia se los llama **conductores**.

La fórmula para calcular la resistencia de un elemento es la siguiente:

$$R = \rho \times L / S$$

donde **R** es el valor de la resistencia en ohms, **ρ** es la resistividad del material, **L** es la longitud del elemento y **S** es la sección correspondiente.

La **resistividad** (**ρ**) es una propiedad intrínseca de cada elemento y nos muestra la dificultad que encuentran los electrones para desplazarse por este.

Otro de los componentes básicos es el **capacitor**. Los capacitores son componentes pasivos, capaces de almacenar energía electrostática. Esta capacidad de almacenamiento se denomina **capacitancia** o **capacidad** y su unidad es el **faradio (F)**. Los capacitores están formados por dos placas conductoras separadas por un material dieléctrico. La variación de la superficie de las placas, la distancia de separación entre ellas y el tipo de dieléctrico son los que van a definir el valor de la capacidad. Si el área de las placas aumenta, también aumenta la capacidad. Si la distancia de separación entre las placas disminuye, la capacidad aumenta. Cada material dieléctrico tiene una permitividad relativa (**ϵ_r**), la cual es directamente proporcional a la capacidad. La fórmula de la capacidad es la siguiente:

$$C = (\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A) / d$$

donde **C** es la capacidad, **ϵ_0** es la constante dieléctrica del vacío, **ϵ_r** es la permitividad relativa del material dieléctrico, **A** es el área efectiva de las placas y **d** la distancia de separación entre estas.



EQUIVALENCIA CON EL SISTEMA HÍDRICO



Al accionar la bomba (conexión de la batería), se produce una diferencia de presión (diferencia de potencial). Al abrir la válvula (cerrar el interruptor), comienza a circular el líquido (corriente eléctrica) hasta que se apague la bomba (hasta que se agote la batería). El flujo de líquidos se mide en litros por minuto (amperes), depende de la presión hidráulica (voltios) y del diámetro y longitud de la cañería (resistencia).

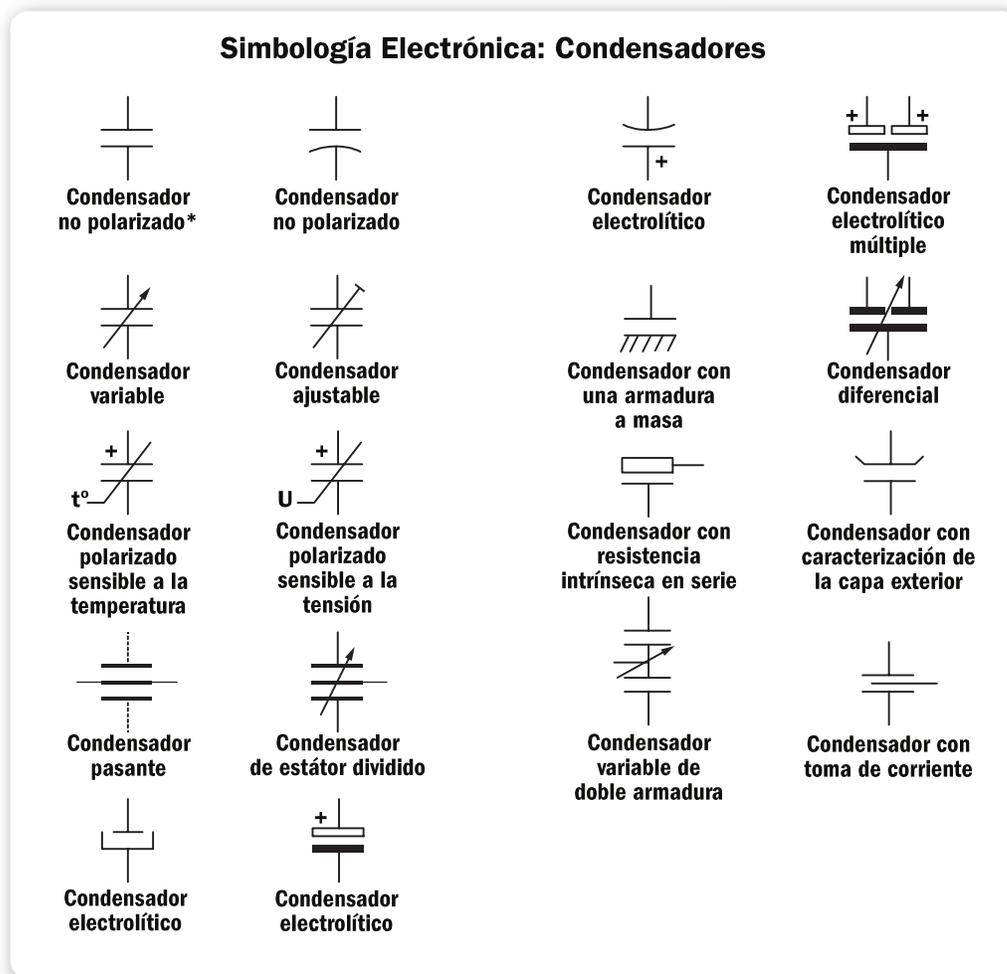


Figura 6. Entre los diferentes tipos de capacitores, podemos encontrar: con polaridad, sin polaridad, fijos y variables.

Existe además otro componente pasivo muy importante en la electrónica: es el **inductor** (o bobina). Este elemento tiene la capacidad de almacenar energía en forma de campo magnético, gracias al efecto de la **autoinducción**. Pero ¿qué es la autoinducción? Pues bien, para entender este fenómeno, primero necesitamos conocer algunos otros conceptos. Cuando una corriente eléctrica circula a través de un conductor, se genera un campo magnético a su alrededor. Para identificar el sentido de giro, se utiliza la **regla de la mano derecha**. Este fenómeno es el llamado **electromagnetismo**. Si ahora tomamos el conductor y lo vamos doblando para formar espiras (bobina), los campos magnéticos generados en cada espira de la bobina se sumarán en el interior de ella de tal forma que se

obtendrá un campo magnético aún mayor. Este es el principio de funcionamiento de los electroimanes. Ahora bien, si hacemos circular por el conductor que forma la bobina una corriente variable, el campo generado en el interior también será variable. Este campo magnético variable generará en los extremos de la bobina una tensión llamada **fuerza electromotriz autoinducida**, gracias al fenómeno de la **inducción electromagnética**. Esta tensión inducida será proporcional a la variación del campo magnético.

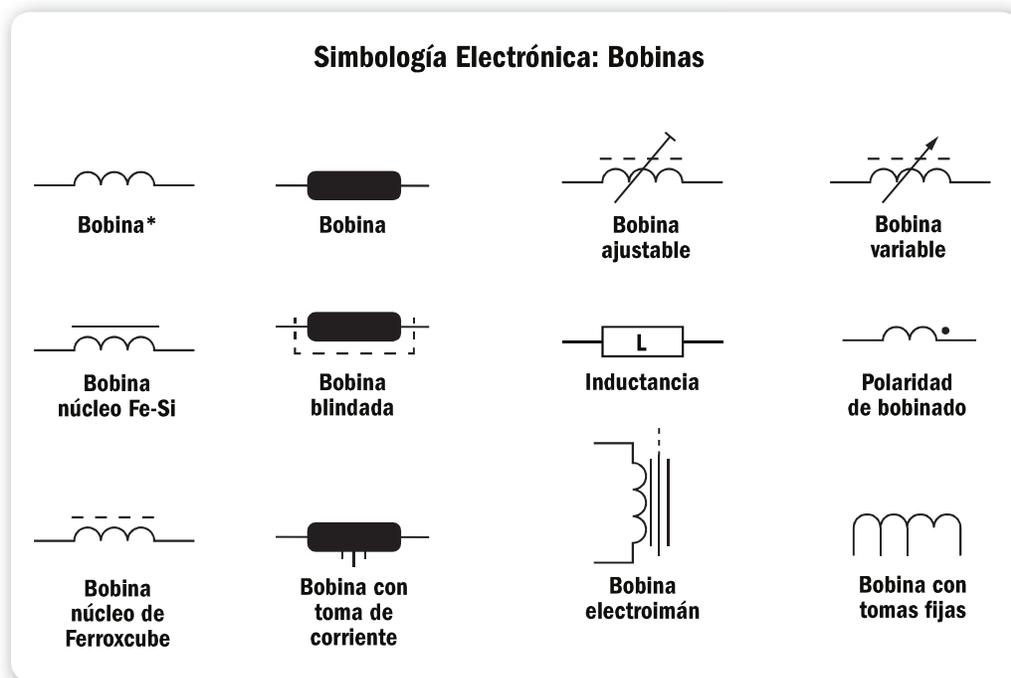


Figura 7. Como vimos, cada componente posee un símbolo asociado. Aquí, los distintos tipos de inductores: fijos, variables y con diferentes núcleos.

En cuanto a las características constructivas de un inductor, podemos decir que se trata de una bobina compuesta por un conductor enrollado sobre un núcleo de aire u otro material (por ejemplo, ferrita), en el caso de querer aumentar su **inductancia**. La inductancia en una bobina o inductor se calcula mediante la relación entre el flujo magnético y la intensidad de corriente que circula por él. La unidad del flujo magnético se expresa en **weber (Wb)**, y la de la intensidad de corriente, en amperes (**A**); así, queda como unidad de inductancia la relación entre **Wb/A**. A esta unidad se la llama **henrio (H)**.

LOS RESISTORES,
CAPACITADORES
E INDUCTORES SON
DE COMPONENTES
PASIVOS



Termistores (NTC y PTC)

Los termistores son básicamente resistores cuyo valor de resistencia varía en función de la temperatura.

Podemos mencionar dos tipos de termistores: NTC y PTC. Los NTC poseen un coeficiente de temperatura negativo, lo que significa que, a medida que la temperatura aumenta, el valor de resistencia disminuye.

Por el contrario, los PTC tienen un coeficiente de temperatura positivo; por lo tanto, un aumento de la temperatura produce un incremento de su valor resistivo.

VALORES PARA RESISTORES CON CUATRO BANDAS DE COLORES

▼ COLOR	▼ 1ª CIFRA	▼ 2ª CIFRA	▼ MULTIPLICADOR	▼ TOLERANCIA (+/-%)
PLATA	-	-	0,01	10%
ORO	-	-	0,1	5%
NEGRO	-	0	1	-
MARRÓN	1	1	10	1%
ROJO	2	2	100	2%
NARANJA	3	3	1.000	-
AMARILLO	4	4	10.000	-
VERDE	5	5	100.000	-
AZUL	6	6	1.000.000	-
VIOLETA	7	7	-	-
GRIS	8	8	-	-
BLANCO	9	9	-	-

Tabla 1. Para el ejemplo, el valor sería 2,2 K Ω al 5% de tolerancia.

VALORES PARA RESISTORES CON CINCO BANDAS DE COLORES					
▼ COLOR	▼ 1ª CIFRA	▼ 2ª CIFRA	▼ 3ª CIFRA	▼ MULTIPLICADOR	▼ TOLERANCIA (+/-%)
PLATA	-	-	-	0,01	-
ORO	-	-	-	0,1	-
NEGRO	-	0	0	1	-
MARRÓN	1	1	1	10	1%
ROJO	2	2	2	100	2%
NARANJA	3	3	3	1.000	-
AMARILLO	4	4	4	10.000	-
VERDE	5	5	5	100.000	0,50%
AZUL	6	6	6	1.000.000	-
VIOLETA	7	7	7	-	-
GRIS	8	8	8	-	-
BLANCO	9	9	9	-	-

Tabla 2. Para el ejemplo, el valor sería 60,4 K Ω , al 1% de tolerancia.

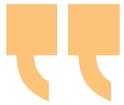
Tipos de circuitos

Como ya mencionamos antes, toda la electrónica parte de circuitos básicos; estos son los circuitos serie, paralelo y mixto. Veamos qué diferencias existen entre cada uno de ellos y qué ventajas tiene uno sobre otro.

Circuito serie

Cuando escuchamos la palabra **serie**, enseguida se nos viene a la cabeza que se trata, generalmente, de una sucesión de objetos ordenados; entonces, ya podemos imaginar qué es un circuito serie: varios elementos conectados de manera sucesiva en un circuito.

TODA LA
ELECTRÓNICA PARTE
DE LOS CIRCUITOS
SERIE, PARALELO
Y MIXTO



Quizás el circuito serie es el circuito más fácil y sencillo en cuanto a componentes se refiere. Básicamente, consiste en una fuente de alimentación (**batería**), un conductor (**cable**) y una o varias cargas (por ejemplo, **lámparas**). Vemos que un circuito serie se encuentra cerrado y, por ello, la lámpara conectada prende; en cambio, si estuviera abierto (es decir, si uno de los dos conductores no estuviera conectado, ya sea a la batería o a la lámpara), entonces esta no encendería.

En el caso de que en el circuito se conectaran más lámparas, la luminosidad de ellas se vería afectada de tal forma que cada una de las lámparas iluminaría menos; esto pasa porque hay demasiadas lámparas en el circuito, y la batería no puede suministrar suficiente voltaje para mantenerlas a todas. Sin embargo, se presenta un inconveniente ya que, si una de las lámparas no funcionara porque se quemó, o si un conductor se desconectara, entonces todas las demás lámparas se apagarían, debido a que estaría abierto el circuito. Esta es la principal desventaja de un circuito serie.

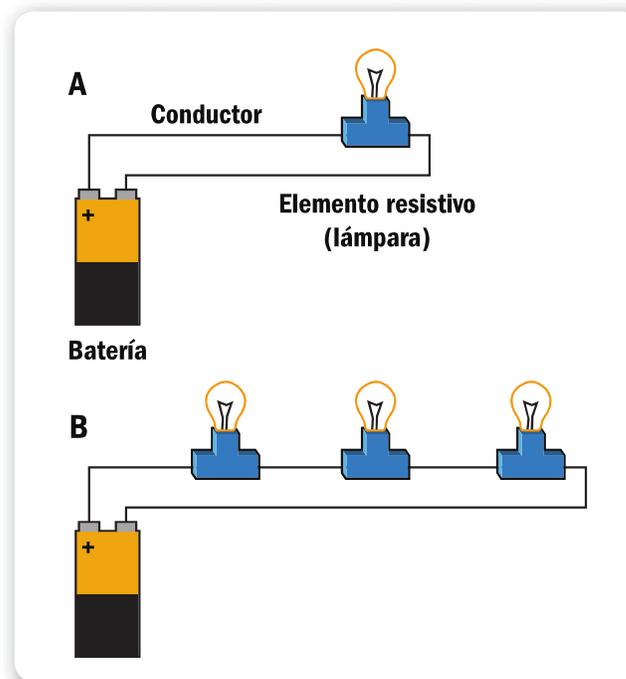


Figura 8. Cuantos más elementos tengamos en un **circuito serie**, menos voltaje llegará a cada elemento, porque solo existe un camino por seguir.

Circuito paralelo

El circuito paralelo difiere en varias formas del circuito serie y, además, es el más utilizado en muchísimas aplicaciones y no solo electrónicas, sino también eléctricas, neumáticas, de control, etcétera.

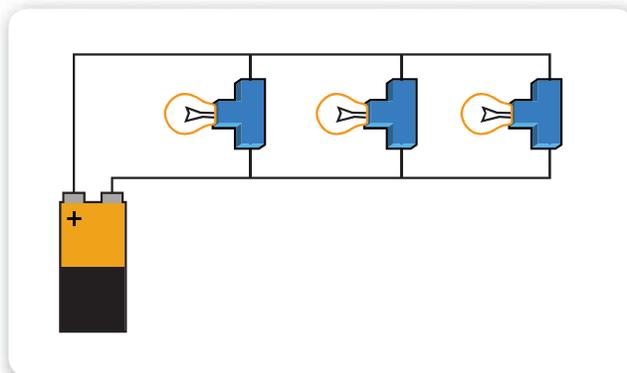


Figura 9. En un **circuito paralelo**, ocurre lo contrario que en el serie: el voltaje de la batería es el mismo siempre en cada elemento.

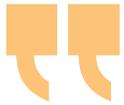
El circuito paralelo es el mismo que tenemos en casa, en nuestra instalación eléctrica; gracias a él, podemos conectar, desconectar, prender y apagar aparatos eléctricos sin que haya repercusiones en nuestra instalación.

Circuito mixto

El circuito **mixto** es la combinación de un circuito serie y uno paralelo en un mismo circuito. Con esto en mente, es lógico pensar que el funcionamiento del mixto se basa en los mismos principios que los anteriores que hemos visto.

En los aparatos electrónicos, siempre nos encontraremos con este tipo de circuitos ya que, si bien el paralelo tiene sus ventajas, el serie también cuenta con ellas. Hasta ahora, y para una mejor comprensión, solo hemos presentado los circuitos más básicos, que cuentan con la menor cantidad de elementos posibles, pero, con seguridad, los circuitos con los que nos enfrentaremos más adelante serán la combinación de todos estos y, además, incluirán un mayor número de elementos que los conforman. Allí radica la importancia de que, en el momento de analizar un circuito, podamos dividirlo y, así, resolverlo sin mayor problema.

UN CIRCUITO SERIE
DEBE TENER TODOS
LOS ELEMENTOS
CONECTADOS
ENTRE SÍ



Un ejemplo de un circuito mixto es aquel que contiene una fuente de alimentación (batería), conductores (cables) y tres lámparas conectadas, una, en serie con otras dos que están en paralelo. Si analizamos el funcionamiento, vemos que la batería suministra carga a las lámparas; el voltaje de la batería se dividirá, es decir, una parte va a la primera lámpara, y el voltaje restante a las lámparas en paralelo.

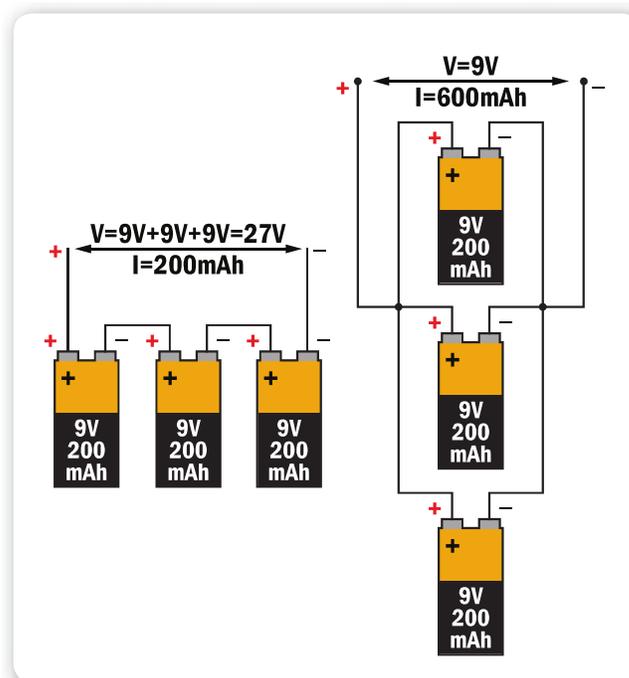


Figura 10. En el circuito serie, los polos de la batería van positivo con negativo y, en el paralelo, van positivos con positivos y negativos con negativos.



SUMA DE BATERÍAS



Es posible realizar circuitos con baterías en serie o en paralelo. Si se colocan en serie, su voltaje se suma, pero la corriente es la misma, tal como sucede en un circuito serie normal. En cambio, si las colocamos en paralelo, estas conservan su valor de voltaje (no se suman, pero la corriente de cada una de ellas sí), tal como sucede en el circuito paralelo normal.

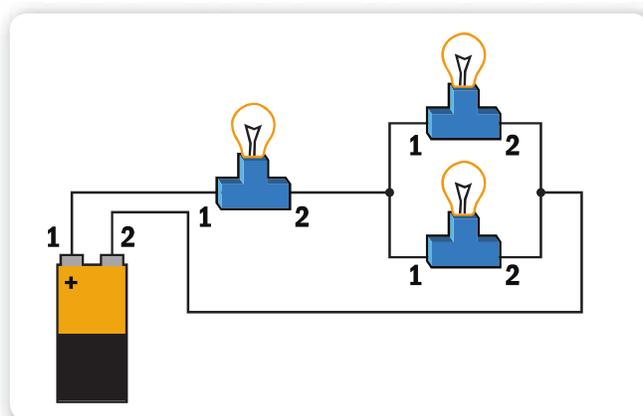


Figura 11. En todos los aparatos eléctricos y electrónicos, encontraremos este tipo de circuitos para su funcionamiento.

➤ Leyes de los circuitos

Todo a nuestro alrededor está regido por leyes, ya sea en fenómenos físicos, químicos, etcétera, y el mundo de la electrónica no es una excepción, ya que en él existen leyes con sus respectivos principios.

Voltaje

Cuando hablamos de tensión (E), fuerza electromotriz (FEM), diferencia de potencial, nos estamos refiriendo al **voltaje** –que abreviaremos con una V, aunque en algunos libros se identifica con una E–. El voltaje es una magnitud física que nos expresa una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos y, como toda magnitud física, es necesario medirla; para ello, existe un aparato llamado **voltímetro**, aunque ya casi no se utiliza. Hoy en día, se ha reemplazado por un instrumento más versátil y multiuso: el **multímetro**, capaz de medir voltaje, intensidad, resistencia, conductividad, etcétera.

Para que comprendamos mejor qué es el voltaje, ejemplificaremos con una batería, donde un terminal es positivo y otro negativo; esto quiere decir que un terminal tiene exceso de electrones (el terminal negativo), y el otro los perdió (terminal positivo). Recordemos que los electrones (-) son los que se mueven; en cambio, los protones (+) forman parte del núcleo del átomo y no pueden desprenderse de él, así que solo se valen

de su capacidad de atracción para atraer a los electrones y hacerlos entrar en su banda de valencia para que formen parte de ese átomo. No olvidemos que cargas diferentes se atraen ($+ -$), y cargas iguales se repelen ($+ +$). Entonces concluimos que el voltaje es el impulso necesario para que los electrones circulen a través de un conductor; en este caso, el impulso sería la diferencia de cargas existentes en dos puntos (por ejemplo, la batería), lo que obligará a los electrones a viajar a través de un conductor hacia el punto más positivo. Los electrones tienen una forma característica de viajar y se rigen por la siguiente regla: “Los electrones viajan del punto que los tiene en exceso al punto que los tiene en defecto”.

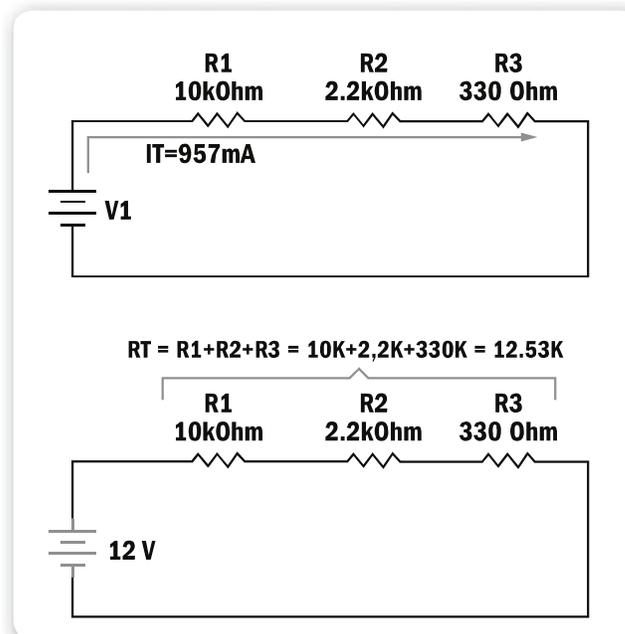


Figura 12. En un circuito serie, la corriente es la misma en todo el circuito, y el voltaje se divide entre cada elemento.



OTROS CIRCUITOS

Los circuitos serie, paralelo y mixto tienen aplicación en muchos más componentes electrónicos y no solo en resistencias y baterías. También hay circuitos con componentes como capacitores, bobinas, diodos, etcétera, y otros con la combinación de varios de estos. Los conocimientos aquí adquiridos nos servirán, de forma general, para el análisis de cualquier circuito.

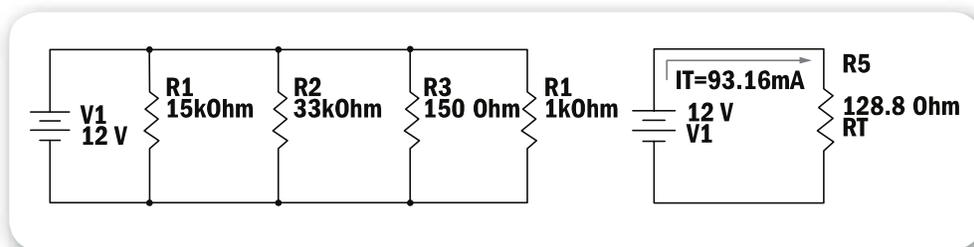


Figura 13. En un circuito paralelo, el voltaje es el mismo en cada elemento, y la corriente se divide por cada unión.

Intensidad

La **corriente** es el flujo de electrones que circulan a través de un conductor; su unidad es el amperio y se abrevia con una A. Esta denominación se usa en honor a André-Marie Ampère, quien inventó el primer telégrafo eléctrico. Si bien en los cálculos utilizaremos la I para referirnos a la intensidad, la unidad fundamental en el SI (*Sistema Internacional de Unidades*) es el amperio (A), y lo utilizaremos para expresar la cantidad de corriente que tengamos en un circuito.

Recordemos que 1 amperio es equivalente a 1 coulomb que, a su vez, es igual a 6.28×10^{18} electrones. No se debe confundir amperio con coulomb, ya que este último nos expresa una cantidad de carga eléctrica y el amperio nos expresa esa cantidad de carga, pero en un determinado tiempo, por lo general en 1 segundo ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/seg.}$). Solo se expresa como amperio ya que el tiempo está implícito: sabemos que es en 1 segundo, a menos que se mencione. Tal es el caso de las baterías, cuya capacidad de acumular carga se expresa en amperios por hora (Ah) por eje, o la capacidad de las baterías de los celulares, que se expresa en miliamperes hora (mAh). Los miliamperes son unidades más pequeñas que el amperio, así como un milímetro es una unidad más pequeña que un centímetro.

Al igual que el voltaje, la intensidad también puede ser medida con un aparato llamado amperímetro o con un multímetro. Es importante resaltar que un flujo muy intenso de electrones (de ahora en adelante, lo llamaremos intensidad o corriente) a través de un conductor (un cable, por ejemplo) ocasiona que este se caliente.

DEFINICIÓN:
LA CORRIENTE
ES DIRECTAMENTE
PROPORCIONAL
AL VOLTAJE



Resistencia

La **resistencia** es la oposición al paso de la corriente, que presentan ciertos materiales; la unidad de la resistencia es el ohm, así denominado en honor a Georg Ohm.

Si nos referimos al campo de los circuitos, las resistencias son los componentes electrónicos más comunes en ellos, tienen un costo bajo y son fabricadas con ciertos materiales que pueden ofrecer resistencia al paso de la corriente. También existe un aparato con el que se mide esta magnitud, se llama **óhmetro**. Visualicemos la resistencia con un ejemplo sencillo que vemos a diario: la llave de agua de nuestra cocina. El agua es la corriente, y la llave funciona como una resistencia: cuando nosotros abrimos poco la llave, sale poca agua; cuando la abrimos algo más, sale un poco más de agua; y, cuando la abrimos completamente, sale toda el agua. De la misma forma se comportan la corriente y la resistencia. Tengamos en claro que la corriente siempre tratará de buscar el camino que oponga menos resistencia.

Podemos clasificar las resistencias en variables y fijas. Las variables nos ofrecen la capacidad de cambiar su valor de resistencia por medio de algún agente externo, como un medio mecánico, temperatura, luz, etcétera; también se las denomina **potenciómetros**. Las fijas son las más comunes, ya que se fabrican con carbón para que solo tengan un valor específico. Las podemos encontrar de diferentes valores en el mercado: 100 Ω , 330 Ω , 2.2 K Ω , 1 M Ω , etcétera.

La forma de saber el valor de alguna resistencia es por medio del código de colores o las bandas de colores que la resistencia tiene impresa sobre ella; por lo general, son cuatro bandas y, por medio de una tabla, calculamos su valor. La forma de leer una resistencia es de izquierda a derecha. Por ejemplo, si tenemos una resistencia en la que la primera banda es roja (vale 2), la segunda es negra (vale 0), la tercera es naranja (vale 1000) y la cuarta es dorada ($\pm 5\%$ de tolerancia),



DOS RESISTENCIAS DE IGUAL VALOR



Cuando tenemos dos resistencias en paralelo pero de igual valor, su resistencia total (R_T) va a ser igual a la mitad de cualquiera de ellas (R_1 o R_2). Es decir: si, por ejemplo, las dos resistencias son de 2 K Ω , el resultado va a ser igual a la mitad de una de ellas. En este caso, 1 K Ω .

multiplicaremos 20 (primera y segunda banda) por 1000, que es el valor de la tercera banda, y obtendremos $20\,000\ \Omega$ con una tolerancia de $\pm 5\%$ de la cuarta banda. $20\,000\ \Omega$ se expresa como $20\ \text{K}\Omega$; la K significa que estamos hablando de miles. La cuarta banda de una resistencia se llama **banda de tolerancia** y nos indica cuánto puede variar una resistencia ya que, en su proceso de fabricación, no se puede ser totalmente exacto. En nuestro ejemplo, el valor de la resistencia es de $20\ \text{K}\Omega \pm 5\%$ de tolerancia; pues bien, el 5% de $20\ \text{K}\Omega$ es $1\ \text{K}\Omega$. Entonces, al medir la resistencia con un óhmetro o un multímetro en la función de medición de resistencia, esta debe estar entre $19\ \text{K}\Omega$ y $21\ \text{K}\Omega$, de ahí el \pm que nos dice que puede ser por debajo o por encima del valor de la resistencia. Es de notar que la cuarta banda siempre está separada más de lo normal de las otras tres; por lo tanto, esa será nuestra banda de tolerancia (cuarta banda).

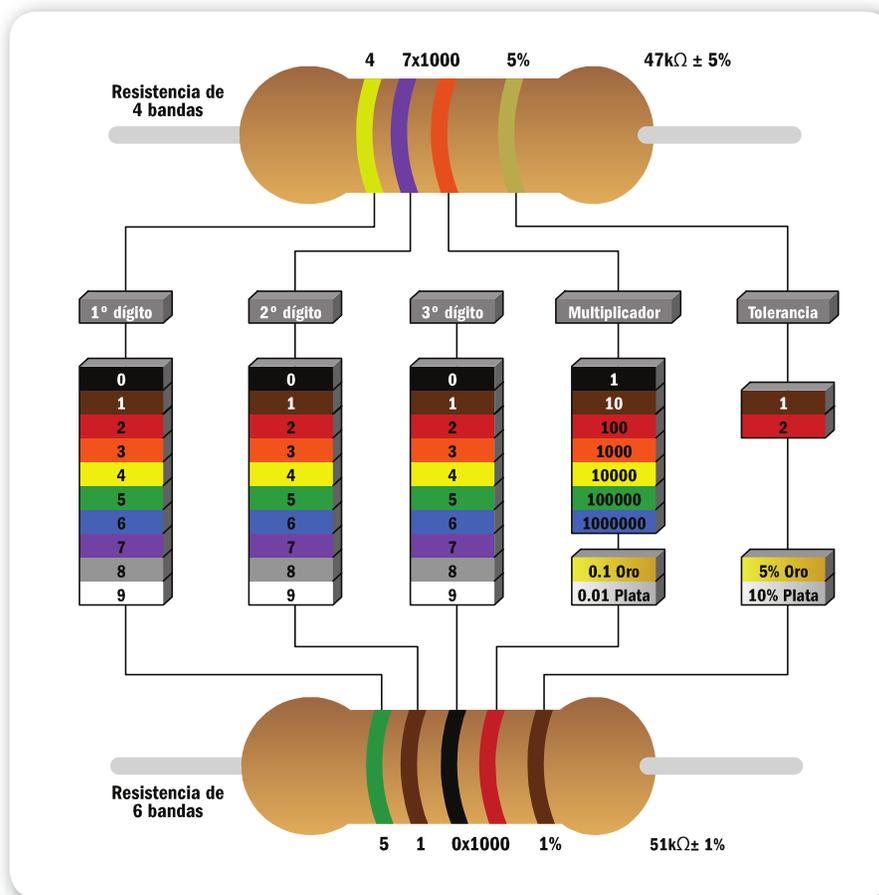


Figura 14. Existen resistencias de seis bandas, que ofrecen un grado de precisión mucho mayor que las de cuatro bandas.

Ley de Joule

El movimiento de los electrones a través de un conductor es totalmente desordenado; viajan de un lado a otro, y la misma energía cinética que tienen provoca que los electrones choquen entre sí. Estos choques provocan, a su vez, que liberen energía, lo que hace que el conductor se caliente. Para determinar cuánto calor se desprenderá, se utiliza la ley de Joule.

Esta ley nos dice: “La energía calorífica emitida es directamente proporcional a la resistencia del conductor, al tiempo durante el que está circulando la corriente y al cuadrado de la intensidad que lo atraviesa”.

Su fórmula es:

$$J = I^2 \times R \times t$$

I -> en amperes

Unidades: joule

R -> en ohms

1 joule = .24 calorías

t -> en segundos

Pongamos un ejemplo: determinemos el calor que genera una resistencia de 5 K Ω por la que circula una corriente de 2 amperes durante 10 minutos.

Lo primero que debemos hacer es pasar todos los valores a unidades básicas, es decir:

$$5 \text{ K}\Omega = 5 \text{ K}\Omega \times 1000 = 5000 \Omega$$

Los amperes ya se encuentran en unidades básicas, y los minutos hay que convertirlos a segundos:

$$10 \text{ minutos} = 10 \times 60 = 600 \text{ segundos}$$

Ahora lo sustituimos en la fórmula de Joule, y nos quedaría:

$$J = (2^2) \times (5000 \Omega) \times (600 \text{ segundos}) = 12000000 \text{ joules} = 12 \text{ MJ} \\ (\text{megajoules}).$$

Ley de Ohm

La ley de Ohm es la ley que más se utiliza en el campo de la electrónica y la electricidad y es la que nos explica la relación existente entre voltaje, intensidad y resistencia. La ley de Ohm postula lo siguiente: “La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia”.

Podemos traducir esta ley en las siguientes fórmulas:

$$\boxed{I = \frac{V}{R}} \rightarrow \boxed{V = I \times R} \rightarrow \boxed{R = \frac{V}{I}}$$

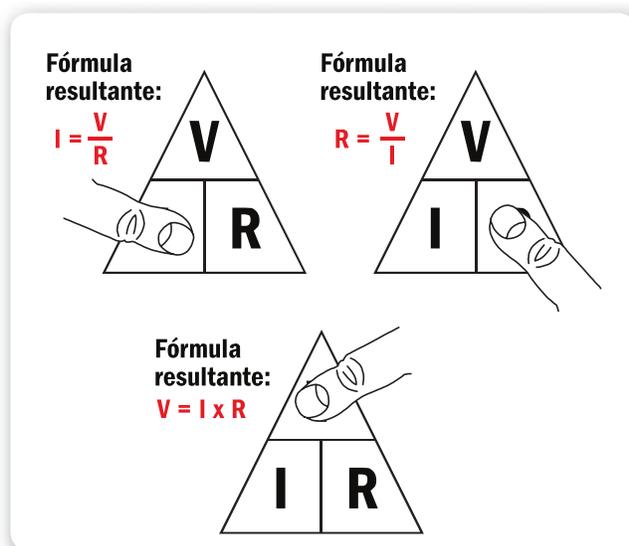


Figura 15. El triángulo de la **ley de Ohm** es una gran herramienta para memorizar y aprender esta práctica ley.

El triángulo funciona tapando con el dedo la magnitud por calcular. Por ejemplo, si queremos calcular el voltaje de un circuito, debemos tapar con el dedo la V; quedaría entonces la I (corriente) que multiplica a la R (resistencia). Por otro lado, si queremos obtener la corriente, solo tapamos con el dedo la I, y nos queda V/R.

A partir de esta ley, podemos darnos cuenta de que, si la resistencia es constante, la corriente varía de acuerdo a la forma en que lo hace el voltaje. En otras palabras, intensidad y voltaje son proporcionales; si aumentamos el voltaje, también aumenta la corriente.

Además, debemos saber que, si el voltaje se mantiene constante, la intensidad de corriente eléctrica varía en el sentido inverso en que lo hace la resistencia. Es decir, la corriente y la resistencia son opuestas: si aumentamos la resistencia, disminuye la corriente; si disminuimos la resistencia, la corriente aumenta, porque, recordando lo que dijimos antes, la corriente siempre buscará el camino que oponga menos resistencia a su paso.

Veamos cómo podemos aplicar esta gran fórmula en un circuito. Determinemos qué corriente circula por un circuito; tenemos un voltaje desconocido, pero sabemos que la corriente total (I_T) es de $957\mu A$ ($.000957A$) y, también, tenemos tres resistencias en serie: R_1 de $10\text{ K}\Omega$, R_2 de $2.2\text{ K}\Omega$ y R_3 de $330\ \Omega$. Primero debemos determinar la resistencia total (R_T) del circuito; en un circuito serie, se suman todas las resistencias, entonces:

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 = 10\text{ K}\Omega + 2.2\text{ K}\Omega + 330\ \Omega \\ &= 10000\ \Omega + 2200\ \Omega + 330\ \Omega = 12530\ \Omega \rightarrow R_T \\ &= 12.53\text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Ahora solo sustituimos en la fórmula de la ley de Ohm, y quedaría:

$$V = .000957\text{ A} \times 12530\ \Omega = .957\text{ mA} \times 12.53\text{ K}\Omega = 11.99\text{ V}$$

Si dejamos los amperes en miliamperes y los ohms en kiloohms, el voltaje resulta en volts.

La fórmula para obtener la resistencia total en un circuito serie se obtiene sumando el valor de todas las resistencias $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$. No olvidemos convertir esos valores a unidades básicas (Ω) antes de sumarlos, a menos que todos los elementos estén expresados en las mismas unidades. Ahora intentémoslo con un circuito paralelo. Tenemos 4 resistencias en paralelo: la R_1 de $15\text{ K}\Omega$, la R_2 de $33\text{ K}\Omega$, la R_3 de $150\ \Omega$ y la R_4 de $1\text{ K}\Omega$, con una fuente de 12 V . Usaremos la siguiente fórmula para circuitos paralelos:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots \frac{1}{R_n}}$$

Sustituimos en la fórmula los valores de la resistencia de la siguiente manera:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{15000} + \frac{1}{33000} + \frac{1}{150} + \frac{1}{1000}} = 128.80 \Omega$$

$$I_T = \frac{12V}{128.80} = 0.09316A = 93.16 mA$$

Algo que se debe tener en cuenta en el circuito paralelo es que la resistencia total o equivalente siempre es menor que cualquiera de las resistencias en el circuito. Si miramos la resistencia equivalente que calculamos, podemos determinar que es cierto, ya que $R_T = 128.80 \Omega$ es menor que la menor de las resistencias, que es de 150Ω .

Hasta ahora vimos cómo determinar algunos valores; en un circuito mixto, se utilizan las formulas del circuito serie y del paralelo.

Ley de Kirchhoff

Las leyes de Kirchhoff fueron formuladas por Gustav Kirchhoff en 1845. Son muy utilizadas para obtener el valor de la corriente y el voltaje en cada punto de un circuito eléctrico en ingeniería eléctrica.

La primera ley de Kirchhoff o **ley de nodos** (se abrevia **LCK**, *ley de corrientes de Kirchhoff*) se basa en la ley de la conservación de la carga eléctrica, y nos dice: "En cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de él". Llevando esta ley a una fórmula, tenemos la siguiente:

$$\sum I_{entrantes} = \sum I_{salientes}$$

Un nodo es el punto donde se unen dos o más ramas de un circuito. Ahora ilustremos la ley de nodos de Kirchhoff: en la misma figura, se ven las corrientes i_1 e i_3 que entran en el nodo y, de este nodo, salen las corrientes i_2 e i_4 . Si aplicamos la fórmula, tenemos:

$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4$$

De todas formas, igual podemos asignar como positivas las corrientes que entran y como negativas las que salen, para igualar la ecuación a 0, que de esta manera quedaría:

$$i_1 + i_3 - i_2 - i_4 = 0.$$

Si asignáramos valores reales en los nodos de un circuito paralelo, donde tenemos una fuente de 12 V y dos resistencias en paralelo (una de 500 Ω y otra de 2 K Ω), en cada resistencia tendríamos 12V de la fuente. Recordemos que, en un circuito paralelo, el voltaje es el mismo; entonces, tenemos que la corriente i_F es de 30 mA y está entrando al nodo 1 donde se unen dos resistencias y, de ahí, la corriente entrante se repartirá entre R1 y R2. Esas dos corrientes que se repartieron son corrientes salientes del nodo 1.

La segunda ley de Kirchhoff, también llamada **ley de mallas de Kirchhoff**, se puede abreviar **LVK** (*ley de voltajes de Kirchhoff*) y deriva de la conservación de la energía. Esta ley enuncia: “En un lazo cerrado, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión suministrada”. En otras palabras: en una resistencia existe lo que se llama una caída de voltaje, que es el voltaje que consume una resistencia o cualquier otro elemento que funcione como carga en un circuito; la LVK dice que la suma de todas estas caídas de voltaje es igual al voltaje suministrado por la fuente. Su fórmula es:

$$V_{Fuente} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n = 0$$

Para esta ley, es necesario siempre establecer lazos cerrados (se los llama mallas) para realizar este tipo de análisis. Ejemplificando esto, tenemos un circuito mixto con dos resistencias en serie R1 de 15 K Ω , R2 de 5 K Ω y R3 de 2 K Ω , que está en paralelo y es alimentado con 40 V. En nuestro caso, la flecha amarilla que va en sentido de las manecillas del reloj nos indica la malla 1, y la azul, la malla 2; ahora sacamos la caída de tensión en R1 y R2. Para ello, es necesario tener la intensidad total de la malla 1. Sumamos las resistencias R1 + R2 para obtener la resistencia total de la malla 1 (RT1) y obtenemos que es: 15 K Ω + 5 K Ω = 20 K Ω ; luego aplicamos la ley de Ohm:

$$I_T = \frac{40V}{20K\Omega} = 2mA$$

2 mA es la corriente que circula en nuestra malla 1. Ahora sacamos las caídas de tensión primero en R1:

$$V_{R1} = 15 \text{ K}\Omega \times 2 \text{ mA} = 30\text{V}$$

y después obtenemos la caída de voltaje en la R2:

$$V_{R2} = 5 \text{ K}\Omega \times 2 \text{ mA} = 10\text{V}$$

Es necesario agregar símbolos a las resistencias: serán positivas del lado donde la corriente entra y negativas por donde salga. La fuente tendrá signo negativo ya que, en ella, la corriente entra por el polo negativo. Usemos la LVK para comprobar nuestros resultados:

$$V_1 + V_2 - V_F = 30\text{V} + 10\text{V} - 40\text{V} = 0\text{V}$$

Vemos que es efectivamente cierta esta ley y, al mismo tiempo, comprobamos nuestros cálculos.

Ahora, con la resistencia R3, se hace lo mismo solo que resultará más fácil ya que se trata de una sola resistencia. Recordemos que la flecha azul indica que es otra malla aparte.

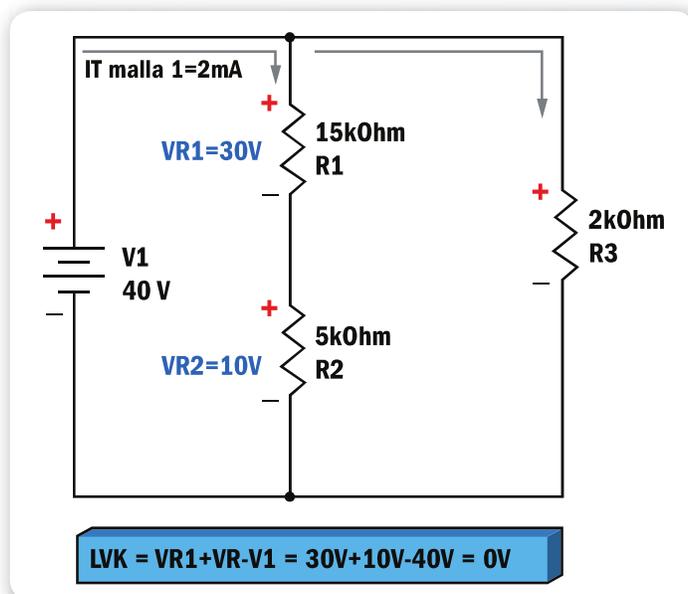


Figura 16. Para aplicar la **LVK**, es necesario dividir en mallas y establecer un flujo de la corriente.

Teorema de superposición

Este teorema nos ayuda a encontrar lo siguiente:

Valores de voltaje en algún punto del circuito que tiene más de una fuente.

Valores de corriente en un circuito con más de una fuente.

El teorema establece que el efecto que tienen dos o más fuentes de voltaje sobre una resistencia es igual a la suma de cada uno de los efectos realizada por separado. Esto se logra sustituyendo cada fuente de voltaje por un cortocircuito y cada fuente de corriente por un circuito abierto.

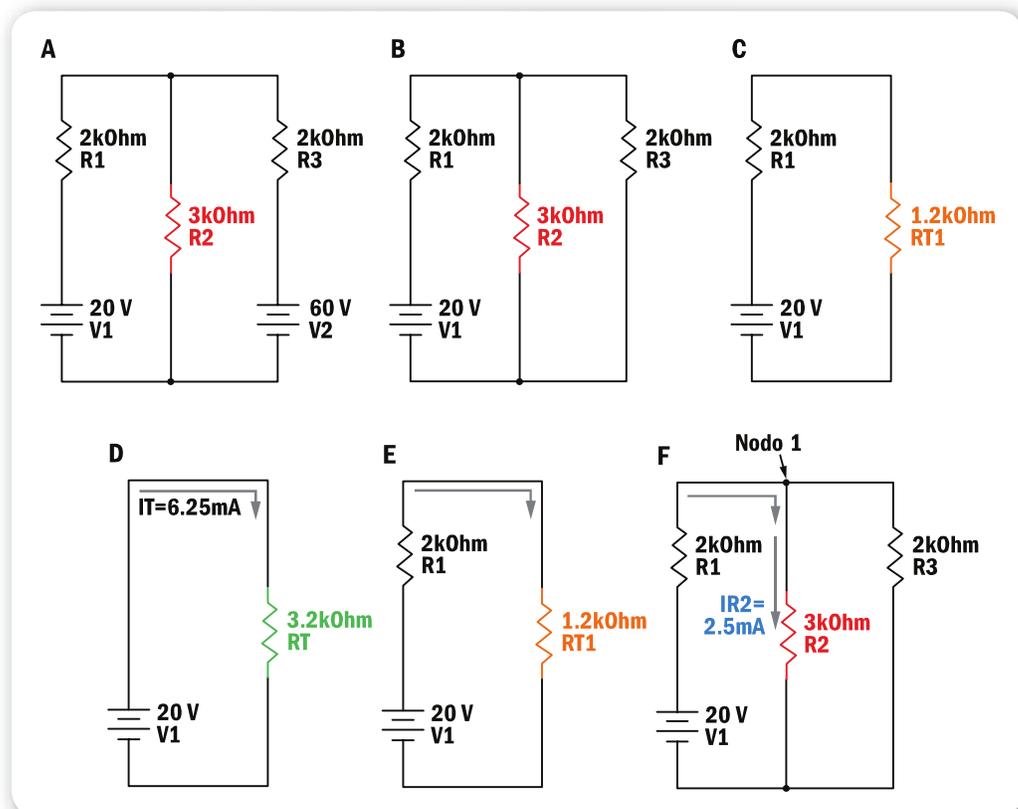


Figura 17. El teorema de superposición analiza los efectos de cada fuente sobre un elemento y, después, los suma.

Básicamente, lo que nos dice es que calculemos o midamos los efectos que tiene una sola fuente a la vez sobre una resistencia y, al final, los sumemos.

Si tenemos un circuito con dos fuentes de voltaje, V1 de 20 V y V2 de 60 V, y queremos obtener la corriente que circula por la resistencia R2, el primer paso es poner en corto cualquiera de las dos fuentes. Después obtenemos la resistencia equivalente de la R3 y R2; ya que están en paralelo, usamos la fórmula para resistencias en paralelo:

$$RT1 = \frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = RT1 = \frac{1}{\frac{1}{3\text{ K}\Omega} + \frac{1}{2\text{ K}\Omega}} = 1.2\text{ K}\Omega$$

Ahora, sumamos las resistencias que nos quedan en serie:

$$RT = RT1 + R1 = 1.2\text{ K}\Omega + 2\text{ K}\Omega = 3.2\text{ K}\Omega$$

Calculamos la corriente total del circuito (IT) usando la ley de Ohm:

$$IT = \frac{V1}{RT} = \frac{20V}{3.2\text{ K}\Omega} = 6.25\text{ mA}$$

Una vez calculado esto, procedemos a transformar el circuito nuevamente a su forma original, pero lo hacemos inversamente. Para saber qué voltaje tendremos en el nodo 1 (que es el mismo que en la R2), primero determinamos la caída de voltaje en la R1 para, después, restárselo al voltaje fuente:

$$VR1 = IT \times R1 = 6.25 \times 2\text{ K}\Omega = 12.5V$$

Ahora, aplicando la LKV para determinar el voltaje en el nodo 1, es:

$$-12.5V - VRT1 + 20V \rightarrow VRT1 = 7.5V$$

Ya obtenido este voltaje, usamos la ley de Ohm para saber qué corriente circulará por la R2:

$$IR2 = \frac{7.5V}{3\text{ K}\Omega} = \boxed{2.5\text{ mA}}$$

Pues bien, 2.5 mA es la corriente que circula por R2 por parte de la fuente V1 de 20 V. Ahora solo hay que determinar la corriente por parte de la fuente V2 de 60 V; para eso, pondremos en corto la fuente

V_1 y haremos el mismo procedimiento. Una vez obtenida la corriente, sumamos ambas y obtenemos:

$$2.5\text{mA} + 7.5\text{mA} + 10\text{mA} \rightarrow IR_1 = 10\text{mA}$$

y un voltaje de:

$$VR_1 = 7.5 + 22.5 = 30\text{V} \rightarrow VR_1 = 30\text{V}$$

Teorema de Thevenin

El **teorema de Thevenin** establece que, cualquier circuito, por más complejo que sea, visto desde dos terminales concretos, puede sustituirse por un generador de tensión con una resistencia en serie. Este teorema es de gran utilidad para convertir un circuito muy complejo en uno más sencillo. La fuente de voltaje que se obtiene se llama **VTH** (voltaje Thevenin), y la resistencia obtenida se llama **RTH** (resistencia Thevenin), y son básicamente los dos elementos por los que se sustituye un circuito complejo.

Veamos este teorema en acción. Queremos obtener el circuito equivalente de Thevenin entre los puntos A y B (estos siempre son necesarios y pueden estar en cualquier parte del circuito). Por lo tanto, lo primero que debemos calcular es la RTH; para ello, ponemos en corto la fuente de voltaje de 12 V y se transforma desde B hasta D obteniendo un circuito más sencillo de analizar como el E. Ya podemos calcular RTH:

$$RTH = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}} + \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3}} = 4.5 \text{ K}\Omega \rightarrow \boxed{RTH = 4.5 \text{ K}\Omega}$$

Lo siguiente es buscar VTH (A, B); para eso, deberemos sumar las resistencias R_1 y R_2 para obtener la corriente porque están en serie. Después multiplicamos la corriente por la resistencia R_2 para conocer el voltaje de A; lo mismo hacemos con R_3 y R_4 , las sumamos. Luego, utilizamos ley de Ohm para obtener su corriente y multiplicamos por la R_4 para obtener el voltaje B; por último, se restan y se obtiene el VTH, que quedaría así:

Para Voltaje de A ->

$$R1 + R2 = 5\text{ K}\Omega + 5\text{ K}\Omega = 10\text{ K}\Omega \rightarrow VA = \frac{12\text{V}}{10\text{ K}\Omega} = 1.2\text{ mA}$$

$$\rightarrow 1.2\text{ mA} \times 5\text{ K}\Omega = 6\text{V}$$

$$\rightarrow A = \boxed{6\text{V}}$$

Para el voltaje de B ->

$$\rightarrow B = \boxed{4\text{V}}$$

$$\text{Restamos } V_{TH} = VA - VB = 6\text{V} - 4\text{V} = 2\text{V} \rightarrow \boxed{V_{TH} = 2\text{V}}$$

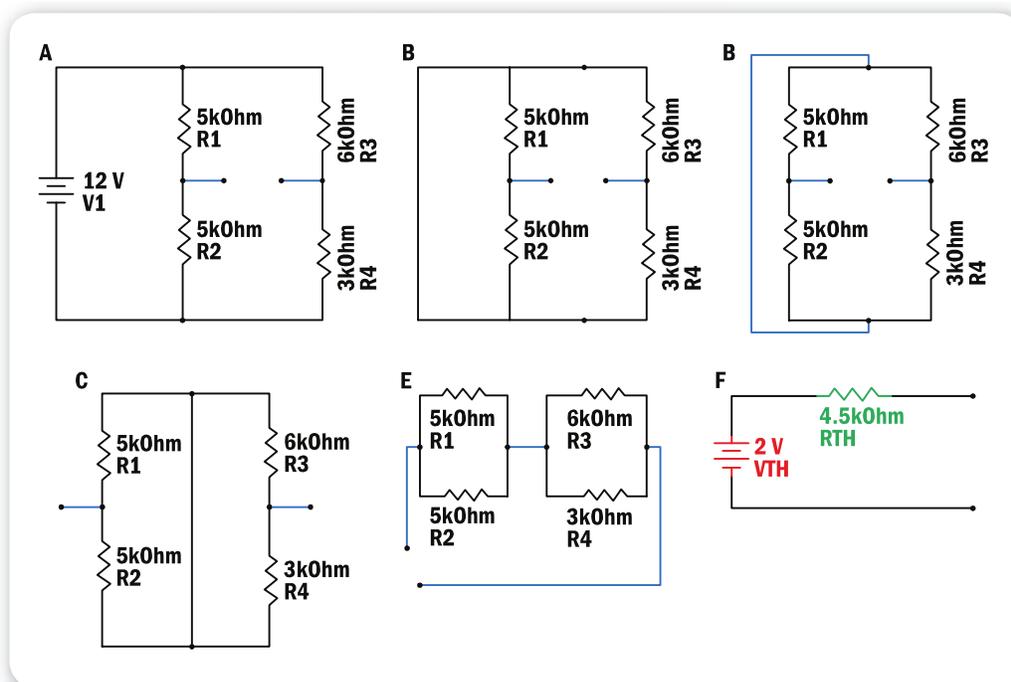
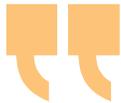


Figura 18. Un circuito equivalente **Thevenin** consta de un generador de tensión con una resistencia en serie.

Teorema de Norton

El **teorema de Norton** establece que cualquier circuito, por complejo que sea, visto desde dos terminales concretos, puede ser sustituido por una fuente equivalente de intensidad en paralelo con una resistencia. Como vemos, es el dual de Thevenin, es decir, con

1 AMPERE ES
LA CORRIENTE
QUE PRODUCE
1 VOLT SOBRE
1 Ω



Thevenin obtenemos una fuente de voltaje con una resistencia en serie y, con Norton, obtendremos una fuente de intensidad en paralelo con una resistencia.

Ejemplifiquemos lo antes dicho en un circuito donde debemos obtener la I_N y la R_N entre los puntos A y B para su circuito equivalente Norton. Primero se debe poner en corto la fuente y, luego, debemos calcular la resistencia que será nuestra R_N en ese circuito, y nos queda así:

$$R_N = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{2\text{ K} \times 2\text{ K}}{2\text{ K} + 2\text{ K}} + 1 = 2\text{ K} \rightarrow \boxed{R_N = 2\text{ K}\Omega}$$

Ya obtuvimos R_N y nos falta obtener I_N ; para ello, volvemos a colocar la fuente de voltaje y cerramos los puntos A y B. Calculamos para obtener la resistencia total:

$$R_T = \frac{R_3 \times R_2}{R_3 + R_2} + R_1 = \frac{1\text{ K} \times 2\text{ K}}{1\text{ K} + 2\text{ K}} + 2\text{ K} = 2.6666\text{ K}\Omega \rightarrow R_T = 2.6666\text{ K}\Omega$$

Una vez obtenida la R_T , falta calcular las intensidades que circulan por cada malla, y nos queda:

$$I_T = \frac{V_1}{R_T} = \frac{15\text{ V}}{2.66} = 5.63\text{ mA} \rightarrow I_T = 5.625\text{ mA}$$

$$I_{T\text{malla } 1} = \frac{15\text{ V} - (5.625 \times R_1)}{R_2} = \frac{15\text{ V} - (5.625 \times 2\text{ K})}{2\text{ K}} = \boxed{1.875\text{ mA}}$$



SENTIDO DE LA CORRIENTE



Es la dirección de la corriente, de dónde nace la corriente y hacia dónde viaja. Tiene dos sentidos, la real y la convencional. Por conveniencia, se opta por la convencional (del positivo al negativo) de cualquier fuente de voltaje, pero, en realidad, la corriente va del negativo de la fuente al positivo, ya que la corriente está conformada por electrones libres que buscan un punto positivo.

$$I_N = \frac{15V - (5.625 \times R1)}{R3} = \frac{15V - (5.625 \times 2K)}{1K} = \boxed{3.75 \text{ mA}} \rightarrow \boxed{I_N = 3.75 \text{ mA}}$$

De acuerdo con los resultados, podemos tener pequeñas variaciones; esto se debe a que solo tomamos pocas cifras después del punto decimal.

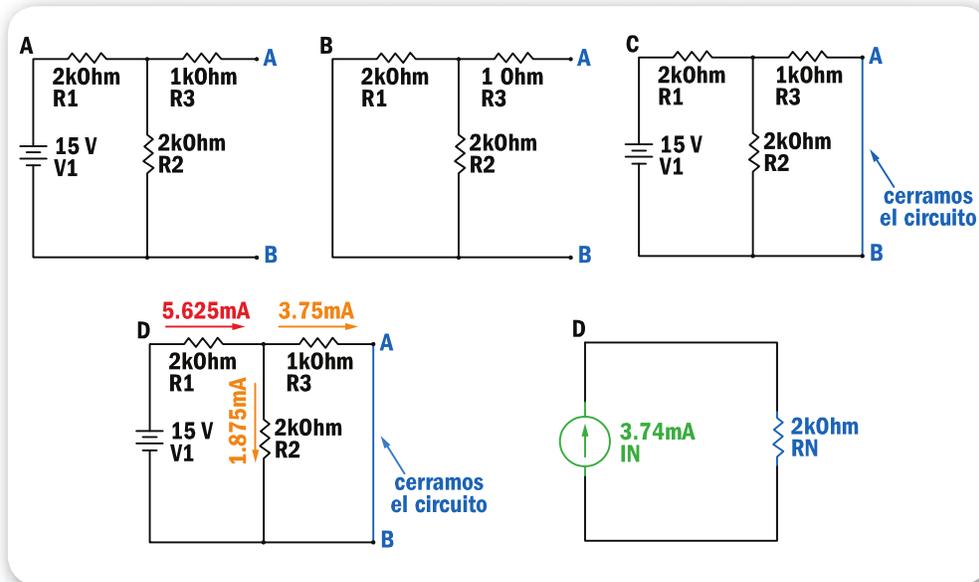


Figura 19. Un circuito equivalente Norton consta de una fuente de corriente con una resistencia en paralelo.

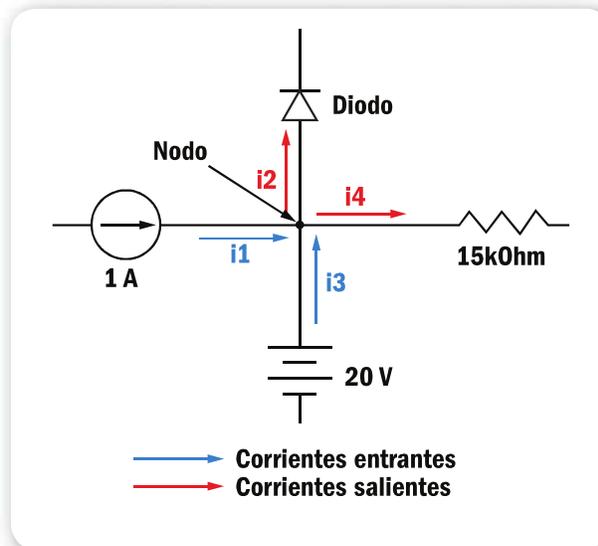


Figura 20. A las corrientes entrantes se les asigna signo positivo y, a las salientes, negativo.

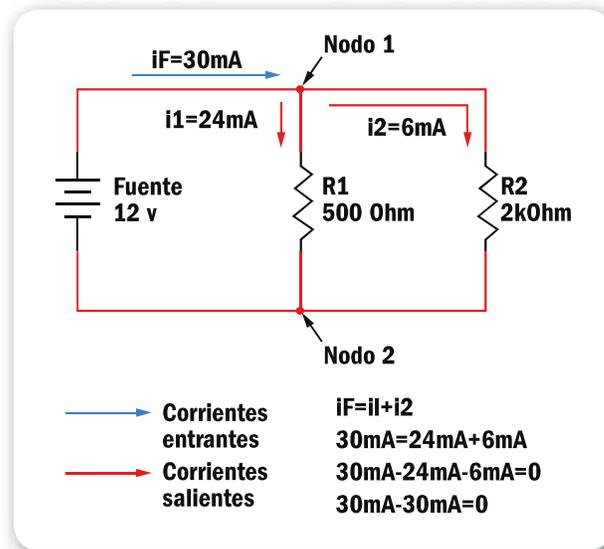


Figura 21. La suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de él.

Leds

Un **led** (por sus siglas en inglés *Light Emitting Diode*, *diodo emisor de luz*) es un componente electrónico que solo funciona si se polariza correctamente, es decir, si su polo positivo (ánodo) va al positivo de la fuente, y el negativo (cátodo), al negativo de la fuente.

Se utilizan como indicadores en aparatos electrónicos, por ejemplo, para mostrar al usuario cuándo está encendido un televisor. Además, por su bajo consumo de corriente y su gran tiempo de vida, es utilizado en iluminación en los focos que ahorran energía, para iluminar el hogar, en los de los automóviles, en el alumbrado público, etcétera.

La forma de identificarlos es:

- La patita más larga siempre va a ser el positivo o ánodo.
- La patita más corta es el negativo o cátodo; de ese lado, en la base del led, hay un lado plano que lo indica.
- Dentro del led, se pueden observar los filamentos; uno es más ancho que el otro. El ancho es el negativo y el delgado, el positivo.

Existen leds de varios colores, y cada color tiene un voltaje asociado, como: Rojo de bajo brillo (1.7 V), Rojo de alto brillo (1.9 V), Naranja y amarillo (2 V), Verde (2.1 V), Blanco brillante, verde y azul (3.4 V).

La corriente de funcionamiento es, por lo general, de 10 a 20 mA; nosotros siempre debemos tratar de tomar 10 mA como referencia.

A continuación, vamos a construir, paso a paso, un circuito básico con leds. Para llevarlo a cabo, necesitaremos: tres leds (si se tiene solo uno o dos, no hay problema), una batería de 9 V y una resistencia de 200 Ω , u otra que se le aproxime. Los leds serán entrelazados, así que no usaremos cables ni protoboard.

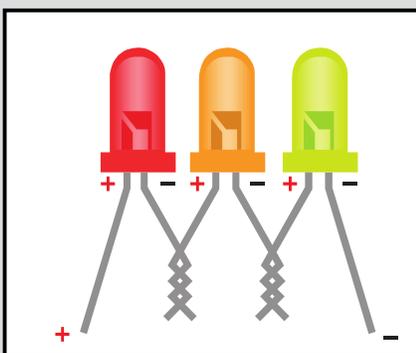
PAP: CIRCUITOS BÁSICOS CON LEDS



01 En primer lugar, identifique el polo positivo y el negativo de un led; el terminal más largo es el positivo, y el corto, el negativo.

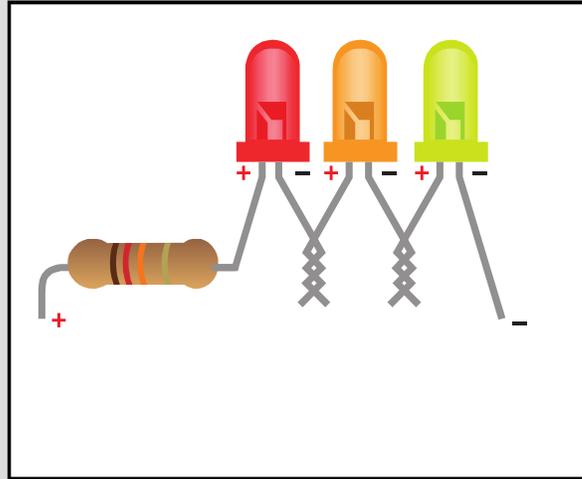


02 Entrelace los tres leds, teniendo cuidado de unir el polo positivo con el polo negativo en cada uno de ellos.

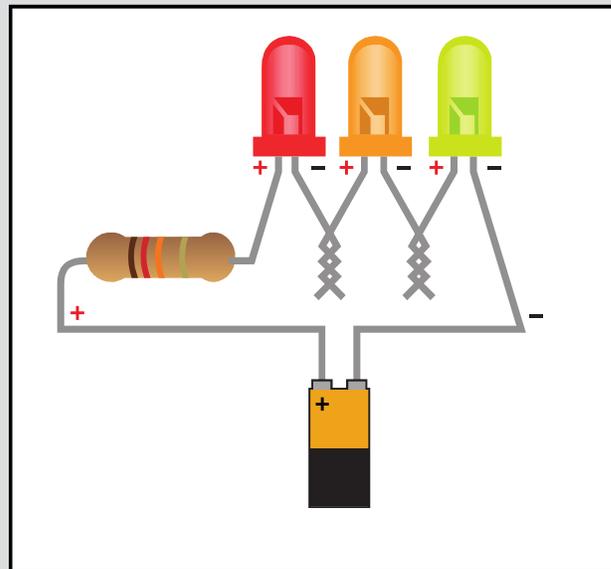


03

Entrelace la resistencia con la cadena de leds. Esta resistencia limitará la corriente para que no se quemen.

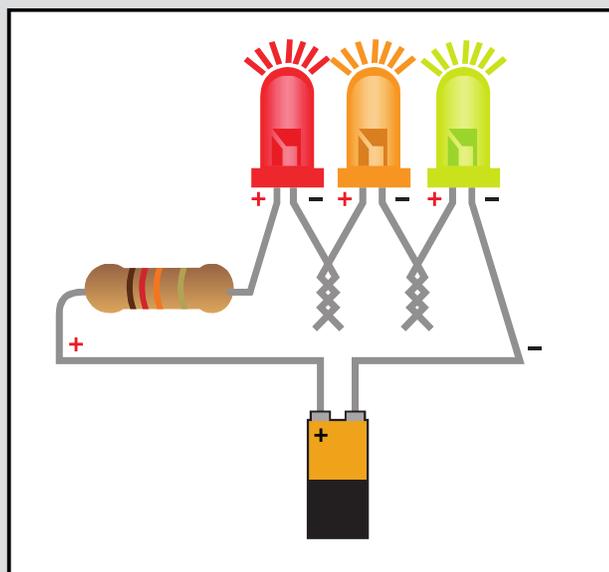
**04**

Conecte la batería de 9 V con la cadena de leds. No pierda de vista el positivo de la cadena.



05

Ahora, observe cómo se encienden los leds. Se trata de un circuito serie de leds.



RESUMEN



En este capítulo, accedimos a los conceptos de carga eléctrica, intensidad de corriente, tensión, potencia y energía, para comprender los principios básicos de todo circuito eléctrico. Repasamos las leyes que rigen estos circuitos y también pudimos conocer el funcionamiento de los resistores, capacitores e inductores, para llevar adelante cualquier proyecto de electrónica.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué es la **carga eléctrica** y cuál es su unidad de medida?
- 2 ¿Cómo se define la **intensidad de potencia**?
- 3 Explique el concepto de **tensión**.
- 4 ¿Qué es la **potencia** y cuántos tipos podemos encontrar en un circuito eléctrico?
- 5 ¿Qué es un **resistor** y cuál es su principal característica?
- 6 Explique la propiedad de la **resistividad** que poseen los elementos y cómo se los clasifica.
- 7 ¿Qué es un **capacitador** y cuál es su principal función?
- 8 Describa los dos tipos de **termistores**: NTC y PTC.
- 9 Describa las características de cada uno y las diferencias que existen entre los **circuitos serie, paralelo y mixto**.
- 10 Defina los conceptos de **voltaje, intensidad y resistencia**.



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



El laboratorio

El laboratorio es el espacio donde un técnico electrónico efectúa una gran variedad de pruebas y tareas de electrónica. Por este motivo, resulta imprescindible equiparlo con todo lo necesario, respetando las medidas de seguridad adecuadas para minimizar los posibles riesgos asociados a esta práctica. Veamos qué se necesita.

▼ Mesa de trabajo 132	Mediciones de formas de onda..... 151
Sobre la seguridad 133	
▼ Herramientas, elementos y accesorios 135	▼ El protoboard 154
Soldador y accesorios 136	Topología y accesorios 154
	Limitaciones 156
▼ Instrumentos analógicos y digitales 140	Alimentación y colocación de componentes 156
Instrumentos analógicos 141	Consejos útiles 161
Instrumentos digitales..... 143	▼ Resumen 161
El osciloscopio 146	▼ Actividades 162
Señales analógicas y digitales..... 149	



Mesa de trabajo

El ambiente de trabajo es de suma importancia para garantizar la comodidad para realizar tareas y minimizar los riesgos asociados a estas actividades. Por eso, debe ser, sobre todo, un espacio muy **bien iluminado**, más allá de la luz puntual ubicada sobre la mesa misma. Además, en el laboratorio debe haber una **adecuada ventilación** para

asegurarnos de poder eliminar las emanaciones producidas por los desengrasantes, las sustancias tóxicas, los productos químicos empleados en la fabricación de circuitos impresos y los compuestos de soldadura.

Para lograr una buena ventilación, una idea concreta es contar con **extractores** de aire que nos aseguren una renovación constante de oxígeno. Los **aires acondicionados** deben garantizar la circulación de aire renovado para que puedan ser utilizados. Asimismo, el piso del

ambiente debe ser de un **material aislante**.

El **banco** o mesa de trabajo de nuestro laboratorio debe tener una altura adecuada para la persona que trabaje en él. El estándar suele ser de 80 centímetros.

Considerando que manipularemos artefactos eléctricos, es conveniente que el banco sea de madera o de un **material bien aislante**. Se recomienda adherir, en toda su superficie, una lámina de goma lisa de un espesor de dos milímetros.

El banco debe ser muy robusto ya que, además de soportar que nos apoyemos sobre él, tendrá que aguantar el peso de los equipos de medición, herramientas y aparatos muy pesados que contengan

UN LABORATORIO
BIEN MONTADO
ES MÁS SEGURO Y
FACILITA TODAS
LAS TAREAS



DESCARGA A TIERRA



Es fundamental conectar a tierra todas las clavijas centrales de los tomacorrientes y de la pulsera de descarga estática. Si no disponemos de una conexión a tierra en la red domiciliaria, podemos utilizar una jabalina enterrada a una profundidad que dependerá de su lugar de residencia (debido a la humedad de la tierra), siguiendo las especificaciones del fabricante.

transformadores o baterías. En alguna de las paredes, podemos agregar un **estante** para colocar equipos y componentes sin necesidad de ocupar espacio de trabajo en la superficie de la mesa.



Figura 1. Algunos instrumentos de laboratorio son costosos y solo pueden encontrarse en las empresas especializadas.

Es muy importante contar con una **lámpara con lente de aumento** grande, de **brazo flexible**, para poder ajustar con la mano la posición exacta del circuito que necesitemos. Debemos proveerlo de al menos cuatro **tomacorrientes** de tres clavijas con conexión a tierra a cada lado del banco. Tampoco debe faltar un **interruptor térmico bipolar** para desconectar eléctricamente el banco en caso de ser necesario.

Sobre la seguridad

Cuando trabajamos en electrónica, estamos manipulando elementos que suelen requerir precauciones y cuidados, ya que pueden llegar a ser muy peligrosos. Si tomamos unos pocos recaudos, ya comenzamos a limitar las probabilidades de que nos ocurra algo grave.

El primero de los equipos de seguridad que debemos instalar en el taller es el **interruptor diferencial** o **disyuntor**. A pesar de tomar todas las medidas posibles para mantenernos aislados de tierra, existe una situación de extrema peligrosidad, que es nuestra conexión a la pulsera antiestática.

No olvidemos que esta pulsera nos conecta a tierra, todo lo contrario de lo que evitamos con el piso aislante de goma y los recaudos de aislamiento del banco de trabajo. En caso de que, por accidente, toquemos con nuestra mano el terminal positivo o “vivo” de la red de canalización, nuestro cuerpo quedará conectado directamente a la red eléctrica. Si bien el interruptor diferencial actuaría en consecuencia, sería preferible no llegar a esta situación. Para ello, tenemos que evitar colocarnos la **pulsera antiestática**, a menos que sea indispensable.

Una solución definitiva a este problema es aislar de la red eléctrica externa la totalidad del taller o, en su defecto, el banco de trabajo. Para ello, podemos colocar un **transformador** con relación 1:1 y de la potencia adecuada. Por ejemplo, si la tensión nominal es de 220 V (depende del país), el transformador deberá ser de 220 V de entrada y 220 V de salida, conectando esta última al banco de trabajo. Si tenemos previsto conectar aparatos de gran consumo, debemos emplear un transformador de una **potencia mínima** de 1 KVA (K: kilo; VA: voltio ampere) o superior.



Figura 2. Podemos conseguir muchos de los elementos para el taller de electrónica en prácticos kits o en forma separada.

Otro elemento de seguridad que no puede faltar es el **matafuego**. Este es indispensable para el potencial caso de que se produzca un **cortocircuito** que logre quemar algún material e iniciar un incendio. En este caso, se deberá utilizar un matafuego **clase A B C**, que permite extinguir fuego de origen eléctrico (que no puede apagarse con agua).

Como podemos suponer, el laboratorio es el espacio de trabajo en el que pasaremos gran parte del tiempo y, por eso, debemos mantenerlo en óptimas condiciones operativas, de higiene y de seguridad.

Herramientas, elementos y accesorios

El taller ideal se suele armar **progresivamente**. No es necesario realizar una gran compra de elementos, ya que muchos de ellos resultan costosos, y otros, si bien son más baratos, suelen ser muchos en cantidad y debe priorizarse su adquisición.

Las herramientas de taller tienen una gran durabilidad y muchas veces pasan de una generación a otra. Gracias a los **nuevos materiales** y a las bajas en los costos por la industrialización, se han hecho cada vez más accesibles. Veamos algunas de las herramientas más importantes:

- **Alicate**: el alicate común produce un corte en forma de “V” y está indicado para cortar cables o terminales gruesos. Tiene que ser de mango aislado, pero no necesariamente grueso, ya que no lo usaremos en líneas energizadas, sino en alambres de conexión sin energía domiciliaria.



LA RED ELÉCTRICA



Un tema para tener en cuenta es que la instalación domiciliaria donde estamos montando el laboratorio se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento. Como sabemos, es preciso contar con una buena cantidad de tomacorrientes en cada uno de los rincones del taller, para poder conectar varios dispositivos sin necesidad de alargues que podrían entorpecer el paso y la circulación de la gente.

- **Alicate de corte al ras:** es de particular importancia en el laboratorio y se utiliza para recortar los terminales sobrantes en las placas de circuito impreso. No debemos emplearlo para cables o terminales gruesos porque pueden dañar la hoja de corte.
- **Pinza de fuerza:** es una pinza convencional con mango aislado, utilizada para sujetar tuercas cuando montamos disipadores de calor y otros elementos.
- **Pinza de punta:** pueden ser de punta recta u oblicua y se emplean para sujetar componentes o doblar terminales, según sea necesario.
- **Pinza Bruselas:** pequeñas pinzas de punta para manipular diminutos componentes (por ejemplo, para introducir los alambres en un protoboard).
- **Destornilladores:** Recomendamos adquirir un kit de destornilladores pequeños, con punta plana y en cruz para electrónica.



Figura 3. El **alicate de corte al ras** puede ayudar a darles una terminación más prolija a las plaquetas, dado que una parte de su filo no posee ángulo.

Aunque pueden parecer evidentes algunos usos, la experiencia práctica de tantos años con la electrónica nos ha llevado a la conclusión de que muchos errores se cometen por el uso inadecuado de las herramientas.

Soldador y accesorios

El **soldador** es fundamental para los trabajos electrónicos, ya que todas las conexiones se unen por medio de una aleación de estaño y plomo, o una soldadura libre de plomo. Recomendamos un **soldador del tipo lápiz** de 35 o 40 watts de potencia, porque

resulta suficiente para la mayoría de los trabajos de soldadura de componentes y partes. Es importante el uso de un soporte para poder depositarlo sin riesgos sobre el banco cuando está caliente. Algunos soportes, además, cuentan con una espuma de limpieza renovable para la punta del soldador.

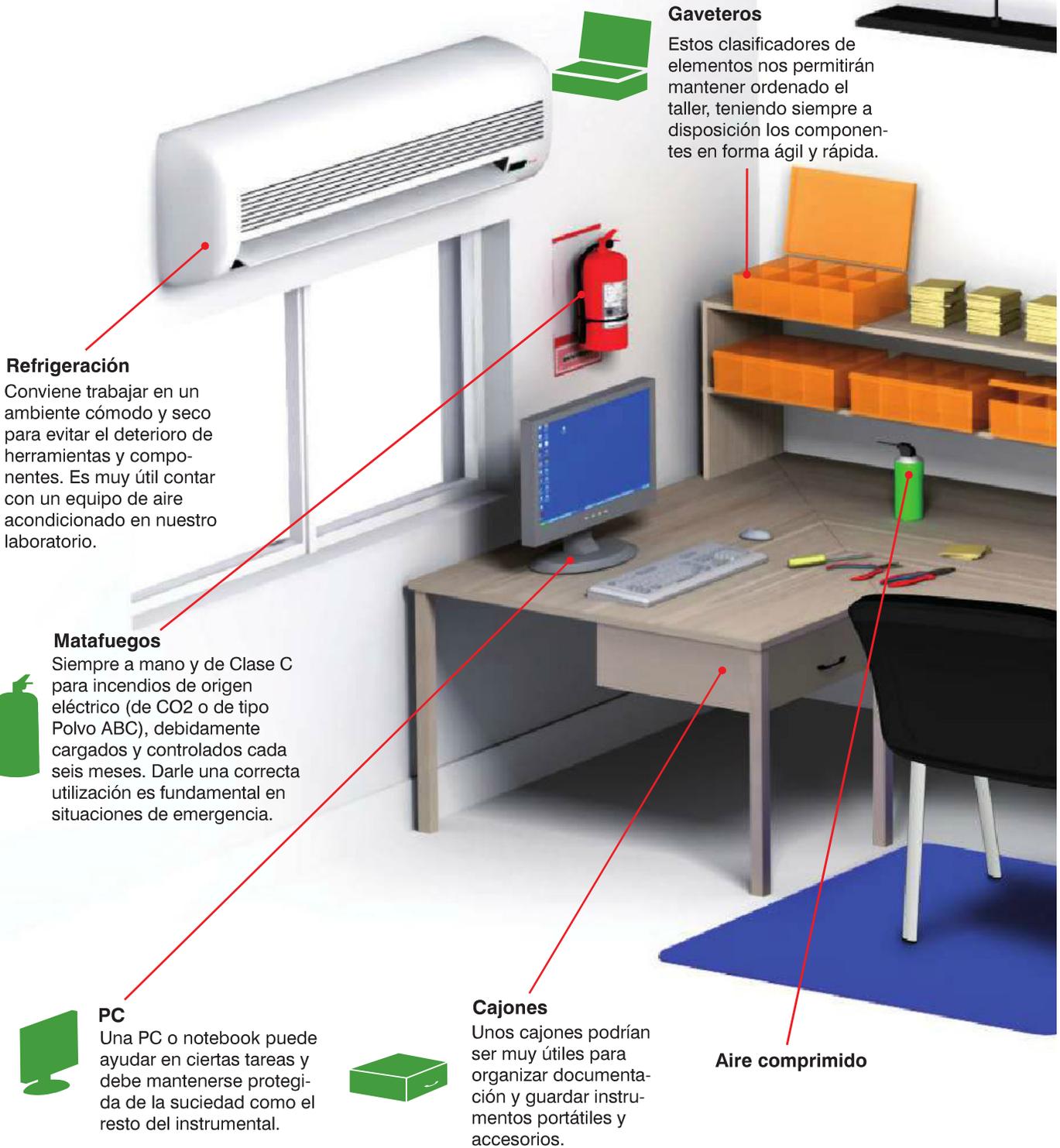
El **estaño** o soldante es un alambre de un diámetro de entre 0.5 mm y 1 mm, compuesto de una aleación de 60% de plomo y 40% de estaño. Además, en su núcleo cuenta con una pasta a base de **resina natural**, que ayuda a la soldadura.



Figura 4. Un kit de soldadura completo consta, además del soldador, de otros elementos, como cinta para desoldar, base de apoyo, etcétera.

Existe, además, una pasta para soldar llamada **flux**, un compuesto en forma de pasta o líquido, que ayuda a soldar/desoldar. Es ampliamente utilizado en la soldadura de componentes **SMD (Surface Mount Device)**.

Otro elemento más específico es la **bomba succionadora de estaño**, una pequeña bomba de vacío que, en el momento de dispararla sobre la soldadura caliente, la aspira y la remueve. Por último, la **cinta desoldante** es una malla o entretejido de hilos de cobre muy delgados, tratados con un producto similar a la pasta para soldar.

LABORATORIO DE TRABAJO**Refrigeración**

Conviene trabajar en un ambiente cómodo y seco para evitar el deterioro de herramientas y componentes. Es muy útil contar con un equipo de aire acondicionado en nuestro laboratorio.

Matafuegos

Siempre a mano y de Clase C para incendios de origen eléctrico (de CO₂ o de tipo Polvo ABC), debidamente cargados y controlados cada seis meses. Darle una correcta utilización es fundamental en situaciones de emergencia.

Gaveteros

Estos clasificadores de elementos nos permitirán mantener ordenado el taller, teniendo siempre a disposición los componentes en forma ágil y rápida.

PC

Una PC o notebook puede ayudar en ciertas tareas y debe mantenerse protegida de la suciedad como el resto del instrumental.

Cajones

Unos cajones podrían ser muy útiles para organizar documentación y guardar instrumentos portátiles y accesorios.

Aire comprimido

Iluminación

Una correcta iluminación es imprescindible para las tareas de precisión. Se recomiendan las lámparas especiales para este tipo de interiores.

Lupa articulada

Muy útil para tareas de soldado through-hole y superficial. Se utiliza para observar el estado final de las soldaduras y para facilitar las maniobras sobre los diferentes circuitos electrónicos.

Plaquetas vírgenes**Percloruro férrico****Disyuntor**

Es imprescindible contar con un disyuntor en la entrada de la casa y, al menos, un interruptor termo-magnético individual, en la sección del taller, para trabajar con riesgo mínimo. El dimensionado debe realizarlo personal matriculado.

Jabalina a tierra**Flux****Silla**

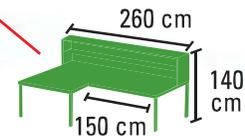
La silla debe ser cómoda. En general no se utilizará para reclinarsse hacia atras sino para inclinarse sobre la mesa.

Tomacorrientes

Se necesitan una puesta a tierra general en buen estado y tomacorrientes de 3 bocas en la instalación. Las zapatillas se ubicarán de manera que permitan fácil acceso, evitando cruces de cables.

Mesa de trabajo

Cómoda, amplia, limpia y ordenada. Siempre de madera o de material aislante y, mucho mejor, si posee estantes. Debe estar bien iluminada y en lo posible estar ubicada cerca de una ventana.



Instrumentos analógicos y digitales

Tomar una medida es comparar dos cantidades de una determinada **magnitud física**. Para esto, contamos con instrumentos digitales o analógicos. Los primeros son aquellos en los que la indicación aparece en forma numérica. En los segundos, la indicación resulta de relacionar **la posición de un índice** respecto de una escala graduada.

Lo que diferencia un instrumento analógico de uno digital son los procesos que se realizan en la adquisición de la señal por medir. Para el caso de estos últimos, los procedimientos involucran técnicas de **conversión analógico-digital** de la señal de entrada.

Los instrumentos analógicos fueron los primeros en aparecer y tienen algunas limitaciones frente a las soluciones digitales. Los instrumentos digitales, por su parte, son dispositivos que convierten la entrada en **pasos discretos de señal** y, mediante técnicas digitales, logran mejores prestaciones.



Figura 5. Aquí podemos ver el uso de un instrumento de medición analógico.

Instrumentos analógicos

La presencia de una escala graduada y de un índice o **aguja** para la indicación de resultados son datos más que suficientes para reconocer, en forma inmediata, un instrumento analógico. El corazón de todo instrumento de medición analógico en continua es el imán permanente y la bobina móvil, lo que se conoce como **D'Arsonval**.

Los analógicos son instrumentos en los que se establece un campo magnético en el espacio existente (entrehierro) entre la **bobina móvil** y el **imán permanente**.

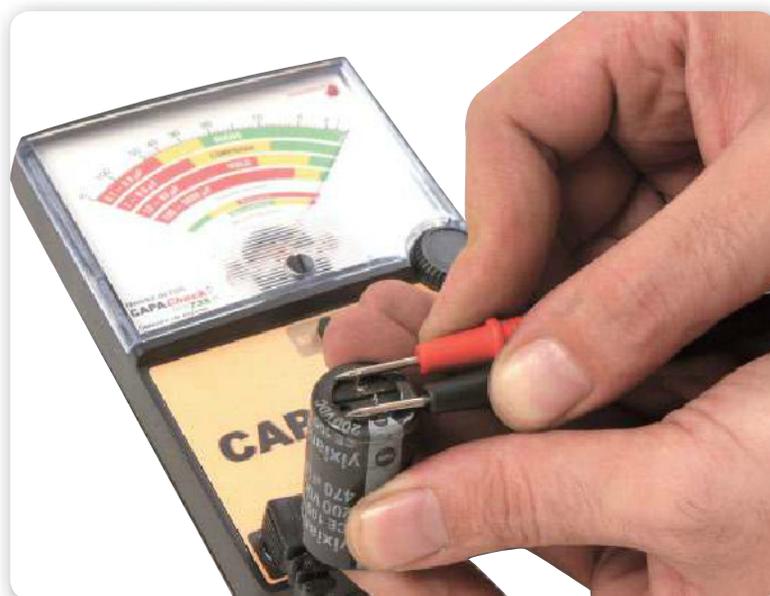


Figura 6. Los instrumentos analógicos son precisos, pero debemos saber que siempre habrá un margen de error en la medición.

Pasemos a describir cómo se utiliza en los voltímetros analógicos el instrumento de D'Arsonval como núcleo. Si llamamos **I_m** a la intensidad de corriente máxima que circula por la bobina del



CONSEJO PARA INSTRUMENTOS ANALÓGICOS



Siempre conviene medir lo más próximo posible al fondo de escala para que el error relativo tenga menor peso. El error relativo mínimo que podemos obtener es aquel que se comete cuando se mide a fondo de escala. Tal valor coincide con el valor del índice de clase C.

galvanómetro y **R_g** a la **resistencia eléctrica** que presenta dicha bobina, al aplicar la **Ley de Ohm**, podemos determinar el alcance de tensión **U_m** del instrumento básico.

Se denomina **alcance de un instrumento** al máximo valor de medida —valor de fondo de escala— que puede indicar, según una determinada configuración. Ahora bien, ¿qué pasaría si necesitáramos realizar medidas de tensiones mayores a las que permite el instrumento básico de D'Arsonval? Para resolver esto, es necesario intercalar otra resistencia **R_s** (denominada **resistencia multiplicadora**) en serie con la bobina. También tendremos que aplicar una tensión **U_s** mayor, para establecer una corriente **I_m** que produzca la misma deflexión del índice. De este modo, habremos cambiado el alcance de tensión del instrumento de **U_m** a **U_s**.

Cuando se habla de cifra en **Ω/Volt**, se hace referencia a la indicación de la sensibilidad del instrumento. Recordemos que **I_m** es la intensidad de corriente máxima admisible por el instrumento de D'Arsonval. Para el voltímetro, se cumple la siguiente ecuación:

$$I_m = U_m / R_g = U_s / R_i = \text{cte}$$

donde **R_i** es la resistencia interna del voltímetro para un determinado alcance. Llamaremos resistencia interna de un voltímetro a la suma de las resistencias **R_s** (multiplicadora) y **R_g** (del devanado de la bobina): **R_i = R_s + R_g**.

Al cociente **R_i / U_s** se lo denomina cifra en **Ω/Volt** y es una indicación de la sensibilidad del instrumento. A mayor cifra en **Ω/Volt**, estaremos en presencia de un instrumento de mayor calidad. Un razonamiento similar al anterior se emplea para utilizar el instrumento de D'Arsonval como amperímetro de distintos alcances.



SOBRE LA RESOLUCIÓN



La resolución es el valor que puede representar el bit menos significativo. Este parámetro está directamente relacionado con el tipo de conversor A/D, casi siempre de 12 bits. Con 12 bits, podemos convertir una señal analógica en otra de 4096 pasos discretos. Este valor no es trivial, ya que está en concordancia con la resolución de un multímetro de 3 ½ dígitos.

En estos casos, se hace uso de una **resistencia derivadora shunt** (denominada **resistencia de shunt**) en paralelo con el instrumento básico, conformando un divisor de corriente.

Ante la excitación de una corriente I_s , la resistencia derivadora shunt se elige de manera tal que, a través de la bobina de resistencia R_g , circule I_m , por la simple aplicación de la Ley de Ohm.

Otro índice o parámetro de fabricación característico de los instrumentos analógicos es el denominado **índice de clase C**, el cual nos permite calcular el **error intrínseco (Ei)** del instrumento. Se define así al error propio del instrumento, que se comete sistemáticamente por la utilización de este en la obtención de una medida. Dado el índice de clase C, el error intrínseco del instrumento se obtiene al despejar la siguiente ecuación: $E_i = C \times (\text{valor de fondo de escala})$.

CON EL MULTÍMETRO
SE PUEDEN REALIZAR
LA MAYORÍA DE
LAS MEDICIONES

Instrumentos digitales

Todo instrumento digital se caracteriza por incluir una etapa de **conversión y digitalización** de la señal analógica de entrada. Los conversores A/D (Analógicos/Digitales) son dispositivos que dividen la amplitud de una señal de tensión analógica en **pasos discretos**.

Figura 7. Un multímetro digital permite realizar la mayoría de las mediciones necesarias en la práctica: medidas de tensión AC y DC, corriente AC y DC, capacidad, resistencia y comprobación de continuidad.



Una característica importante de los instrumentos digitales tiene que ver con el número de dígitos que utilizan para la presentación de la medida. Un multímetro típico es del tipo **3 ½ dígitos**, es decir, cuenta con **cuatro dígitos** para la visualización de resultados. Los tres últimos podrán tomar cualquier valor entre 0 y 9.

La indicación de ½ hace referencia al cuarto, el más significativo, que no puede tomar cualquier valor: solo 0 o 1. Así, la indicación máxima del instrumento será el valor **1999**. Para el alcance de **2 V**, la **máxima representación** posible en pantalla será 1.999. De esta manera, cada alcance aprovecha los dígitos al máximo. Corre la coma para presentar los valores decimales necesarios y destina el dígito más importante para la cifra más significativa del alcance.

Por lo general, el error intrínseco de los aparatos digitales se expresa de la siguiente manera:

$$E_i = \pm (p \times V_{\text{medido}} + m \text{ dígitos}).$$

Aquí, **p** es un porcentaje del valor medido y **m** es una cantidad de dígitos de los menos significativos. Ambos forman parte de las especificaciones técnicas de los instrumentos. Como el término correspondiente a los **m** dígitos es una parte constante del error, su peso relativo al valor medido irá decreciendo a medida que lo aumentemos (es decir, nos acerquemos al **fondo de escala**). Al igual que para los instrumentos analógicos, siempre conviene medir valores cercanos al máximo del rango o **alcance** del instrumento.

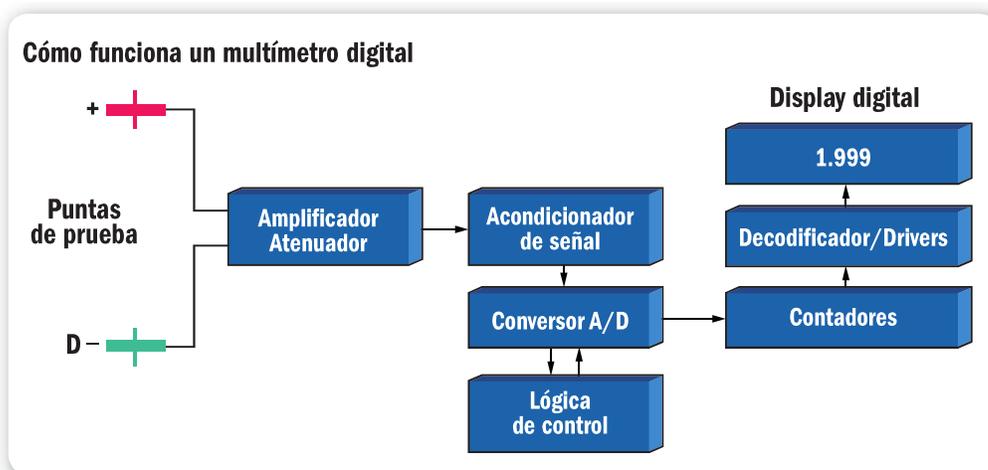


Figura 8. Esquema constructivo interno de un multímetro digital. Observamos todas las etapas involucradas hasta la visualización de la medida en el display numérico.

Denominamos **multímetro** a aquel instrumento que nos permite configurarlo como voltímetro, amperímetro y óhmetro (instrumento de medición de valores de resistencia). Las versiones digitales incorporan funciones de capacímetro, frecuencímetro (hasta 20 KHz), de medición de **hfe** (ganancia), de transistores y de termocuplas, para medir temperaturas sobre superficies.

Podemos destacar que con multímetros digitales podremos realizar medidas de señales alternas que se ajusten a los alcances del instrumento. Algunos multímetros más completos incorporan la función **autorango**, es decir, el instrumento selecciona automáticamente el rango, sin necesidad de intervención de la persona.

Un multímetro digital está formado por distintos **bloques funcionales** que conforman las etapas de tratamiento de la señal por medir. La primera etapa está compuesta por un **amplificador atenuador** construido a partir de amplificadores operacionales. Además, el bloque atenuador proporciona una elevada resistencia de entrada, para minimizar el error de inserción en las medidas de voltaje.

El bloque siguiente corresponde a un **acondicionador de señal**, que adapta la salida del amplificador atenuador al rango de trabajo del **convertor A/D** (por lo general, de 12 bits y del tipo **dobles rampa**). Para mediciones de alterna, se deriva la entrada a circuitos rectificadores que convierten la señal a un valor de continua. Lo que resta, simplemente, es la **etapa de procesamiento** de la salida digital del convertor A/D, que permite la visualización del resultado en el **display numérico**.

MEDIR ES
COMPARAR
CANTIDADES DE
UNA DETERMINADA
MAGNITUD



INSTRUMENTO DE D'ARSONVAL



El instrumento de D'Arsonval es, en esencia, un miliamperímetro, y su indicación es sensible al valor medio de la corriente que circula por su bobina. Al ejercer una cupla antagónica de igual magnitud a la de la excitación, se consigue detener el índice sobre la escala graduada, haciendo posible la observación de la medida.

El osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento que permite reproducir, en forma gráfica, las **variaciones de señales** de tensión a través del tiempo, en una pantalla. De este modo, es posible analizar con gran detalle las distintas formas de onda y comprender el funcionamiento de un circuito. Este elemento es una herramienta esencial en cualquier laboratorio o taller de electrónica.

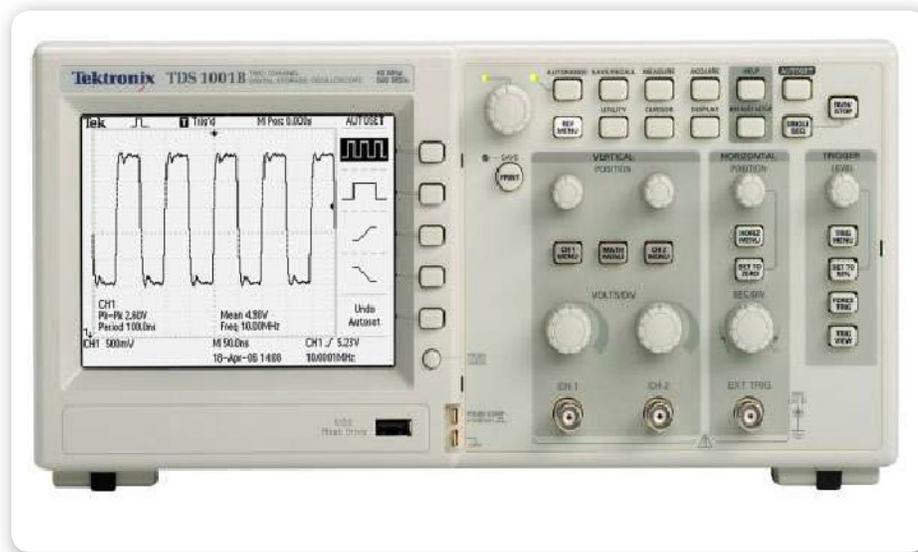


Figura 9. El osciloscopio de rayos catódicos es un instrumento muy utilizado en electrónica.

Mediciones con osciloscopio

El concepto básico de este instrumento es que representa formas de onda en dos dimensiones. El eje vertical **–eje Y–** se usa en general para representar la tensión de entrada, mientras que el horizontal **–eje X–** se emplea usualmente como eje de tiempo. Así, tendremos en pantalla una representación temporal de la señal de tensión aplicada a la entrada. En los osciloscopios duales y en los multicanales, es factible representar dos o más señales en pantalla en forma simultánea, lo que resulta práctico para comparar distintas formas de onda y analizar su interacción.

Aunque la representación temporal de formas de onda es la aplicación más común de los osciloscopios, también es posible representar de manera gráfica el comportamiento de una variable respecto de otra, o funciones paramétricas.

Existen diferentes tipos: los analógicos y los digitales. A su vez, dentro de estos, tenemos subcategorías como, por ejemplo, los **osciloscopios persistencia** y los **osciloscopios muestreo**.



Figura 10. DSO de BK Precision. Las altas prestaciones de estos osciloscopios los hacen apropiados para laboratorios de electrónica o talleres de reparación.

Osciloscopio analógico

Utiliza el principio de deflexión electrostática de un haz de electrones para crear las gráficas en un **tubo de rayos catódicos (TRC)**. Aquí, las tensiones aplicadas a las **placas deflectoras X e Y** producen un punto que se mueve en la pantalla. En el **eje horizontal**, esto es controlado por una base de tiempos, mientras que, en el eje vertical, la deflexión es proporcional a la amplitud de la señal de entrada.

EL OSCILOSCOPIO
REPRODUCE
LAS VARIACIONES
DE SEÑALES
DE TENSIÓN

De almacenamiento digital y de fósforo

Un osciloscopio de **almacenamiento digital (DSO)** es la forma convencional de los osciloscopios digitales y emplea pantallas del tipo **ráster**, como las usadas en los monitores de PC para representar las

gráficas. El equipo convierte la señal de entrada a un formato digital, por medio de técnicas de conversión analógico-digital, para luego guardar esta información y procesar la señal. La desventaja reside en la velocidad de esa conversión.

Por su parte, el osciloscopio de **fósforo digital (DPO)**, con poco más de una década en el mercado, es una variación muy versátil del DSO, pues utiliza una arquitectura de procesamiento en paralelo que permite analizar señales imposibles de detectar con un DSO.



Figura 11. Punta de prueba. En el cuerpo de la punta, se encuentra el potenciómetro de calibración y el selector de atenuación x1-x10.

Ancho de banda

En un osciloscopio analógico, la respuesta en frecuencia del amplificador vertical ocasiona una atenuación gradual de las señales



OSCILOSCOPIO DE MUESTREO



Es un instrumento utilizado para analizar señales periódicas de muy alta frecuencia. Esto es factible a través de un circuito especial que toma una muestra de la señal periódica en distintos puntos distribuidos a través de muchos períodos. De esta forma, las señales bajo análisis pueden llegar a frecuencias de hasta 50 GHz o más.

de alta frecuencia. Por ejemplo, un osciloscopio de 20 MHz puede visualizar correctamente una señal **senoidal** de 20 MHz y también puede mostrar señales de mayor frecuencia, pero estas últimas serán atenuadas por el amplificador vertical del osciloscopio.

En el caso de un osciloscopio digital, existe una frecuencia de muestreo que es la que determina la cantidad de muestras de la señal que el osciloscopio toma para reconstruirla. El fabricante especifica, además, el **ancho de banda**, de forma similar al osciloscopio analógico. Para poder visualizar de manera correcta una señal, debemos garantizar que sus componentes más importantes entren en el ancho de banda que puede mostrar el osciloscopio.

Disparo

La base de tiempos debe sincronizarse con la señal por visualizar para que siempre arranque la visualización en el mismo instante. Para esto, el osciloscopio incorpora un **circuito de comparación**, que genera un **pulso de sincronismo** interno basado en la observación del nivel de la señal y el sentido (ascendente o descendente) en el que lo cruza.

Esta comparación puede hacerse, además, con una señal externa. Existen, también, otros modos de trabajo en los que se fuerza un disparo aun sin señal, para ver señales sin variaciones, o se lo demora por un cierto tiempo, para evitar **redisparos** no deseados en señales complejas.

Señales analógicas y digitales

Los osciloscopios digitales tienen características que ayudan a la interpretación de la señal, tal como la indicación automática de la frecuencia y el nivel de tensión de la señal mostrada. Primero, debemos



COMPARACIONES CON EL OSCILOSCOPIO



Es posible utilizar el osciloscopio para analizar distintas formas de onda individualmente o también para observar y comparar dos o más y ver el modo en el que interactúan entre sí. Por ejemplo, podemos analizar dos formas de onda senoidales aplicadas a ambos canales del osciloscopio e investigar sus relaciones de fase y frecuencia a través de las figuras de Lissajous.

observar cómo está configurada la pantalla del instrumento. Se ve que está dividida, formando una **retícula** de 10 x 8 cm, con dos ejes centrales subdivididos cada 2 mm.

Los circuitos internos del osciloscopio están calibrados de manera tal que la representación gráfica de la amplitud y el tiempo de la señal en pantalla pueden **leerse directamente** a través de la retícula, contando simplemente la cantidad de divisiones que ocupa. Esto es posible porque los mandos de amplitud (**eje vertical**) y base de tiempos (**eje horizontal**) están ajustados a ganancias prefijadas, relativas a cada división. Están expresadas en V por división (**V/div**) y en segundos por división (**s/div**), respectivamente.

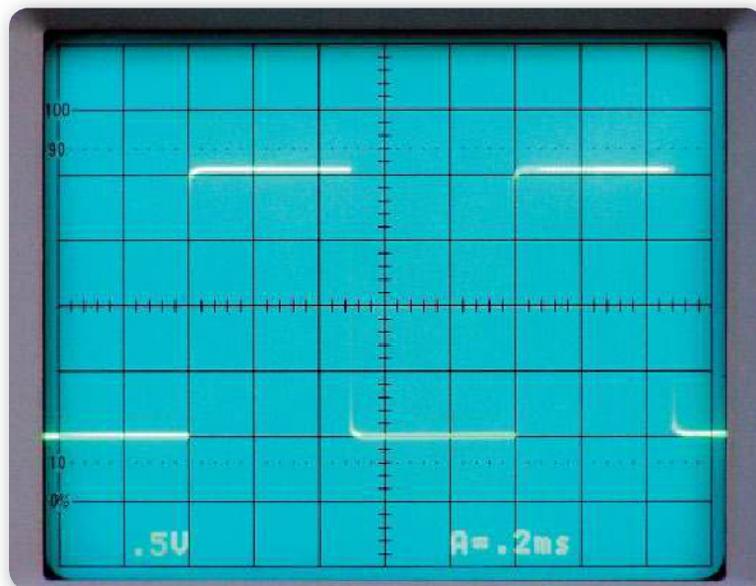


Figura 12. Los circuitos internos del osciloscopio están calibrados para que la gráfica mostrada se interprete según las divisiones y marcas de la pantalla.

Algunos osciloscopios incluyen, también, en uno de los costados de la pantalla, una escala expresada en porcentaje. Estas marcas facilitan una lectura directa del tiempo de los flancos de subida y bajada de una determinada señal. Recordemos que estos parámetros se miden, justamente, entre el 10% y el 90% del valor pico a pico de la señal. Entonces, si ajustamos la amplitud de la señal para que su valor pico a pico coincida con las marcas **0%** y **100%**, podremos obtener una lectura del tiempo de dichos parámetros de manera directa.

Mediciones de formas de onda

Toda señal que se repite en el tiempo es **periódica**. Posee parámetros que la definen y que son inherentes a su naturaleza: la amplitud, la frecuencia o el período y su fase. Veamos cada una de ellas.

Amplitud: es la diferencia entre el valor máximo de la señal (**positivo** o **negativo**) y el valor tomado como referencia (**masa del circuito**). Su unidad es el voltio (V) o el ampere (A), dependiendo de si estamos analizando formas de onda de tensión o de corriente, respectivamente.

Período y frecuencia: la frecuencia de una señal se expresa con la letra **f** y la unidad que la representa es el hertz (Hz). Indica la **cantidad de ciclos** u oscilaciones de una señal periódica que ocurren en un intervalo de tiempo de un segundo. El período se expresa con la letra **T**, y su unidad es el segundo (s). Existe una relación unívoca entre ambos parámetros: la frecuencia es la inversa del período.

Fase: este parámetro se define para señales periódicas, en donde un ciclo completo de la señal corresponde a 360° (**deg**) o **2 radianes (rad)**. La fase de una señal en un determinado instante es la fracción de ciclo transcurrido desde su inicio.

Para realizar mediciones de tensión, primero ajustamos la **posición vertical** del canal hasta que el piso o el techo de la señal coincidan con alguna división horizontal de la retícula, y luego contamos cuántas divisiones verticales ocupa. Multiplicamos este valor por el **valor de ganancia** del canal seleccionado y obtenemos, así, el valor de tensión pico a pico de la señal. En este caso, la señal ocupa 4 divisiones verticales exactas y, como la ganancia del canal está en 0,5 V/div, tenemos:

$$V = 4 \text{ div} * 0,5 \text{ V/div} = 2 \text{ volt}$$

Para medir la frecuencia, procedemos de forma similar a la medición de tensión. Ajustamos la **posición horizontal** del canal hasta que uno de los flancos (puede ser el ascendente o el descendente) coincida con alguna división vertical de la retícula.

Luego contamos cuántas divisiones horizontales ocupa un período de la señal. Multiplicamos este valor por la **base de tiempo** seleccionada y obtenemos, así, el período:

$$T = 5 \text{ div} * 0,2 \text{ ms/div} = 1 \text{ ms} \Rightarrow 1/T = 1000 \text{ 1/s} = 1 \text{ kHz.}$$

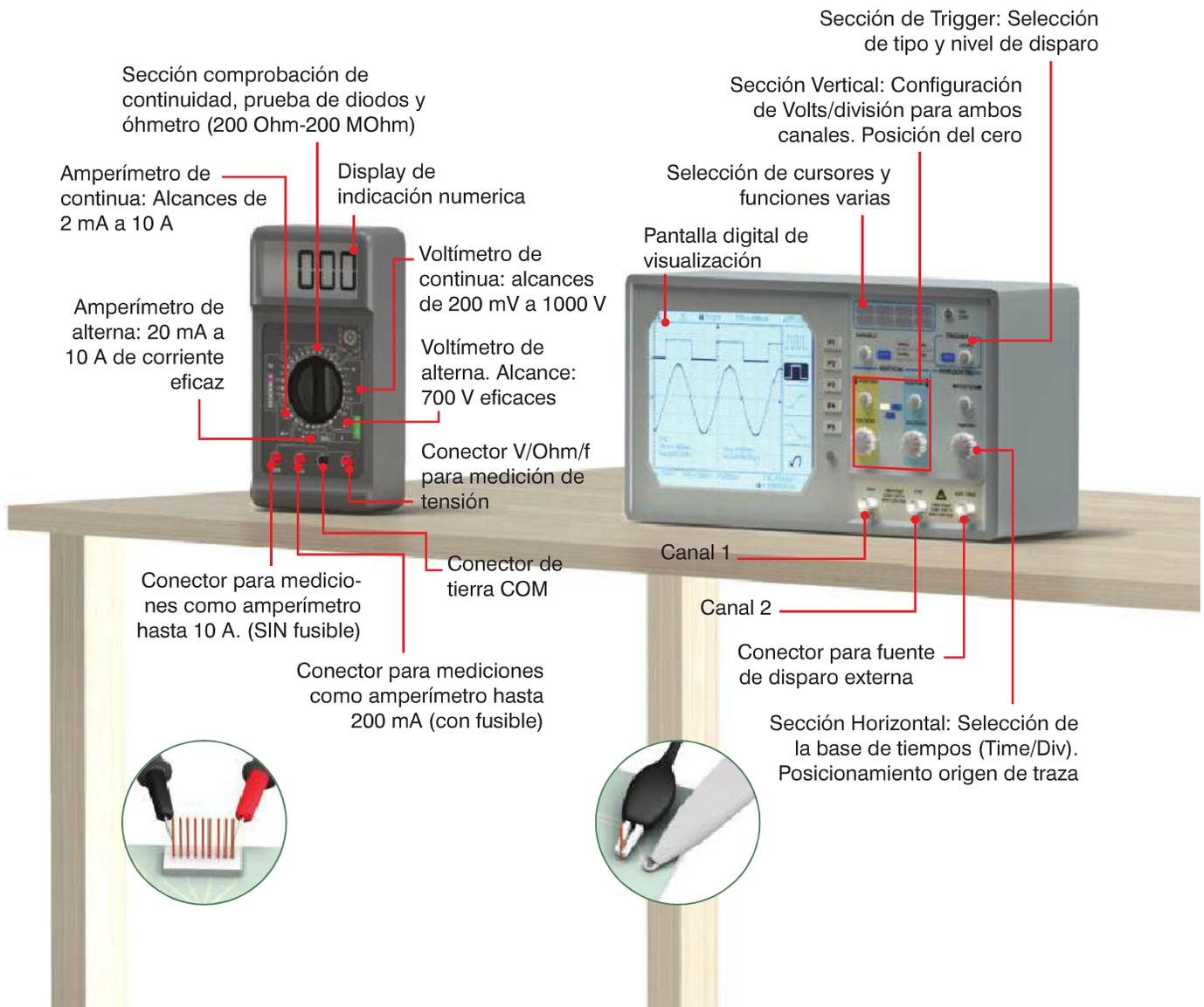
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

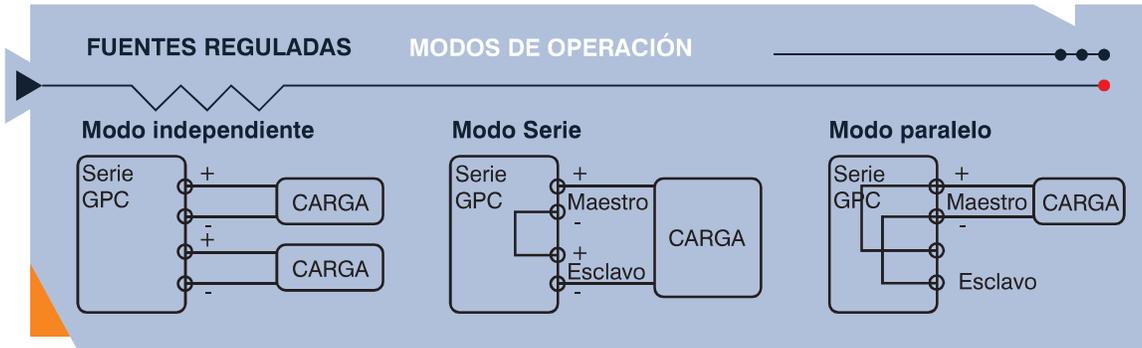
Tester digital o multímetro

Permite realizar las medidas más habituales, en alterna y en continua, con exactitud. Es posible medir diferencias de tensión, intensidad de corriente, resistencia y comprobar continuidad eléctrica. Incorpora funciones de prueba de diodos, capacitómetros y medición de ganancia hfe de transistores bipolares.

Osciloscopio digital

Instrumento indispensable en la mesa de trabajo profesional. Los canales de medición son sensibles a las variaciones de niveles de tensión en un circuito. Nos permitirán analizar en forma directa, forma de onda, amplitud y frecuencia de señales periódicas. Visualiza con excelente resolución señales de aparición transitoria y, mediante la utilización de memoria y cursores, se mejora la calidad de las mediciones.



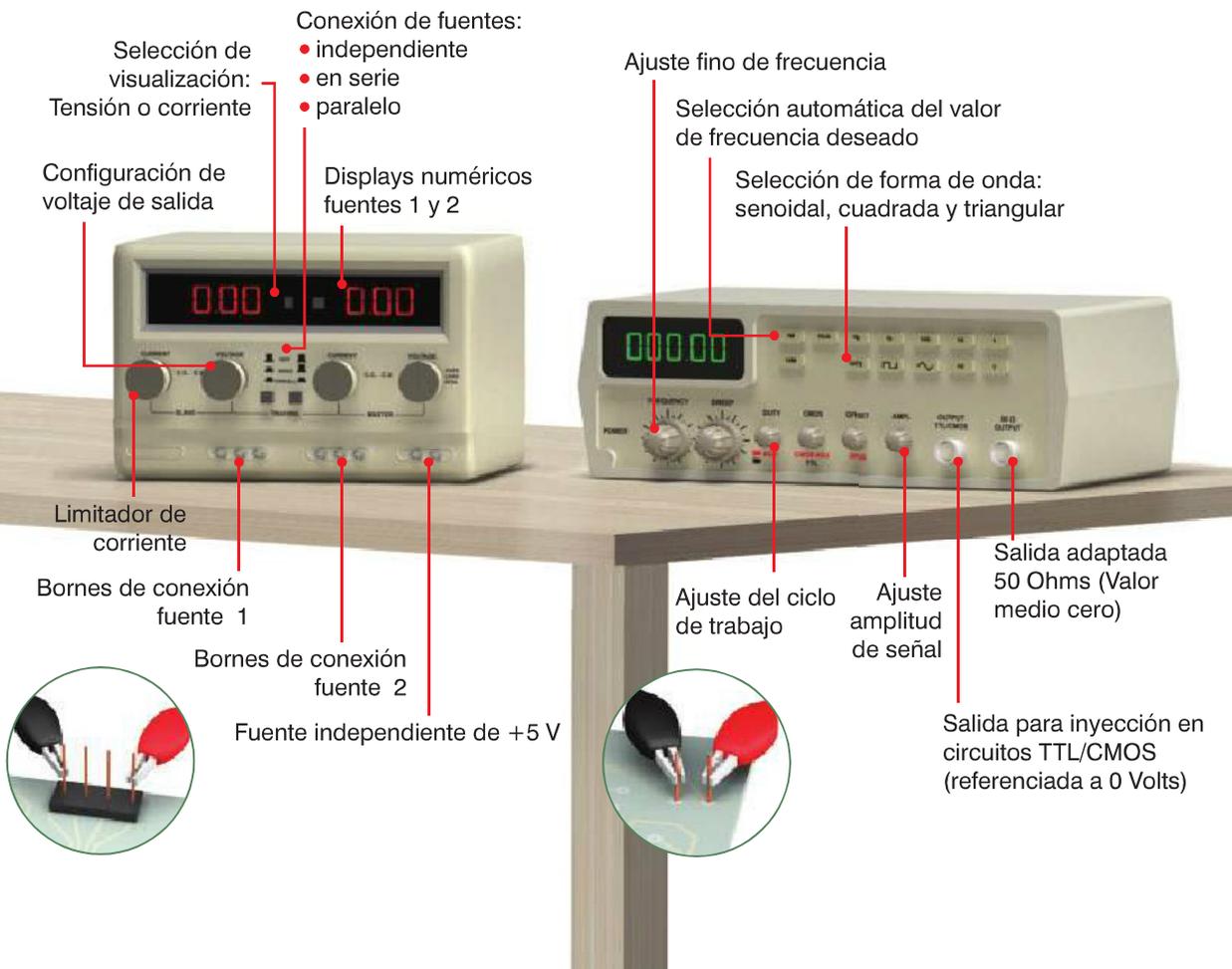


Fuente variable regulada

Instrumento que se utiliza para la prueba y excitación de circuitos de continua. En general estos instrumentos, nos brindan tensiones de trabajo de +5 V, +12 V y una fuente continua de 0 a 25 V con salidas desde 5 hasta 10 A. Poseen sistemas de limitación de corriente. Si aumenta la corriente hasta el límite configurado, la fuente cortará automáticamente.

Generador de señales

Fuente de señales de distintas formas de onda, amplitud, frecuencia y ciclo de trabajo. Nos permite excitar circuitos de prueba de manera sencilla, sin la necesidad de construir un circuito oscilador.



El protoboard

El **protoboard** es básicamente una **placa plástica** con orificios metalizados y conexiones eléctricas preestablecidas, que se utiliza como banco de pruebas para la realización de circuitos electrónicos sencillos.

Es muy económica y se consigue en casi cualquier casa de electrónica. Su principal ventaja es que **no requiere de soldaduras** para interconectar los componentes, los cuales simplemente se insertan en los orificios para tal fin.

La disposición de sus conexiones internas hace posible el montaje de cualquier circuito.

EL PROTOBOARD
ES ÚTIL PARA
MONTAR
PROTOTIPOS FÁCIL
Y RÁPIDAMENTE

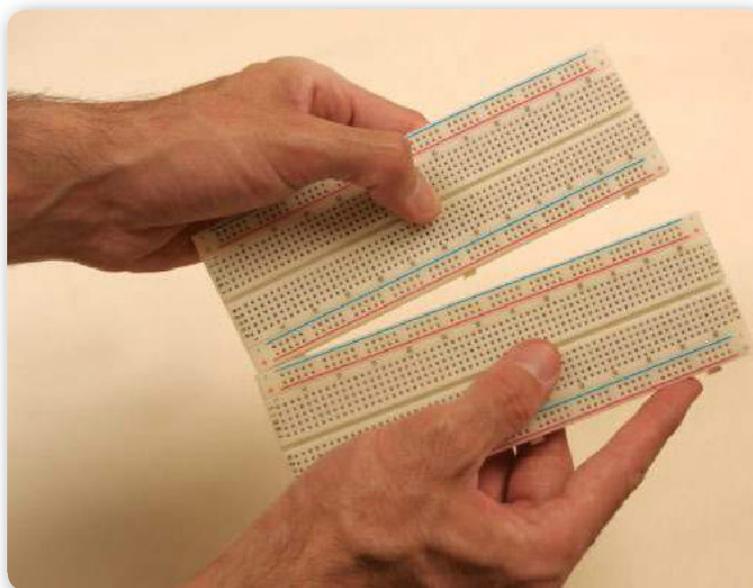


Figura 13. El protoboard de tamaño estándar. Son 62 columnas, cada una con dos secciones de orificios (de A a E y de F a G).

Topología y accesorios

El espaciado de los orificios de la tarjeta que conforma el protoboard es generalmente de 2,54 mm, una medida estándar. Podemos distinguir en el protoboard **seis secciones** de orificios separadas entre sí por un material aislante. La 1 y la 5, marcadas en rojo, tienen continuidad

horizontal (conforman eléctricamente el mismo sustrato) y se emplean como una de las líneas de alimentación del circuito (**Vcc**).

Por lo general, se conectan entre sí en forma externa para disponer de ellas a ambos lados de la tarjeta, al igual que las secciones 2 y 6, marcadas en azul, que constituyen la otra línea de alimentación, es decir, la **masa circuital** o retorno de corriente. Por otra parte, las secciones 3 y 4 están compuestas por columnas de cinco orificios cada una y poseen continuidad vertical; hacen posible, así, la formación de nodos en el circuito. Cada columna se encuentra **eléctricamente aislada** de las columnas adyacentes.

El **canal** o surco central del protoboard se utiliza para insertar los circuitos integrados con encapsulado tipo **DIP (Dual In-line Package)**, cuya separación de pines es justamente la misma que la del protoboard. Este hecho los convierte en los **circuitos integrados** ideales para crear prototipos.

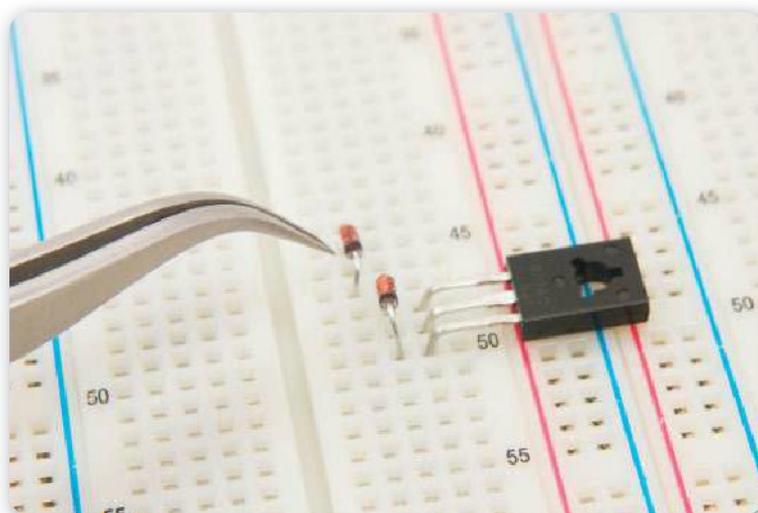


Figura 14. Utilicemos pequeñas pinzas, alicate y cúter para trabajar con los cables y los componentes y así poder montar prolijamente el circuito.

Para el armado de los circuitos en el protoboard, recomendamos algunos **accesorios** que nos facilitarán la tarea. Podemos llevar a cabo las conexiones entre puntos del circuito mediante un **cable unifilar**, como lo son el cable **UTP** (cable de red) y el **multipar** calibre 20 o 22. Podemos usar el alambre sobrante de las patas de resistores y capacitores solo para conexiones cortas, ya que no es un conductor **aislado eléctricamente**.

Existen componentes electrónicos que no pueden ser colocados de manera directa sobre el protoboard, como los potenciómetros e interruptores. En estos casos, soldaremos el cable unifilar a los pines de los componentes, para poder colocarlos.

Si queremos armar un circuito electrónico en el protoboard, debemos proceder con orden, para que no termine por convertirse en una gran maraña de cables cruzados que no permiten identificar fallas. Para ello, necesitamos contar con ciertos elementos, entre los cuales el primero es el **diagrama esquemático**, en el que se encuentra el diseño del circuito. También necesitamos algunas herramientas, como una pinza, un alicate y un cúter. Por último, nos será útil el uso de un multímetro, para evaluar el funcionamiento del circuito.

Limitaciones

Si bien el protoboard es una herramienta útil a la hora de construir **prototipos**, tiene ciertas limitaciones. Una de ellas se desprende de las especificaciones de **potencia**, ya que su límite máximo es de **5 watts**, lo que equivale a manejar 1 A (ampere) en 5 V (voltios) o 0,4 A en 12 V. Si sobrepasamos este límite, las conexiones internas pueden dañarse, y el plástico se podría derretir.

El protoboard, además, tiene una funcionalidad algo pobre para circuitos donde intervienen señales de radiofrecuencia, debido a sus características de capacitancia: **2 a 30 pF (pico faradios)** por punto de contacto. Por esta razón, recomendamos usarlo en aplicaciones que trabajen a frecuencias menores a 20 MHz.

Alimentación y colocación de componentes

En los dos bordes de mayor longitud del protoboard, se hallan las líneas o **buses de alimentación**. En rojo, tenemos la línea de tensión de alimentación (**Vcc**) y, en azul, la de masa de circuito (**Gnd**). Es bueno hacer un puente entre ambos Vcc y otro puente entre ambos Gnd (esto lo veremos en el Paso a Paso siguiente). En algunos protoboards, estas líneas están divididas por la mitad en un mismo extremo, y es conveniente conectarlas también. De esta manera, tendremos energía a

ambos lados y a lo largo de la tarjeta cuando conectemos la **fuentes de alimentación** a estas líneas.

En el momento de colocar los componentes, debemos ubicar, en primer lugar, los circuitos integrados o chips. Recordemos que el protoboard dispone de un **surco** o canal central para tal fin, y este es justamente el lugar que debemos utilizar. El **chip** debe quedar sobre el canal central y paralelo a él, con sus pines insertados en los orificios que bordean el surco. Así, nos aseguramos de que no exista un cortocircuito entre los pines del circuito integrado.

Si observamos el chip desde arriba, vemos que tiene una **pequeña muesca**. A la izquierda, se encuentra el **pin número uno**, por convención. Debemos consultar la **hoja de datos** del componente (la buscaremos en internet o leeremos los manuales del fabricante) para conocer la función de cada uno de sus pines y no correr el riesgo de dañar el circuito integrado por una conexión incorrecta.

Además, para simplificar el circuito, conviene ubicar todos los chips en la misma dirección. Para colocar resistores, capacitores, diodos y transistores con facilidad, se debe usar una pinza para doblar sus patas. Debemos tener en cuenta que hay componentes que poseen **polaridad**. Esto quiere decir que tienen una pata etiquetada como + (positiva) y otra como - (negativa). Las resistencias no poseen esta característica, y tenemos la posibilidad de conectarlas de cualquier manera. No olvidemos considerar los **rangos de operación** de cada componente.

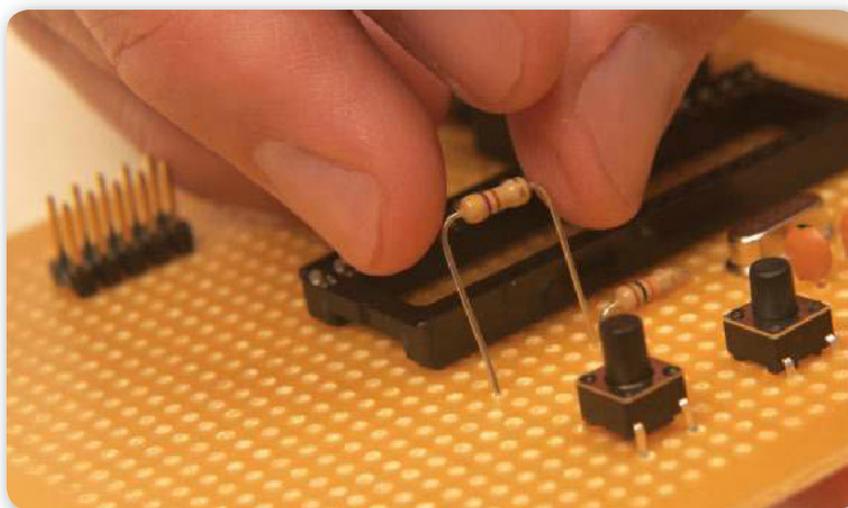
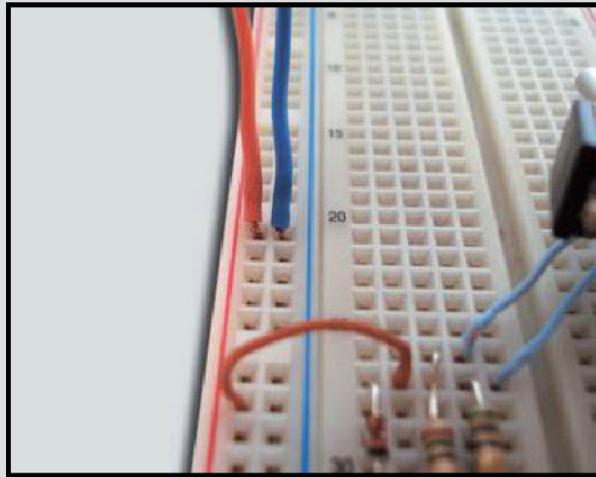


Figura 15 . La metodología en el desarrollo de proyectos sobre un protoboard es clave para resolver eventuales problemas.

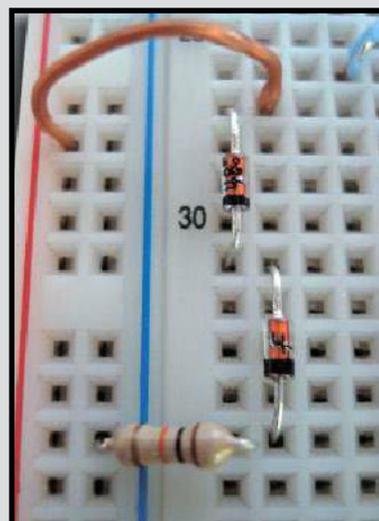
PAP: TRABAJAR CON EL PROTOBOARD



- 01** Conecte cada línea de alimentación con su opuesta mediante puentes de cable, respetando los colores: rojo para la alimentación positiva (Vcc) y azul para la negativa (Gnd).

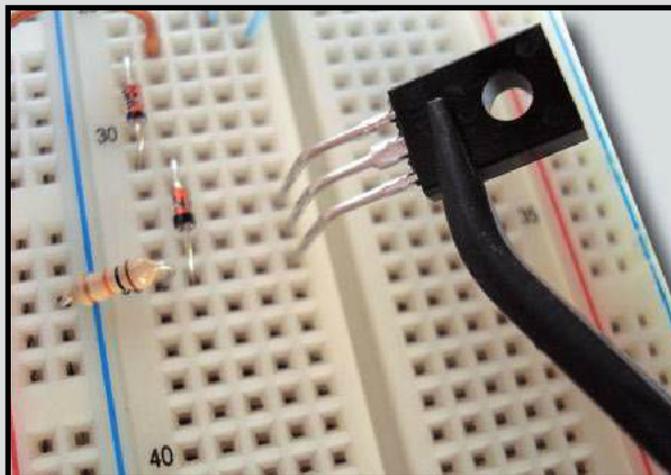


- 02** Coloque los dos diodos 1N4148, cuyas caídas de tensión hacen que el transistor funcione como fuente de corriente constante. Estos van conectados en serie.

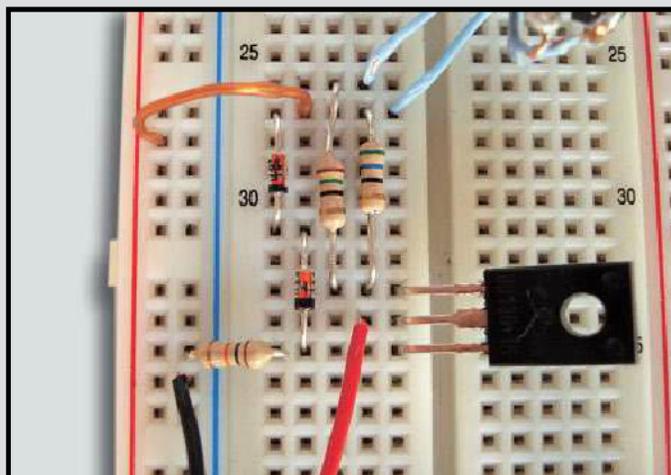


03

Coloque el transistor BD140. Es de tipo PNP, lo que significa que la corriente de emisor tiene sentido entrante.

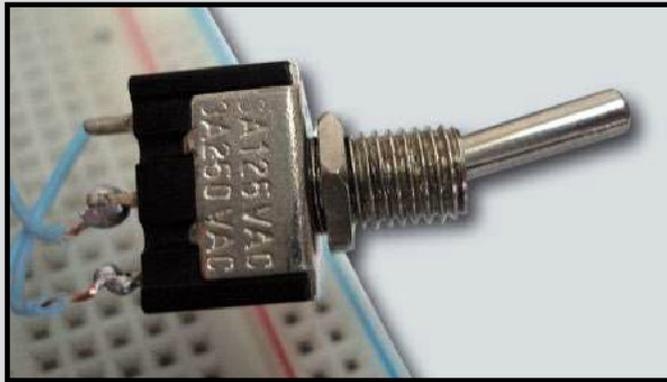
**04**

Tome la resistencia de valor 10 ohms y coloque una de sus patas en la misma columna que la base del transistor del paso anterior. Conecte la otra pata al bus de alimentación azul (Gnd). Inserte la resistencia de valor 56 ohms, de manera que uno de sus extremos quede conectado al bus de alimentación positivo (Vcc) y, el otro, a la misma columna donde se encuentra el emisor del transistor.

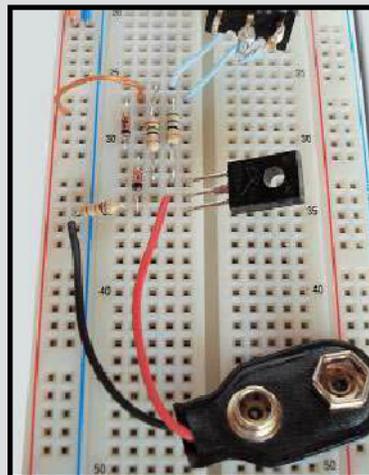


**05**

Para colocar la llave de selección, suelde un cable en cada uno de los extremos. Uno de los cables debe ir conectado a Vcc y, el otro, a una columna libre del protoboard. Coloque entonces la resistencia de 15 ohms. Inserte una de sus patas en la columna donde conectó el extremo de la llave que no está unido a Vcc y, la otra, en la columna donde se encuentra el emisor del transistor.

**06**

Por último, conecte el portabatería de manera que el extremo positivo quede unido al colector del transistor (pata central) y el extremo negativo a la masa circuital GND. Luego coloque la batería en el portabatería.



Consejos útiles

Para terminar, daremos algunos consejos finales que pueden ser de ayuda para montar un circuito electrónico en el protoboard y tener menos probabilidades de fracasar en el intento:

- **Planear la distribución** de los componentes en la tarjeta y tratar de que no se produzcan concentraciones de estos en una zona.
- **Asegurarnos de interconectar los componentes en forma correcta.** Aunque pueda parecer obvio, con esta indicación queremos afianzar la idea de utilizar siempre el esquemático como guía para realizar el montaje.
- **Utilizar cables de la menor longitud posible** para disminuir los problemas de ruido. Es mejor que estén aislados para evitar cortocircuitos con las patas de los componentes y con otros cables.
- **Intentar utilizar cables de diferentes colores** en zonas donde se concentran muchas conexiones. Esto puede ayudar en los casos en que el circuito tenga secciones bien definidas.
- **En caso de mal funcionamiento** del circuito, es conveniente revisar primero las conexiones de alimentación y, luego, los falsos contactos en el resto del circuito. Si no podemos solucionar el problema, se puede montar el circuito en otra zona del protoboard.
- **Ser prolijos al trabajar.** Si bien el circuito puede verse feo y desprolijo y, así y todo, estar operando, la prolijidad ayuda a la detección de errores y fallas.



RESUMEN



En este capítulo, conocimos los secretos para armar un espacio con todo lo necesario para llevar adelante nuestro trabajo. Desde las cuestiones de seguridad básicas, hasta las herramientas, elementos y accesorios más importantes. Además, hicimos una mención especial al compañero inseparable del técnico electrónico: el protoboard, una plaqueta universal que permite probar circuitos y diseños de manera rápida y sencilla.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1** ¿Cuáles son los **recaudos** a tener en cuenta, en materia de higiene y seguridad, a la hora de montar un laboratorio?
- 2** ¿Cuáles son las **herramientas, elementos y accesorios** más elementales para empezar a trabajar?
- 3** ¿Qué características tienen los **instrumentos analógicos** y los **instrumentos digitales**?
- 4** ¿Cuál es la principal particularidad que los diferencia?
- 5** ¿Qué es un **osciloscopio** y para qué sirve?
- 6** ¿Qué **tipos de osciloscopios** existen y para qué se los utiliza?
- 7** Enumere los **instrumentos de medición** explicados en este capítulo.
- 8** ¿Qué es un **protoboard** y para qué se lo utiliza?
- 9** ¿Cuáles son sus **partes** principales y qué **componentes electrónicos** se le deben colocar a un protoboard?
- 10** ¿Cuáles son sus **limitaciones** a la hora de construir prototipos con un protoboard?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Semiconductores

Uno de los avances más importantes en la electrónica se dio a raíz de los semiconductores. En este capítulo, conoceremos el diodo y dos clases de transistores: bipolares y de efecto de campo. Veremos también los circuitos integrados y cómo eliminar el calor generado, mediante el uso de disipadores.

▼ Materiales semiconductores .164	▼ Circuitos integrados185
Material tipo N 166	Fabricación de los circuitos integrados..... 186
Material tipo P 167	Clasificación de los circuitos integrados..... 186
▼ Diodos168	Tipos de encapsulados..... 187
Polaridad 169	Hojas de datos 189
Circuitos con diodos 171	▼ Disipadores189
Tipos..... 172	Ley de Ohm térmica..... 190
▼ Transistores173	▼ Resumen193
Transistor bipolar 173	▼ Actividades194
Funcionamiento 177	
Estructura..... 179	
Transistor de efecto de campo..... 182	
Proyecto: Alertador del nivel de agua 184	



➤ Materiales semiconductores

Sabemos que los materiales se clasifican, por su capacidad de conducir electricidad, en: conductores, aislantes y semiconductores. Pues bien, ahora nos vamos a detener en los semiconductores.

Los materiales **semiconductores** pueden ubicarse en medio de conductores y aislantes, ya que, precisamente, se comportan como un material conductor o aislante, dependiendo de algunos factores externos como la luz, la temperatura, etcétera.



Figura 1. Oblea de silicio impresa lista para ser cortada, de la cual saldrán muchos circuitos integrados.

Los materiales más utilizados como semiconductores son el silicio y el germanio, los cuales tienen cuatro electrones de valencia, pero en diferentes orbitas: el silicio en la tercera y el germanio en la cuarta. El **silicio (Si)** y el **germanio (Ge) intrínsecos** (puros, sin alterar) son muy susceptibles a factores externos (por ejemplo, el calor); el germanio es más sensible al calor, porque su banda de valencia es la cuarta, está más alejada del núcleo. Recordemos que cuanto más alejado está un electrón del núcleo, se encuentra menos ligado a él; por lo tanto, cualquier fuente de energía externa puede afectarlo y hacer que algunos electrones adquieran energía suficiente como para saltar a la banda de conducción y convertirse en electrones libres.

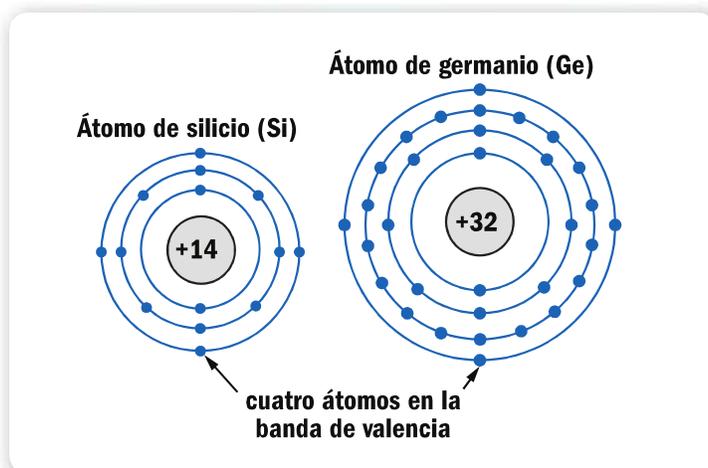


Figura 2. Las bandas de valencia del **silicio (Si)** y del **germanio (Ge)** están a diferentes distancias del núcleo.

Los materiales que tienen un comportamiento entre conductor y aislante no son confiables para utilizar. Sin embargo, poseen otras propiedades que son bastante interesantes y que se pueden notar desde el principio de su uso en el diodo.

Para que un material semiconductor se comporte de una forma práctica, es decir, para poder ser utilizado en algún dispositivo, es necesario agregar otros elementos a los que se los denomina **impurezas**, ya que el silicio y el germanio, por sí solos, son materiales puros: no tienen otros materiales incluidos en ellos. Se denomina **dopado** o **dopaje** a la acción de agregar impurezas a otro material; y, dependiendo del material agregado, se clasifican en **material tipo P** y **material tipo N**.

UN SEMICONDUCTOR
ESTÁ ENTRE CONDUCTOR
Y AISLANTE: TIENE
4 ELECTRONES
DE VALENCIA



EL SILICIO

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno y, además de ser muy utilizado en el campo de la electrónica, también se usa en aleaciones en la preparación de siliconas, como un constituyente del hormigón y como fertilizante. El silicio se utiliza en el acero eléctrico, que se usa para fabricar los núcleos de los transformadores eléctricos.

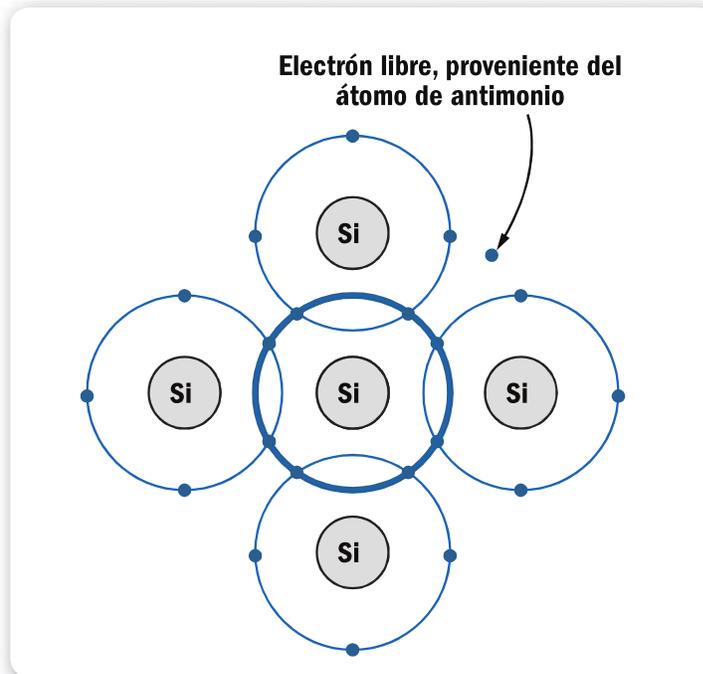


Figura 3. Átomo de impureza pentavalente **tipo N**, el cual deja un electrón libre. El electrón libre lo cede el antimonio.

Material tipo N

El **material tipo N** se caracteriza por ser más negativo, ya que tiene electrones de más; para que esto suceda, se le deben agregar impurezas de algún otro elemento que sea **pentavalente**, lo que quiere decir que tiene cinco electrones de valencia.

Los materiales pentavalentes más utilizados en el dopado para la obtención de material tipo N son: arsénico (As), fósforo (P), bismuto (Bi) y antimonio (Sb). Si el material semiconductor intrínseco de silicio que tiene cuatro electrones valencia se une, por ejemplo, con el antimonio (Sb), que tiene cinco, esto haría que existiera un electrón libre proveniente del antimonio. A este, por ser el que ofrece el electrón libre, se lo conoce como **átomo donante**.

Debemos resaltar que el número de electrones libres en un material tipo N puede ser controlado por la cantidad de impurezas que se le agreguen; cuantas más impurezas, más electrones libres existirán. En el material tipo N, los portadores mayoritarios son los electrones, porque hay más electrones que huecos, lo que deja a los huecos como portadores minoritarios.

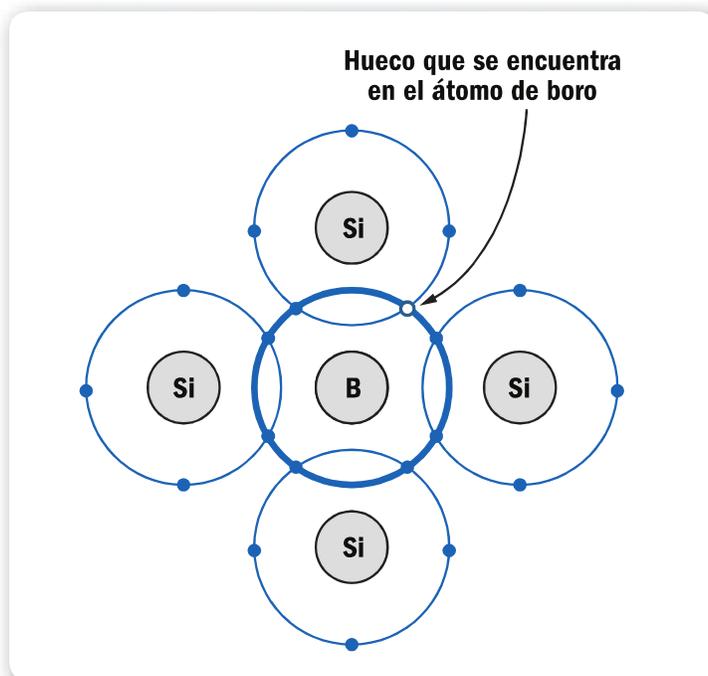


Figura 4. Átomo de impureza trivalente **tipo P**, en el cual existe un hueco. El hueco es por parte del boro.

Material tipo P

El **material tipo P** se caracteriza por ser mayormente positivo, es decir, existen más huecos. En el dopaje para obtener material tipo N, se utilizan elementos **trivalentes**, con solo tres electrones de valencia; esto dejaría un hueco en el material tipo P. Los elementos trivalentes utilizados en el dopaje son boro (B), indio (In) y galio (Ga). Si al material semiconductor intrínseco de silicio con cuatro electrones de valencia le agregamos impurezas de boro (B), que tiene tres electrones de valencia, dejaría un hueco que es un camino para los electrones que circulen



SEMICONDUCTOR ASGA



El arseniuro de galio (**AsGa**) es un compuesto de arsénico y galio cuyas propiedades superan por mucho a las del germanio y silicio, ya que ofrece una alta respuesta a las señales eléctricas, alrededor de cinco veces más de lo que lo hace el silicio. El AsGa es ideal para amplificadores de alta frecuencia; se utiliza en radares, sensores, satélites, etcétera. Sin embargo, es muy difícil de producir.

por ese material. Como el átomo de boro ofrece el hueco, se lo llama **átomo aceptor**, porque es el que acepta electrones.

La cantidad de huecos que tiene un material tipo P se puede controlar por medio del dopado; cuanto más material trivalente agreguemos, más huecos existirán. En el material tipo P, los portadores mayoritarios son los huecos y, los minoritarios, los electrones.

Diodos

El **diodo** es un dispositivo electrónico activo de dos terminales que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Antes de la invención del diodo semiconductor de estado sólido, se utilizaba el tubo de vacío que se basaba en el **efecto Edison**.



Figura 5. Del lado izquierdo del diodo, se puede observar el cristal semiconductor oscuro de forma cuadrada.

Los materiales tipo N y tipo P no son muy útiles por sí solos. Por eso, si nosotros juntáramos un material tipo N y otro tipo P y les pusiéramos dos terminales, una para cada material, obtendríamos un diodo de unión PN. Los electrones en el material N se mueven constantemente en él, por ser electrones libres; al unirlos, se forma la unión PN, y los electrones del material tipo N pasan a llenar los huecos del material tipo P que se encuentran cerca de la unión. Cuando esto sucede, las cargas se anulan, y se crea la **zona umbral** o de **empobrecimiento**; esta zona es muy delgada y funciona como barrera entre el material P y N. Esta constituye otra característica peculiar de un diodo.

En esta formación del diodo, tenemos una zona con material N y otra con material P. Esto quiere decir que hay cargas diferentes; por lo tanto, habla de una diferencia de potencial entre ellas. No suena muy práctico que, en un diodo, exista una barrera entre la unión PN, ya que estaría obstruyendo el paso de electrones de un lado a otro. Esta barrera, también conocida como **barrera de potencial**, puede ser atravesada sin problemas por una corriente, siempre y cuando el voltaje que se le aplique al diodo sea mayor a .7 voltios para diodos de silicio y .3 voltios para diodos de germanio.

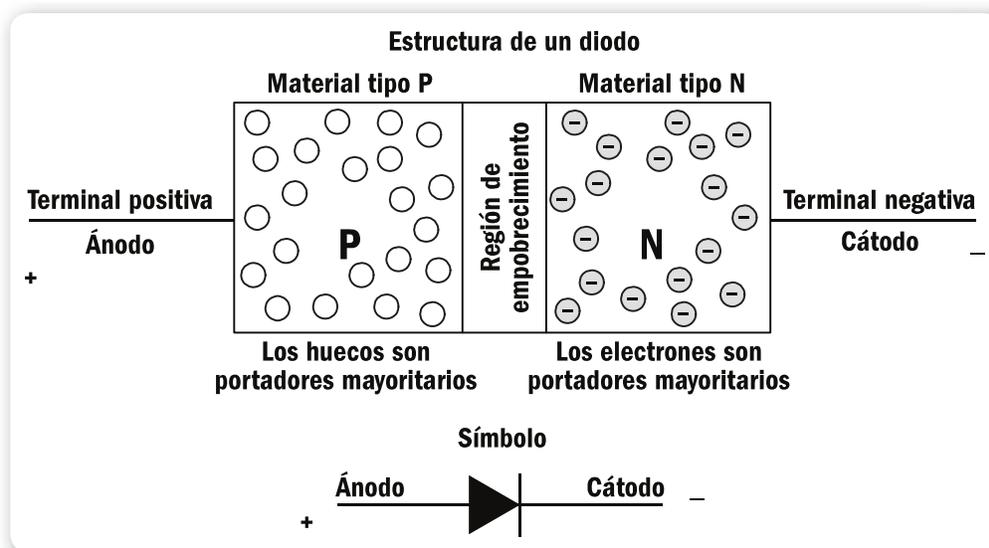


Figura 6. Las terminales de un diodo se denominan **ánodo** y **cátodo**, siendo el ánodo el terminal positivo y el cátodo el negativo.

Polaridad

El diodo tiene polaridad; esto quiere decir que debe ser polarizado directamente para que pueda conducir. La zona tipo N debe ir al negativo de la fuente, y la zona tipo P, al positivo; si se conectase de forma inversa (la zona N al positivo y la zona P al negativo), el diodo se comportaría como un interruptor abierto.

¿Por qué sucede esto? Pues bien: cuando polarizamos directamente el diodo, como la zona N va al negativo de la fuente y la zona P al positivo, la región de empobrecimiento se hace más delgada, lo que provoca que se requiera menos energía para cruzarla. El negativo de la fuente tiene muchos electrones, al igual

que la zona N, y esto hace que el negativo de la fuente repela los electrones de la zona N, permitiendo que estos pasen a la zona P y llenen huecos. Una vez ahí, los electrones se mueven de hueco en hueco hacia el positivo de la fuente. Así, los huecos funcionan solo como un camino para que los electrones se muevan por la zona P. De esta forma, se crea una corriente que fluye a través del diodo y, como dijimos antes, el voltaje debe ser mayor a 7V.

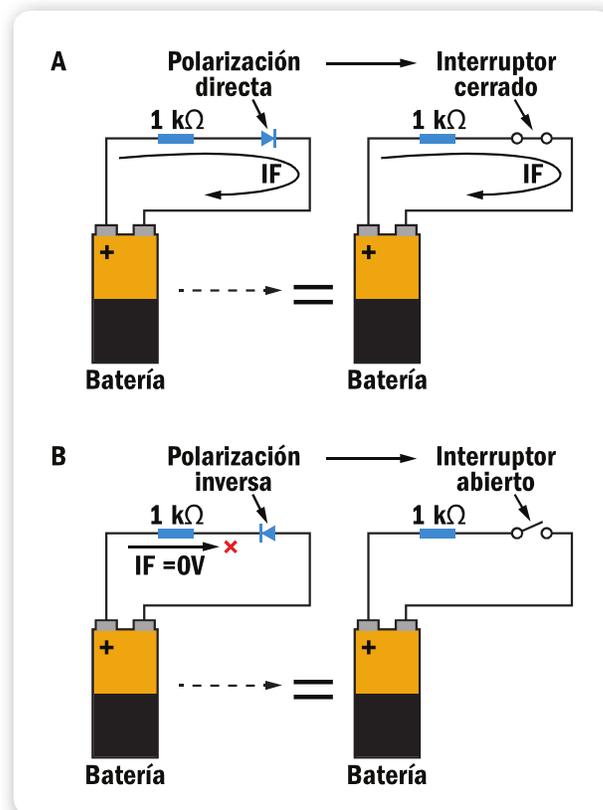


Figura 7. En A) vemos cómo el diodo polarizado directamente conduce; en B) se aprecia cómo el diodo polarizado inversamente no conduce.



NOMENCLATURA

Los semiconductores tienen una nomenclatura para que se los identifique. Existe la nomenclatura estadounidense (JEDEC), la europea (Pro-Electron) y la japonesa (JIS). La nomenclatura JEDEC consta de: un número que indica las uniones que tiene, una letra que identifica el tipo de material, y un número de serie. Así, para el diodo 1N4001, sabemos que: 1, unión PN; N, silicio; y 4001 es el número de modelo.

El diodo se comporta como un interruptor abierto; sin embargo, esto no es del todo cierto, ya que conduce una corriente relativamente pequeña llamada **corriente de fuga** y es tan pequeña que generalmente se desprecia en los cálculos. Algo que debemos tener en cuenta es que, si aumentamos demasiado el voltaje inverso, podemos llegar a lo que se denomina **voltaje de ruptura**, que se abrevia **VBR** (*Voltage Break*), y el diodo se destruirá. Por lo general, en las hojas de datos del diodo, se indica cuál es el voltaje inverso que puede soportar el diodo antes de dañarse o destruirse.

LA CAÍDA DE
VOLTAJE EN UN DIODO
ES IGUAL
A SU POTENCIAL
DE BARRERA



Circuitos con diodos

Imaginemos un circuito con un diodo. Tenemos una resistencia de 1 kΩ en serie con un diodo y una fuente de voltaje de 10 VDC y queremos saber: a) cuál es la caída de voltaje en el diodo; b) qué corriente circula por el diodo; c) cuál es la caída de voltaje en la resistencia; y d) qué corriente circula por la resistencia.

Ya sabemos que el diodo tiene un potencial de barrera de .7 V, que necesita para conducir. La caída de voltaje en un diodo es igual a su potencial de barrera; entonces, ya tenemos su caída de voltaje (a): 7 V.

Para la corriente (b), debemos restar la caída de voltaje del diodo (.7 V) a la fuente (10 V) y, luego, dividirlo entre la resistencia; para ello, usamos la Ley de Ohm.

$$I_F = \frac{V_{Fuente} - V_{diodo}}{R} = \frac{10V - .7V}{1K\Omega} = 9.3mA \quad \mathbf{b)9.3mA}$$



PARA TENER EN CUENTA



Las curvas características de los diodos se pueden encontrar en las hojas de datos que proporcionan los fabricantes. Una de las páginas de donde se descargan estos datasheets es: www.datasheetcatalog.com. En estas hojas, muchas veces no se muestra la curva de polarización inversa, pero la de polarización directa sí, y esto es más que suficiente.

EL DIODO CONDUCE
SI SE LE APLICA UN
VOLTAJE IGUAL AL
DEL POTENCIAL DE
BARRERA



Por tratarse de un circuito serie, la intensidad que circula por el circuito es la misma para todos los elementos: 9.7 mA es la corriente que también circulará por la resistencia de 1 KΩ; por lo tanto, d) es 9.3 mA. Ya solo falta obtener la caída de voltaje de la resistencia (c) de 1 KΩ, con la Ley de Ohm. La obtenemos multiplicando la corriente por la resistencia y nos queda:

$$VR = 9.3mA \times 1K\Omega = 9.3V$$

Tipos

A continuación, se hace una breve descripción de algunos de los diodos que existen y sus tipos de encapsulados:

- **Diodo rectificador:** es un dispositivo que permite el paso de la corriente en un solo sentido; se utiliza principalmente para rectificar señales.
- **Diodo Zener:** este diodo mantiene un voltaje constante entre sus terminales cuando se polariza inversamente; si se polariza en forma directa, funciona como un diodo común.
- **Diodo led:** este diodo emite una luz cuando le aplicamos un voltaje determinado; debe ser polarizado directamente. Se utiliza en aparatos electrónicos como indicador, en lámparas, autos, etcétera.
- **Diodo Schottky:** estos diodos hechos de silicio son llamados también diodos de recuperación rápida, ya que tienen una caída de voltaje de .25 V o menos; son utilizados en aplicaciones donde se manejan altas frecuencias.



PASIVOS, ACTIVOS



Si a los componentes electrónicos los clasificamos por su funcionamiento, podemos distinguirlos entre activos y pasivos. Los activos son los que producen excitación eléctrica en un circuito, amplifican o controlan el circuito (diodo, pila, transistor, etcétera). Por otra parte, los pasivos solo sirven como conexión del circuito (resistencia, capacitor, interruptor, etcétera).

Transistores

Como un buen ejercicio, podemos imaginar un transistor como un simple puente de tres pasos: con una entrada y dos salidas, o dos entradas y una sola salida. El transistor se comporta como un regulador. En electrónica, todos reconocemos los bits como una instrucción simple de 1 y 0, entrada y salida, abierto o cerrado; este concepto es el que jamás debemos olvidar al estudiar los transistores.

LOS TRANSISTORES
SON MUY IMPORTANTES
EN TODOS
LOS COMPONENTES
ACTUALES



Transistor bipolar

Alrededor del 1947, en los laboratorios de Bell de la AT&T, se fabricó un dispositivo de tres terminales que funcionaba como un conmutador de estado sólido (un solo componente), al que denominaron **transistor bipolar** (*Transfer Resistor*; resistencia a la transferencia). Fue inventado por los ganadores del Premio Nobel de Física John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley. Este reemplazó directamente a la válvula de vacío (también conocida como válvula termoiónica) que estaba presente en la mayoría de los componentes electrónicos de la época.

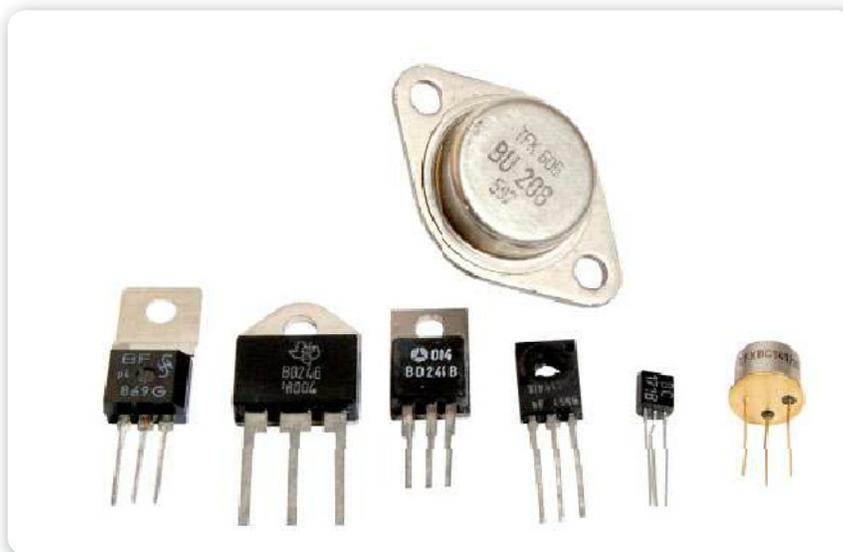


Figura 8. Algunos modelos de transistores bipolares.
Su morfología varía según el uso y la aplicación.

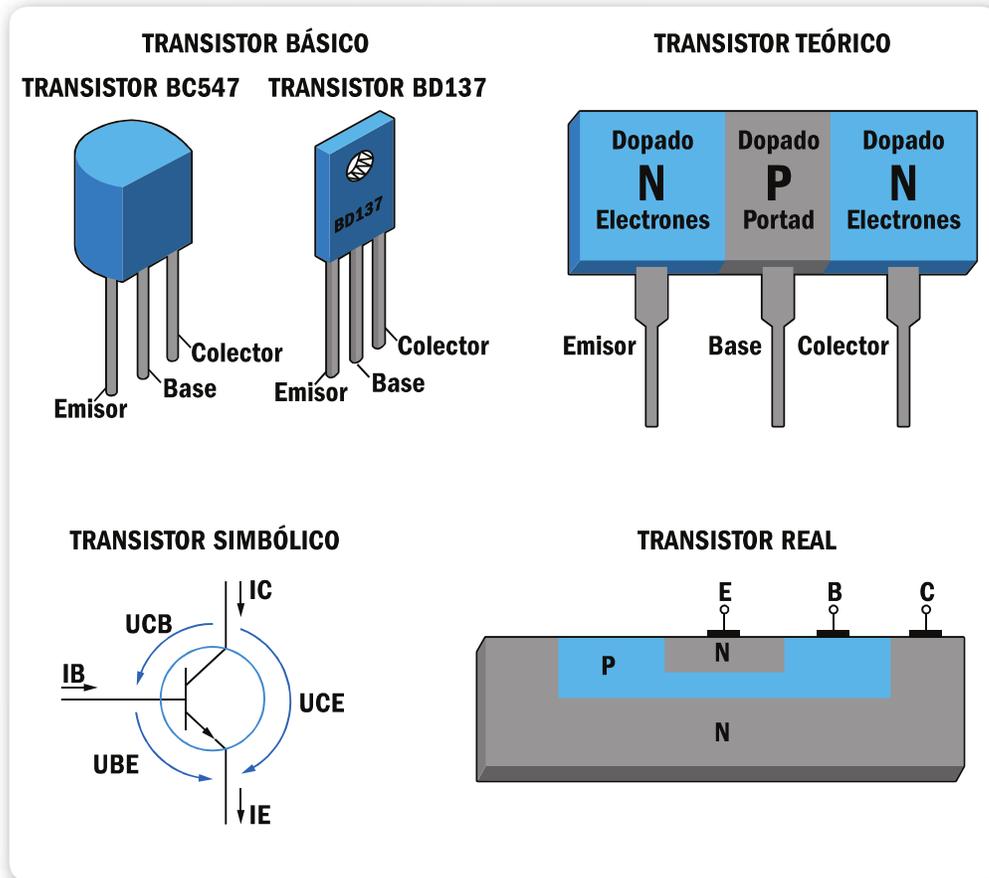


Figura 9. Transistor representado en todas sus formas: físicamente, cómo se entiende, cómo se debe leer electrónicamente y cómo se construye.

Un **transistor** es un dispositivo electrónico fabricado a partir de materiales semiconductores que cumple la función de permitir o impedir el paso de señales electrónicas a partir de una señal de mando, y funciona como elemento amplificador de señal. En su origen, se conocía que el contacto de un alambre metálico y el sulfuro de plomo II (galena) permitían el paso de la corriente en una sola dirección (que conforma el funcionamiento de un diodo), pero se necesitó incorporar luego una rejilla, el tercer electrodo, que funciona como un amplificador. Para conseguir este efecto, fue necesario modificar la conductividad de los semiconductores, utilizando el principio de niveles de energía de los átomos para controlar los materiales. De este modo, se lograron los materiales conocidos como tipo N y tipo P.

Los diodos son construidos a partir de la unión de materiales N y P; el transistor de PNP o NPN también es llamado **triodo**.

A partir de los transistores, surgieron los transistores de efecto de campo (**FET**, *Field Effect Transistor*), que funcionaban a partir de un campo eléctrico que se establecía en un canal. Posteriormente, fueron mejorados con un semiconductor de óxido-metal denominado **MOSFET** (*Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor*), que permitió la miniaturización primordial para crear los circuitos integrados. En la actualidad, se utilizan los **CMOS** (*Complementary MOS*) que son la aplicación de dos MOSFET distintos.

Para un transistor convencional, vamos a encontrar un encapsulado o sustrato, por lo general, de cristales de silicio, y tres segmentos (también denominados terminales) unidos entre sí: Emisor (E), Base (B) y Colector (C), cada uno dopado en distintas cantidades. El emisor tiene un dopaje mucho más alto que la base y rodea la región del emisor para que los electrones inyectados en la base no se escapen de ella; la base tiene un dopaje mayor que el colector, está físicamente localizada entre el colector y el emisor, apenas dopado, y posee una alta resistividad.

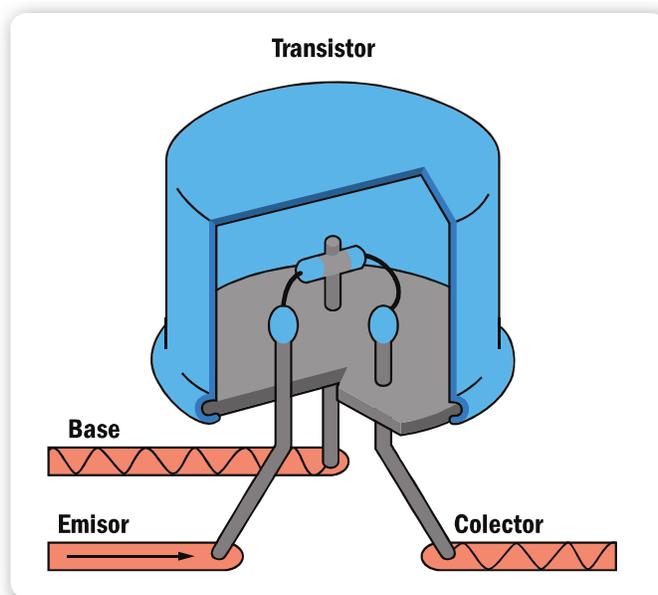


Figura 10. Interior de un transistor circular. Se puede observar la base de pequeño tamaño que controla al colector y al emisor.

El dopaje asignado es una contaminación intencional que se le realiza al material en cantidades específicas, con el fin de obtener un comportamiento deseado. El material dopado con estas cantidades

SE UTILIZAN
TRANSISTORES COMO
AMPLIFICADORES
ANALÓGICOS
DE SEÑAL



obtiene propiedades eléctricas específicas, aumentando el número de portadores de carga libre. Para materiales tipo N, los portadores de carga son los electrones; para los materiales tipo P, los portadores son huecos que equivalen a cargas positivas. La unión de ellos produce los diodos, como ya se explicó. Para el transistor, el emisor emite portadores (huecos), el colector los recolecta, y la base modula el paso de los portadores. Mediante este funcionamiento, obtenemos un dispositivo que, controlado por corriente, consigue una nueva corriente amplificada.

controlado por corriente, consigue una nueva corriente amplificada.

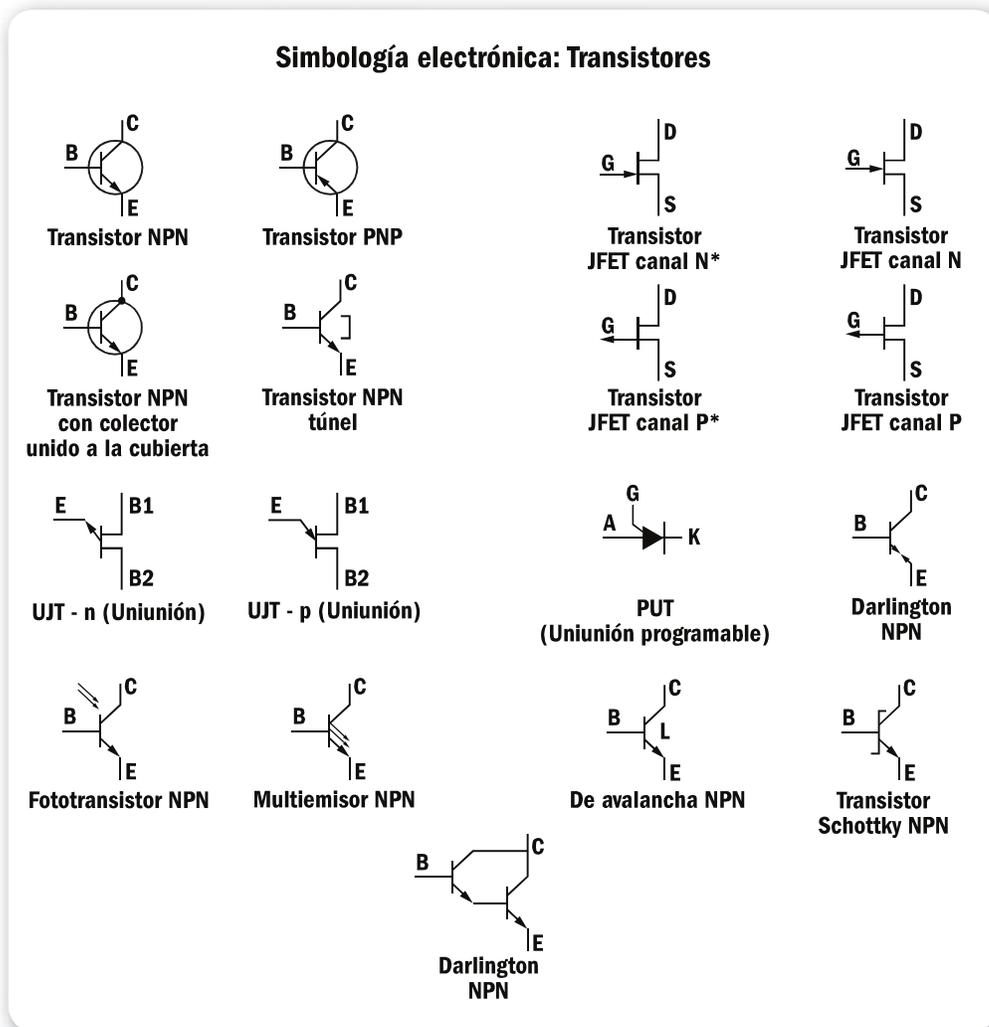


Figura 11. Simbología de transistores en todos sus usos. Cuando se diseñan circuitos electrónicos, es importante diferenciarlos unos de otros.

Funcionamiento

Un transistor funciona mediante la polarización adecuada de sus conexiones. Se utiliza corriente continua para que este cumpla su función; se sitúa una fuente de corriente entre PN (base-emisor), polarizada directamente, y, en la otra unión NP (base-colector), polarizada inversamente. Cuando la tensión de la base-emisor supere los 0,7 V (barrera mínima), tendremos el transistor polarizado y, por lo tanto, funcionará de manera correcta, es decir: el transistor tendrá la capacidad de conducir corriente desde la terminal colector hasta la terminal emisor.

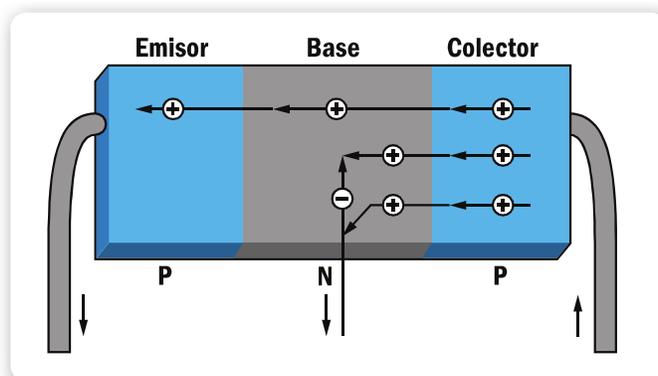


Figura 12. Esquema del principio de funcionamiento de los transistores al paso de los electrones y los portadores, con los sentidos de circulación.

La corriente que circula por el colector es función amplificada de lo que finalmente pasará por el emisor y está graduada por la corriente aplicada en la base y por la ganancia propia del transistor. Debido a la agitación térmica, los portadores del emisor atraviesan la barrera potencial entre el emisor-base y llegan a la base, donde son impulsados por el campo magnético que existe entre la base y el colector.



TAMAÑO DE LOS TRANSISTORES



Con el paso de los años, la forma física de los transistores se redujo a tamaños invisibles al ojo humano. Esto ha permitido no solo extender el funcionamiento de los electrodomésticos, sino disminuir el tamaño general de ellos. Los relojes de pulsera jamás podrían haber sido creados sin esta tecnología y, aún hoy, seguiríamos usando los mecánicos.

Cuando una tensión positiva se aplica entre emisor y base, se rompe el equilibrio entre los portadores generados térmicamente, y el campo eléctrico repelente de la región agotada se desbalancea permitiendo que los electrones excitados térmicamente circulen a la base. Los electrones circulan por la base desde la región rica de portadores del emisor hasta la región pobre del colector. Los electrones que circulan por la base son llamados **portadores minoritarios**, ya que la base está dopada con material P. La base es delgada, en comparación al colector y al emisor, debido a que es necesario que los portadores de esta puedan difundirse a gran velocidad y evitar que se recombinen antes de alcanzar la unión base-colector.

La ganancia de un transistor se conoce como **beta** (β), y funciona como amplificador logrado entre la corriente del colector y la corriente de la base. El beta es una constante que depende de cada transistor, que puede valer entre 50 y 300 (según el modelo y la aplicación, puede llegar a 1000 o más), y nos da una idea de cuál es la capacidad de amplificación de la corriente. A mayor ganancia o beta, mayor es la capacidad de amplificar la corriente. Podemos advertir, entonces, que la corriente que circula por el colector es proporcional a la corriente aplicada en la base.

Existe otro parámetro denominado **ganancia de corriente de base común** (α) que se toma, según el transistor, a la ganancia de corriente desde el emisor al colector en la región activa directa (interruptor cerrado o pase libre). Su valor es aproximadamente cercano a la unidad y oscila entre 0.98 y 1. La relación entre ambos se da:

$$\alpha = \frac{I_c}{I_e} ; \beta = \frac{I_c}{I_b}$$

Matemáticamente, analizamos que: llamamos **I_e** a la corriente del emisor, **I_c** a la corriente del colector e **I_b** a la corriente de la base.



CONEXIONES MICROSCÓPICAS



Para transistores microscópicos se desarrollaron técnicas de conexiones prácticamente invisibles. Todas las conexiones se realizan mediante maquinaria de soldadura de precisión y, en algunos casos, se fabrican directamente soldadas por el mismo material. Por esto, muchos de los problemas relacionados con microcontroladores son imposibles de resolver, y estos deben ser reemplazados.

Si $I_e = I_c + I_b$, la corriente aplicada en la base es muy pequeña, por lo que $I_e = I_c$ (aproximadamente) se corrige mediante $I_e = \beta I_b$.

Mediante esta expresión, podemos obtener diversos estados:

- **Estado activo:** en este caso, circula corriente, y nuestro β es distinto de 0. Nuestro transistor amplifica la señal por el valor de β . Si $\beta = 100$, la corriente del emisor $I_e = 100 I_b$; o sea, amplifica 100 veces. En este estado, la corriente del colector depende de la corriente de la base, del β y de las resistencias conectadas entre el emisor y el colector.
- **Estado inverso:** se invierten las condiciones de polaridad del estado activo. En este estado, las regiones del colector y del emisor invierten su funcionamiento. No maximiza el potencial del transistor.
- **Estado de corte:** si la corriente de base $I_b = 0$, la expresión resulta en $I_e = 0$ sin importar el valor de β , por lo que no conduce corriente y se considera el transistor como una llave abierta, sin paso. La tensión entre los terminales es la misma que la de alimentación; al no haber corriente circulando, no hay caída de tensión.
- **Estado de saturación:** cuando la corriente de base alcanza un valor muy alto para el transistor, la expresión no se cumple ya que, por más que I_b aumente, no aumentará la I_c , e $I_c = I_e = I_{max}$. Se dice que el transistor está saturado, ya que no puede amplificar más la señal, y toda la corriente aplicada en el emisor circula por el colector como un interruptor cerrado (paso total).

En la electrónica analógica, se utiliza el estado activo ya que permite una amplificación de señal en varios puntos. Mientras que los estados de saturación y corte son útiles para la electrónica digital, ya que representan los dos estados fundamentales: abierto y cerrado (1 y 0).

Estructura

Los transistores estructuralmente poseen sus tres regiones no simétricas, por lo que intercambiar el emisor con el colector implica que deje de funcionar de modo activo y funcione en modo inverso, ya que son construidos y optimizados para funcionar en modo activo,

disminuyendo el β . La falta de simetría se debe a la tasa de dopaje entre emisor (altamente dopado) y colector (ligeramente dopado).

Se provee de un emisor altamente dopado para aumentar la eficacia de entrega de portadores en comparación con la base, que no debe influir mucho en la operación. De esta manera, obtenemos una gran ganancia de corriente siempre que los portadores inyectados provengan del emisor. Existen transistores simétricos utilizados en CMOS que presentan bajos desempeños, debido a que no hay diferencia entre la operación en modo activo o inverso.

La corriente que circula entre el emisor y el colector puede ser controlada por la corriente o la tensión base-emisor, ya que ambas están ligadas en su funcionamiento y se describen en curvas de funcionamiento.

Dependiendo del dopaje a las capas del transistor, podemos configurarlo como NPN o PNP, donde la base siempre estará representada por la letra del medio. La configuración NPN se caracteriza por ser la más utilizada actualmente. N y P hacen referencia a los portadores de carga mayoritarios dentro de las distintas capas del transistor; en ellas y en esta configuración, los electrones poseen mayor movilidad que los huecos, permitiendo mayores corrientes y velocidades de funcionamiento. La configuración PNP es poco usada, ya que su desempeño no es muy eficiente. Posee una capa dopada N y dos capas dopadas P, y son conectadas, mediante el colector a masa y el emisor, a la terminal positiva de la fuente de corriente. Al excitar la base mediante una pequeña corriente se logra una corriente mayor desde el emisor al colector.

A partir de las necesidades de generar un modelo lineal para analizar circuitos electrónicos con transistores, se plantearon diversos modelos matemáticos para analizarlos. Entre estos modelos, encontramos el de



NANOTECNOLOGÍA



Hoy en día, trabajar con silicio implica tener un límite de material de aproximadamente 10 nanómetros, lo que impide seguir consiguiendo circuitos de menor tamaño y más efectivos. En la actualidad, se estudian materiales novedosos, como los nanotubos de carbono, para reemplazar el silicio. Aún son procesos caros y no pueden ser reproducidos a gran escala, pero esto es solo el principio.

Ebers y Moll, el de parámetros h y π que representa al transistor bipolar genérico y con cualquier tipo de polarización. Sin embargo, su modelo no lineal hace que cualquier circuito que se pretenda analizar utilice soluciones numéricas y cálculos con ordenador. Sin embargo, si se utiliza un punto de operación dado y una zona básica de funcionamiento, es posible restringir las variables y, de esta manera, utilizar un modelo lineal que facilite el análisis de los circuitos.

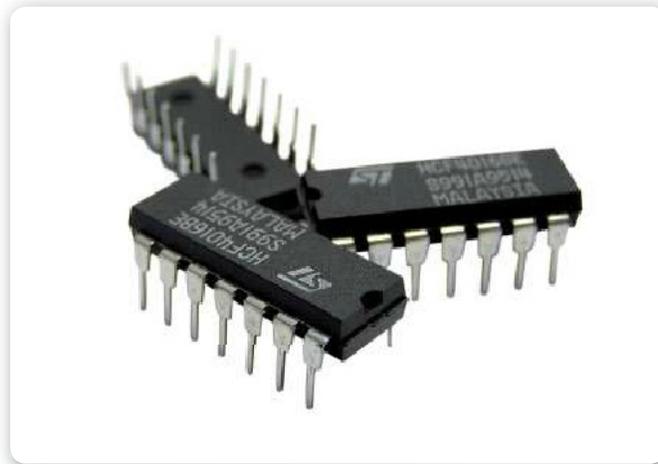


Figura 13. Los transistores funcionan permitiendo el paso de los electrones y los portadores, y teniendo en cuenta su sentido de la circulación.

El modelo Ebers y Moll se usaba previo a las aplicaciones computacionales. Se utiliza hoy para los transistores bipolares y puede ser utilizado en todos sus estados. Aplica los principios de dos diodos ideales y dos fuentes; cada diodo representa la unión emisor-base y base colector. Las fuentes de energía son las responsables de hacer circular los portadores a los huecos.

Más allá de sus variantes y modelos, los transistores son utilizados, por lo general, en proyectos de pequeña escala para demostrar su funcionamiento, como los amplificadores de voz, que utilizan un micrófono o una salida de audio de baja intensidad. Se alimenta el emisor con una señal, luego se la potencia excitando la base y tomando como salida al colector. Este proceso es repetido varias veces para modular el funcionamiento.

En la electrónica de precisión, comúnmente llamada **electrónica digital**, los transistores son utilizados como llaves de paso; se

los somete a estados de corte y de saturación para simular el comportamiento de puertas o interruptores abiertos y cerrados, gracias a una señal de saturación en la base.

Todos estos efectos combinados logran darles la máxima utilidad a estos componentes, presentes en todos los dispositivos actuales.

Transistor de efecto de campo

Antes de la creación de los transistores bipolares, fueron inventados los transistores de efecto de campo, pero no se les encontró utilidad o aplicación inmediata hasta el desarrollo de los transistores bipolares. Recién décadas después de estos, se empezaron a desarrollar y aplicar en forma masiva.

Los transistores de efecto de campo (**FET**, *Field Effect Transistor*) son transistores basados en campos eléctricos, que controlan el paso de electrones por los canales gracias a una diferencia de potencial. Tengamos en cuenta que los transistores bipolares controlan el flujo de electrones mediante una excitación de la base con corriente, mientras que los FET son controlados mediante este campo eléctrico y se plantean como resistencias controladas por diferencias de potencial.

En los FET, la corriente se controla mediante tensión. Si son utilizados como amplificadores, suministran una corriente de salida proporcional a la tensión aplicada en la entrada. En la base o terminal de control, no se absorbe corriente, lo que posibilita que la tensión que sí controla sea muy pequeña (una señal de audio de baja intensidad, por ejemplo), permitiéndole a esta tensión generar el campo eléctrico.

Al igual que los transistores bipolares, que se dividen en NPN y PNP, los FET tienen dos tipos de canal, denominados n y p; estos dependen de la tensión en la puerta.



DISIPACIÓN DE CALOR



Debido al paso y la amplificación de la corriente que circula por los transistores de potencia, se producen altas temperaturas por la interacción de los electrones y los canales. Estructuralmente, los transistores de alta ganancia vienen fabricados con una placa que ayuda a la disipación del calor y están preparados para ser acoplados a disipadores físicos e impedir, así, que se quemen.

Las características de los FET son particulares, principalmente porque, en la entrada, tienen una resistencia muy alta (100 M Ω). Además, no poseen un voltaje de unión cuando se utilizan como interruptores, son inmunes a la radiación, se aplican para proporcionar mayor estabilidad térmica y resultan menos ruidosos.

Entre los distintos tipos de FET, encontramos:

- **MOSFET** o *Metal-Oxide-Semiconductor-Field-Effect-Transistor*: se aísla con óxido de silicio SiO₂. Con respecto a los bipolares, ocupan menos espacio y son más utilizados en circuitos integrados. En los transistores MOSFET se denominan los tres conectores como: Puerta (**G**, *Gate*), Fuente (**S**, *Source*) y Drenaje (**D**, *Drain*)
- **JFET** o *Junction-Field-Effect-Transistor*: utiliza una unión P-N.
- **MESFET** o *Metal-Semiconductor-Field-Effect-Transistor*: sustituye la unión P-N con una barrera Schottky.
- **HEMT** o *High-Electron-Movility-Transistor*: conocido también como HFET; la banda dopada con portadores forma el aislante, la entrada y el cuerpo del transistor.
- **IGBT** o *Insulated-Gate-Bipolar-Transistor*: dispositivo para el control de potencia. Se utiliza cuando el rango de potencial entre el colector-base se ubica entre 200 y 3000 V.
- **FREDFET**: es un FET especializado que se ha diseñado para brindar una recuperación máxima del transistor.
- **DNAFED**: otro tipo especializado de FET que actúa como biosensor para detectar cadenas de ADN idénticas.
- **TFT** o *Thin-Film-Transistor*: un tipo especial de FET fabricado a partir de capas finas de semiconductores, como capas de material dieléctrico y contactos metálicos, sobre un sustrato de soporte.

Principales usos

Los transistores poseen una gran cantidad de aplicaciones:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación).
- Generación de señal (osciladores, generadores de ondas, emisión de radiofrecuencia).
- Conmutación, actuando como interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas, modulación por anchura de impulsos PWM).

- Detección de radiación luminosa (fototransistores).
- Se usan generalmente en la electrónica analógica y en la electrónica digital como la tecnología TTL o BICMOS.
- Son empleados en convertidores estáticos de potencia, controles para motores y llaves de alta potencia (en especial, inversores), aunque su principal uso está basado en la amplificación de corriente dentro de un circuito cerrado.

Proyecto: Alertador del nivel de agua

Este proyecto nos sirve para mostrar el funcionamiento de dos transistores actuando en saturación y corte. Cuando el nivel de agua aún no llega a los conectores, el T1 se encuentra en corte y funciona como una llave abierta. Cuando el agua llega al segundo conector, circula corriente a la base de T1 y se satura, permitiendo el paso de corriente del emisor al conector. Esta corriente excita la base de T2 y lo satura, permitiendo que pase corriente desde el terminal + de la batería por el zumbador, al que activa, haciendo sonar la alarma.

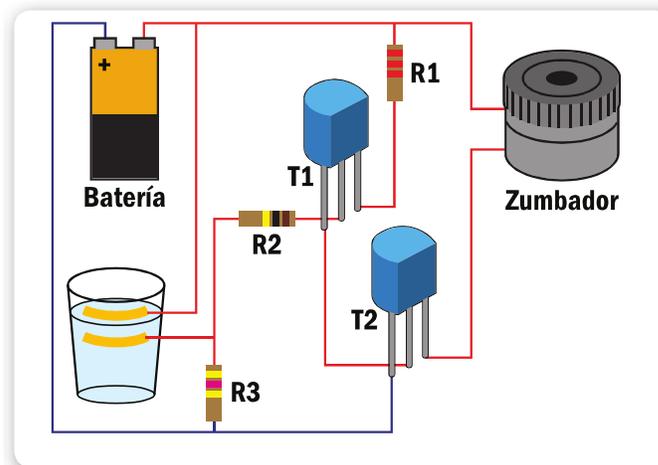


Figura 14. Esquema de la conexión correspondiente al medidor de nivel de agua con zumbador. Utilizamos una batería de 9 V en circuito cerrado.

Este esquema nos permite ver dos situaciones. En la primera, cuando el nivel está bajo, no circula corriente por ningún instrumento ya que ambos transistores están en corte o llaves abiertas: no hay circulación. En el momento en que los cables entran en contacto, gracias al agua

(elemento conductor), saturamos a T1, y este satura a T2, abriendo la compuerta y permitiendo la circulación por el elemento alarmante (en este caso, el zumbador).

Las resistencias utilizadas (R1, en el emisor; R2 y R3 en la base del T1) están para reducir la tensión de entrada. Recordemos que solo necesitamos 0,7 V en la base de T1 para que entre en estado de saturación. Se busca que, con las resistencias, se limiten las tensiones, para impedir el mal funcionamiento y regular la tensión circulante. Si reemplazamos el agua por otro medio, como la piel humana, obtendremos distintos niveles de señal.

Circuitos integrados

Los circuitos integrados, también llamados **chips**, son pastillas semiconductoras de silicio en las cuales se hallan, según su composición, miles o millones de dispositivos electrónicos, como transistores, resistencias, diodos y capacitores, interconectados entre sí para formar un circuito electrónico específico.

Estos circuitos electrónicos se encuentran dentro de un encapsulado de plástico o cerámica, el cual posee, en su exterior, conductores metálicos llamados **pines**, que se hallan conectados a la pastilla interna.

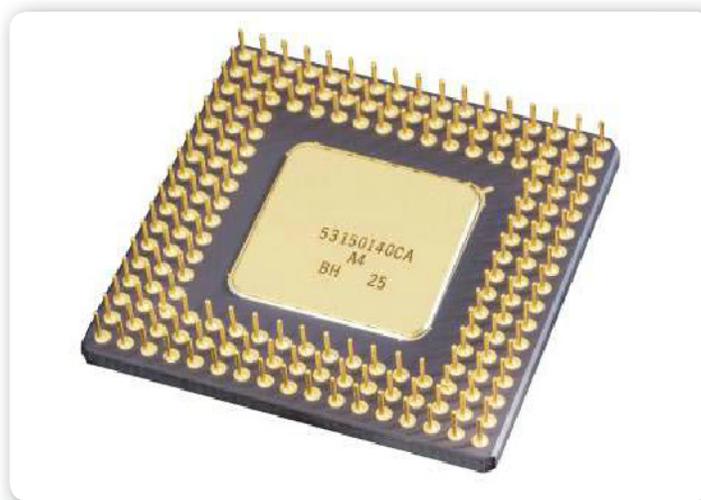


Figura 15. Ya que las pastillas de silicio son muy delicadas, los circuitos integrados se encuentran protegidos con encapsulados.

Fabricación de los circuitos integrados

El proceso de creación de circuitos integrados como los que encontramos actualmente en diversos productos electrónicos es muy complejo. En él, intervienen numerosas etapas de **fotolitografía**, proceso que consiste en transferir un patrón desde una fotomáscara, denominada **retícula**, a la superficie de una plancha de material semiconductor, comúnmente de silicio, aunque también se utilizan semiconductores compuestos para aplicaciones más específicas.

Clasificación de los circuitos integrados

Según el número de componentes que posean, podemos clasificarlos por su nivel de integración. Entre ellos, encontramos los siguientes:

- **SSI** (*Small Scale Integration*) - Integración a pequeña escala: es la escala de integración más pequeña de todas y comprende a todos aquellos integrados que contienen hasta diez componentes.
- **MSI** (*Medium Scale Integration*) - Integración a media escala: a esta escala pertenecen todos los integrados que contienen entre 10 y 100 componentes. Son muy comunes en los sumadores y multiplexores y eran muy utilizados en los primeros ordenadores.
- **LSI** (*Large Scale Integration*) - Integración a gran escala: comprende a todos los integrados que contienen de 100 a 1000 componentes. Esta escala de integración dio lugar a la construcción de microprocesadores, ya que pueden realizar las operaciones básicas de una calculadora o almacenar una cierta cantidad de bits.
- **VLSI** (*Very Large Scale Integration*) - Integración a muy gran escala: estos integrados poseen de 1000 a 10 000 componentes. Con su aparición, dan inicio a una gran era de compresión de los dispositivos, haciendo cada vez más común el uso de equipos portátiles.

Según sus funciones, podemos clasificarlos en dos grandes tipos:

- **Circuitos integrados analógicos**: pueden contener un número determinado de transistores sin conexión alguna entre ellos, o circuitos complejos y funcionales, como amplificadores, osciladores e, incluso, receptores de audio.

- **Circuitos integrados digitales:** pueden ser compuertas lógicas básicas, AND, OR, NOT, o aun más complejos, como microprocesadores o microcontroladores.

Tipos de encapsulados

Todos los chips están encapsulados de distintas formas y tamaños, dependiendo de la función que vayan a cumplir. Además, cada tipo de encapsulado posee una distribución y asignación de pines, que podemos consultar en sus respectivas hojas de datos.

En la actualidad, existe una gran variedad de encapsulados, entre los cuales podemos encontrar algunos como:

Encapsulados DIP (*Dual In line Package*): este es el tipo de encapsulado más antiguo y está recubiertos por una carcasa de plástico rectangular con una fila de pines a cada lado. El número máximo de pines de estos encapsulados suele ser de 48. Son utilizados para circuitos integrados de pequeña y mediana escala de integración.

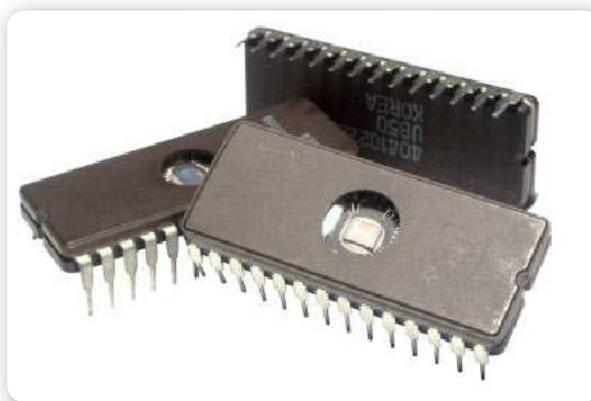


Figura 16. Estos integrados son capaces de borrar, de forma automática, los datos guardados en ellos mediante una radiación ultravioleta.

Encapsulados SIP (*Single In line Package*): al igual que los DIP, son los encapsulados más antiguos y presentan una fila única de pines para la conexión. El número máximo de estos suele ser de 24.



ALGUNOS FABRICANTES



Existe una gran variedad de fabricantes de circuitos integrados, cada uno de ellos para un fin específico. Todos estos fabricantes ofrecen una hoja de datos de cada componente, para dar a conocer al usuario su comportamiento y que los pueda utilizar en sus circuitos electrónicos. Algunos fabricantes son: Microchip, Intel, Samsung, Toshiba, Motorola, entre otros.

Encapsulados SOIC (*Small Outline Integrate Circuit*): estos encapsulados son los equivalentes a los DIP, pero de montaje superficial, ya que sus pines están dispuestos en forma de alas de gaviota, por lo que se los denomina **gullwing packages**. Fueron los primeros en introducir una distancia muy pequeña entre sus pines y, de esta manera, obtener un mayor número; generalmente, más de 64.



Figura 17. Estos integrados son utilizados en circuitos integrados analógicos y en el área de microelectrónica, ya que poseen una gran cantidad de pines muy pequeños.

Encapsulados QFP (*Quad Flat Package*): los terminales de este tipo de encapsulado son del mismo tipo que los SOIC, pero se caracterizan por tener pines en los cuatro lados del componente. Estos también son de un montaje superficial, al igual que los anteriores.



Figura 18. Estos integrados son muy utilizados en las plataformas Arduino, debido a su alto grado de integración, rendimiento y precisión analógica.

Encapsulados SOJ (*Small Outlined J-Lead*): estos encapsulados tienen pines solo a dos lados del dispositivo. Son muy utilizados en tecnologías **SMD** y, también, a la hora de montar los chips **DRAM** que se fabricaban con encapsulados DIP.

Encapsulados BGA (*Ball Grid Array*): este tipo de encapsulados aparece ante la necesidad de incrementar el número de entradas y salidas de circuitos integrados sin tener que aumentar el tamaño del dispositivo. Poseen pines con forma de bolas de estaño. Con esta distribución, se evitan terminales y distancias entre ellos.

Hojas de datos

También denominados **datasheets**, son documentos que nos permiten conocer el funcionamiento y las características de los componentes electrónicos, brindados por los propios fabricantes. Contienen suficientes detalles para que podamos realizar cualquier circuito electrónico, teniendo en cuenta dicha información.

En estas hojas de datos, podemos encontrar informaciones como: datos del fabricante, número y denominación, distribución de pines, propiedades, descripción de su funcionamiento, esquema de conexiones típicas, tensión de alimentación y consumo, condiciones para su correcta operación, esquemas de ondas de entrada/salida, normas de seguridad y uso.

Disipadores

Un disipador es un instrumento (por lo general, de aluminio), que se utiliza para disminuir la temperatura de algunos componentes electrónicos, como los circuitos integrados, evacuando el calor de este hacia el aire. Como consecuencia, se reduce la temperatura de trabajo del dispositivo, ya que la cantidad de calor en él es menor.

Si bien un disipador clásico es un instrumento de **extrusión** de aluminio o una chapa de aluminio doblada con perforaciones para el montaje de distintos circuitos integrados, en la actualidad, el costo del aluminio nos lleva a tratar de resolver el problema de disipación de calor mediante otros métodos, menos tradicionales. Estos, en una primera instancia, parecen ser más caros, pero terminan resultando más económicos que cualquier disipador clásico a la hora de disipar grandes potencias.

Un ejemplo de disipadores son los **coolers** para computadoras. En estos, se pueden encontrar disipadores de menos de 0,5 °C/W a precios relativamente bajos, debido a su gran escala de fabricación.

Otro ejemplo son las **celdas Peltier**, que, al circular una corriente eléctrica por el material, producen una diferencia de temperatura en ambos lados. Estas pueden trabajar perfectamente como instrumentos disipadores de calor, aunque, por su bajo rendimiento, precisan de una fuente de alimentación muy alta.

Estas celdas basan su funcionamiento en la utilización del efecto inverso al Seebeck.

Ley de Ohm térmica

Al igual que en todos los circuitos eléctricos, podemos definir una Ley de Ohm en los circuitos de flujo de calor. Pero, antes de esto, es necesario identificar elementos térmicos.

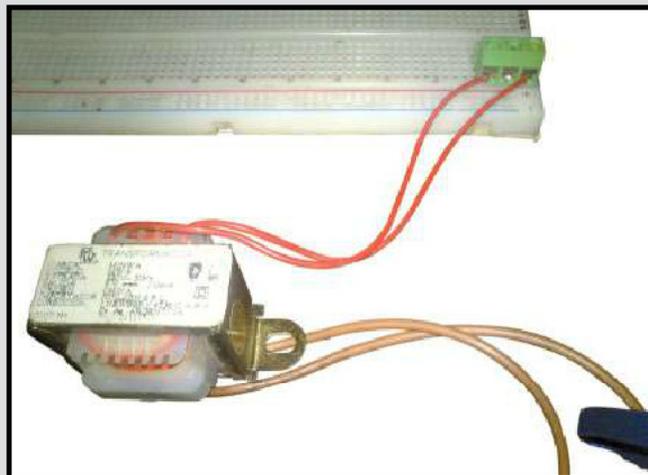
El panel de masa del circuito eléctrico está compuesto por el aire, que adopta una temperatura ambiente de unos 25 °C. La diferencia de potencial eléctrica encuentra su similitud con la diferencia de temperatura. La potencia generada en forma de calor en el dispositivo posee su equivalente en la corriente eléctrica que es entregada por la fuente de tensión. Y, por último, la resistencia eléctrica encuentra su semejanza en la resistencia térmica medida en °C/W (grados Celsius por cada watt).

Veamos en este **Paso a Paso** cómo armar un cargador de baterías.

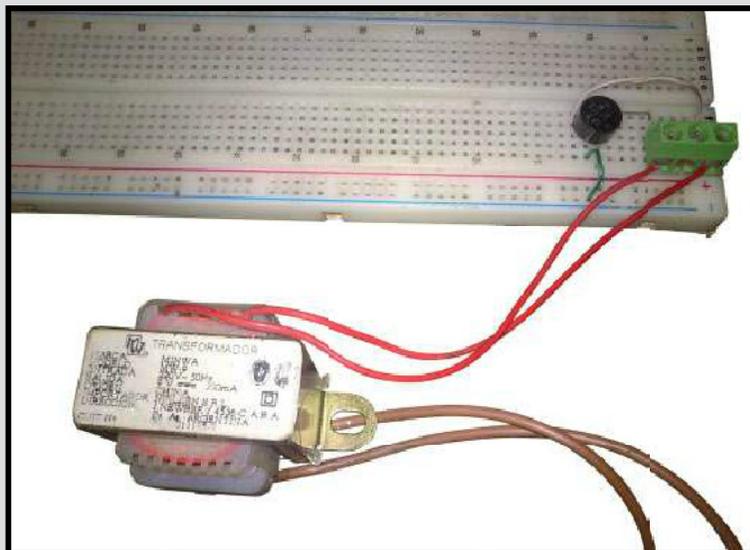
PAP: CARGADOR DE BATERÍAS



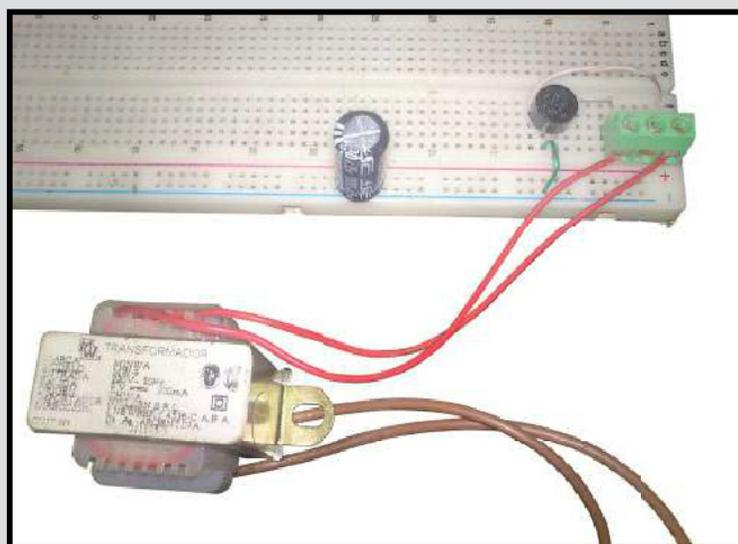
01 Sin conectar el transformador a la red de alimentación doméstica, conecte la salida a las borneras en la protoboard.



02 Luego, conecte los diodos o puente de diodos que vaya a utilizar para rectificar la señal entregada por el transformador.



03 Una vez conectados los diodos o puente de diodos, conecte el capacitor para obtener un menor rizado de la señal.

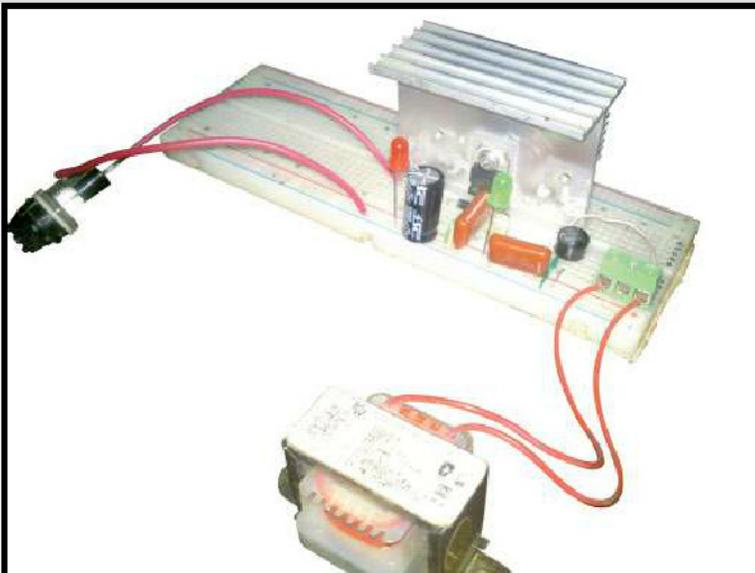


**04**

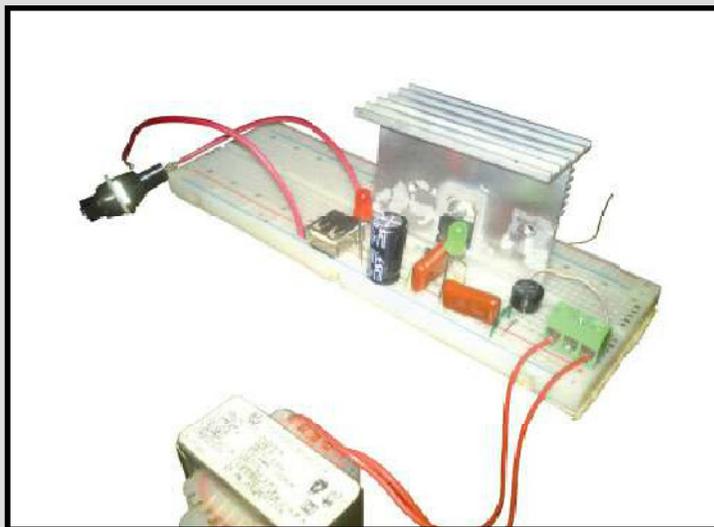
Una vez que obtenga un menor rizado en la señal, conecte el regulador de tensión con sus capacitores de filtro.

**05**

Coloque un fusible de protección y leds indicadores con resistencias limitadoras de corriente a la salida del circuito.



06 Para finalizar, conecte a éste un puerto de salida. Debido a su gran uso, utilice un USB hembra.



RESUMEN



En este capítulo, conocimos todo lo que hay que saber acerca de semiconductores y diodos, elementos imprescindibles en el campo de la electrónica. Vimos que el diodo, por ejemplo, es el dispositivo semiconductor más sencillo que regula el paso de corriente eléctrica en función de su polarización. El transistor extiende las funciones del diodo y puede actuar como llave o como regulador de una señal de corriente alterna. Dentro de los transistores, vimos dos clases: los bipolares y los llamados de efecto de campo o FETs. Abordamos también el tema de los circuitos integrados y explicamos la necesidad de eliminar la mayor cantidad de calor generada por los componentes durante su utilización, por medio del uso de disipadores.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Cuál es la clasificación existente de los materiales según su capacidad de conducir electricidad?
- 2 ¿Cómo se ubican los **semiconductores** según esta tipología y cuáles son los materiales más utilizados?
- 3 ¿Qué se debe realizar para que un material semiconductor se comporte de una manera práctica?
- 4 Describa los **materiales de tipo N y P**.
- 5 ¿Qué es un **diodo** y cuáles son sus características?
- 6 ¿Qué es un **transistor** y cómo funciona?
- 7 ¿Cuáles son las características de un **transistor bipolar**?
- 8 ¿Cuál es la aplicación de un **transistor de efecto de campo** y por qué reemplazó el uso de las **válvulas termoiónicas**?
- 9 ¿Qué son los **circuitos integrados**? ¿Cómo se los clasifica según su nivel de integración?
- 10 ¿Qué son los **disipadores** y para qué se los utiliza?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Dispositivos de visualización

Estudiaremos los métodos de visualización en electrónica y su evolución desde los dispositivos electromecánicos, hasta llegar a las modernas pantallas LCD, de plasma y de LEDs. Además, conoceremos cómo funcionan la tinta electrónica y los displays volumétricos, que introducen el concepto de proyección tridimensional a las representaciones gráficas.

▼ Visualización en electrónica.. 196

Displays electromecánicos	196
Tubos Nixie.....	197
Visualizadores fluorescentes de vacío	198
Visualizadores lightguide	198
Tubos de rayos catódicos.....	199
Pantallas de cristal líquido.....	200
Visualizadores proyectables.....	201

▼ Tecnologías de uso frecuente 201

Matriz de puntos.....	206
Tecnologías más utilizadas	208

Retroiluminación	211
Ventajas de los LCD.....	212
TV 3D.....	214

▼ Visualización moderna..... 216

Tinta electrónica.....	216
Imagen en 3D	219
Holografía	220
Displays volumétricos.....	222

▼ Resumen..... 225

▼ Actividades..... 226





Visualización en electrónica

A través de la historia de la electrónica, se han presentado numerosos casos donde un dispositivo realizaba operaciones y los resultados eran medibles como acciones; más tarde, se hizo necesario crear dispositivos que mostraran la información de manera visual para poder controlar, medir e inclusive seguir el proceso en tiempo real.

Por lo general, estos dispositivos suelen pasar desapercibidos, ya que los encontramos en la mayoría de los aparatos electrónicos actuales y nos resultan familiares. Pensemos que, históricamente, encontrar estos visualizadores requería construcciones importantes.

En sus inicios, los **visualizadores** (o **displays**) se formaban mediante la combinación de elementos físicos premodelados y luz, como en el caso de los semáforos, que se representaban con dos cristales de distintos colores y una fuente emisora de luz, y su combinación nos otorgaba señales que interpretábamos como avanzar o detenerse. Los primeros visualizadores de nivel estaban formados por una regla o escala con números recortados y, a medida que aumentaba el nivel, una pequeña luz iluminaba los números; de esta manera, podíamos identificar determinadas situaciones. Vamos a categorizar los visualizadores según su funcionamiento.

Displays electromecánicos

Estos displays fueron muy utilizados para intercambiar mensajes pregrabados, con relativa facilidad. Su principio de funcionamiento se basaba en interponer elementos entre la luz y el objeto que se quería informar, o intercambiar mensajes pregrabados mediante una secuencia de tiempo. Se utilizaban en la mayoría de los aeropuertos



DISPLAYS PUBLICITARIOS



Las aplicaciones que han recibido los displays a lo largo del tiempo fueron tomando nuevos rumbos. La posibilidad de poder proyectar no solo texto sino imágenes, jugar con los colores y las resoluciones permitió expandirse, por ejemplo, a la industria publicitaria. Hoy encontramos por las calles paneles LED publicitarios de grandes dimensiones y resoluciones cada vez más nítidas.

para indicar el estado de los vuelos y brindar avisos varios. Otros dispositivos desplazaban la luz de fondo por sobre los mensajes.

Los visualizadores más modernos empleaban también electroimanes para desplazar los obstáculos sobre la luz y generar diversos mensajes.

Tubos Nixie

A medida que las tecnologías avanzaban, fueron apareciendo distintos tipos de visualizadores, como los **tubos Nixie**, que consistían en una válvula compuesta de un ánodo que funcionaba como una rejilla encima de los cátodos.

Estos ánodos se fabricaban con formas predeterminadas y se apilaban unos encima de otros; luego se encerraban en una ampolla con gas de neón a baja presión que permitía la incandescencia del flujo de electricidad. Esas válvulas, por lo general, se utilizaban para representar números y símbolos, pero debían instalarse en una sola dirección y esto generaba la pérdida de visibilidad desde distintos ángulos.

UN VISUALIZADOR
CONVIERTE DATOS
NUMÉRICOS EN
INFORMACIÓN FÁCIL DE
INTERPRETAR



Figura 1. Los **tubos Nixie** presentados en ampollas con ánodos premodelados. Tienen el inconveniente de carecer de un buen ángulo de visión.

Visualizadores fluorescentes de vacío

Conocidos también como **VDF** (*Vacuum Fluorescent Display*), son una variante de los tubos Nixie y se utilizaban como pantallas fluorescentes, muy difundidas en todo tipo de dispositivos electrónicos. Están compuestos (en la actualidad se siguen usando) por diversos filamentos que actúan como cátodos, varios ánodos de fósforo y rejillas que definen los caracteres. Lograron su crecimiento gracias al desarrollo de las calculadoras y los equipos de comercio, que requerían pequeños paneles informativos.

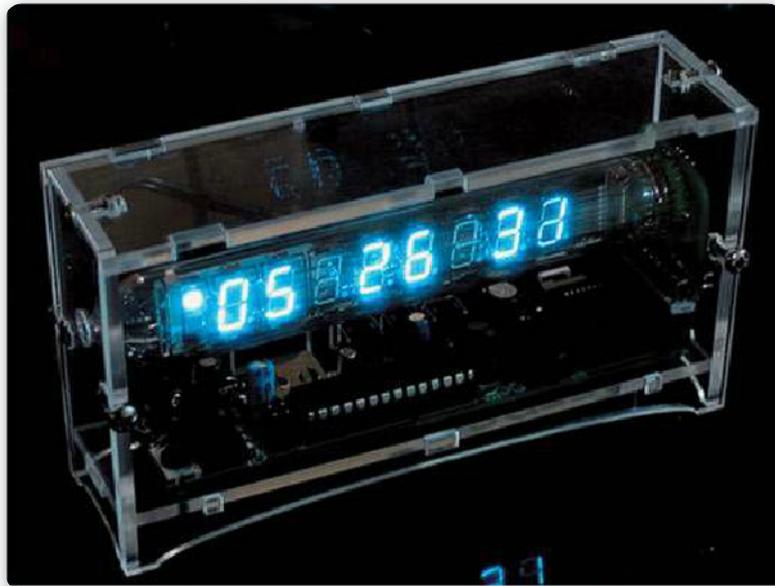


Figura 2. Reloj basado en tecnología **VDF**. Se caracteriza por tener una alta luminiscencia y consumir relativamente poca corriente.

Visualizadores lightguide

Cuando el método constructivo se volvió complejo, caro y, en algunos casos, disfuncional se aplicaron técnicas para modelar la luz directamente desde la fuente. Según la necesidad, se moldean formas en una tira de acrílico reflectante y, al ser iluminada en un determinado punto, la luz se refracta internamente haciendo **brillar** el material, lo que resalta la forma del acrílico. Este principio fue utilizado y mejorado gracias al desarrollo de la fibra óptica.

Actualmente, es utilizado en pequeños dispositivos, como los LEDs simétricos.



Figura 3. Los **lightguide** se aplican en carteles informativos y para diseño lumínico, ya que solo se cambia el color de la fuente para modificar su aspecto.

Tubos de rayos catódicos

Los primeros dispositivos que propusieron visualizaciones dinámicas sin modificar su forma física fueron los monitores **CRT** (*Cathode Ray Tube*). En ellos, se proyectaban, mediante un haz de rayos catódicos sobre una superficie curva de vidrio de fósforo y plomo, imágenes fáciles de identificar y modificables electrónicamente. Las dimensiones y los problemas a largo plazo hicieron que, ante la nueva tecnología, los monitores CRT fueran reemplazados.

EL USO
INFORMATIVO
DERIVÓ EN NOVEDOSAS
APLICACIONES DE
ENTRETENIMIENTO



INTERFACES TÁCTILES

Con el desarrollo de las tecnologías táctiles, la información representada en los displays puede ser manipulada mediante movimientos o gestos. Esta interacción entre el humano y la representación gráfica de la información promueve el desarrollo de nuevos mecanismos y procesos que permiten gestionar una determinada información desde la interfaz, de manera directa.



Pantallas de cristal líquido

Los monitores **LCD** (*Liquid Crystal Display*) están presentes en cualquier dispositivo actual que necesite representar determinada información. Estos visualizadores han sido los principales responsables del fracaso de los mencionados anteriormente, ya que redujeron el consumo eléctrico y las dimensiones, mejoraron las formas, las resoluciones, los procesos de fabricación, etcétera. Constan de múltiples capas superpuestas sobre una fuente emisora de luz. La luz, al pasar por las láminas de difracción, permite la formación de imágenes. El cristal líquido excitado electrónicamente es el encargado de permitir el pasaje o la obstrucción de la luz.



Figura 4. Si bien los **monitores LCD** no presentaban una mejora significativa con respecto a los **CRT**, la tecnología interna y las aplicaciones sí lo hicieron.



HOLOGRAFÍA



Es una técnica inventada en 1947 que representa una determinada información computarizada en una imagen visible en tres dimensiones con la cual el usuario puede interactuar. Fue pensada para grabar una película fotosensible y, con el uso de luz en ángulos adecuados, proyectar la imagen en tres dimensiones. Con ella se suprime cualquier medio físico, ya que se proyecta la información **en el aire**.

Visualizadores proyectables

La tecnología **DLP** (*Digital Light Processing*) se desarrolló para evitar el formato físico de la representación de imágenes. Consta de un dispositivo que genera imágenes microscópicas y, mediante espejos y luces estratégicamente colocados, es capaz de proyectar la imagen sobre una superficie que puede o no ser plana. Comercialmente, se utiliza en presentaciones y complejos de cines, entre otros.

LOS VISUALIZADORES
MEJORAN EN CUANTO
A PROCESOS DE
FABRICACIÓN,
COSTO Y UTILIDAD



Tecnologías de uso frecuente



Dentro de la rutina diaria, nos encontramos, con frecuencia, consultando datos o información frente a una pantalla. Este tipo de dispositivos ya forma parte de nuestra vida y nos brinda cualquier tipo de información, hasta la más sencilla, como la hora en un reloj.

En cuanto al armado de prototipos y a la electrónica, el tipo de pantalla o display –como es más comúnmente llamada dentro del ambiente– es el de 7 segmentos. Este tipo de displays poseen la capacidad de mostrar información en forma de números, desde el 0 al 9, o bien, de letras, desde la A hasta la F. Consta de un módulo con 7 segmentos, que se pueden encender de forma individual; cada uno está vinculado a una pata determinada y representada con una letra, de acuerdo con su posición en el módulo. Esta disposición se puede encontrar en las hojas de datos del modelo de display que se esté utilizando. Normalmente, los segmentos se enumeran con letras de la **a** a la **g**.



MICROCONTROLADOR CD4028



Es el que decodifica datos **BCD** en señales binarias u octales. Los datos decimales se envían a los terminales a-g de los displays de siete segmentos. Cada segmento de un display tiene un diodo LED con la forma del segmento. Se los puede ver en los carteles de precios, donde vienen con el número ocho en blanco y se le deben pintar los segmentos que se quieran para lograr el número deseado.

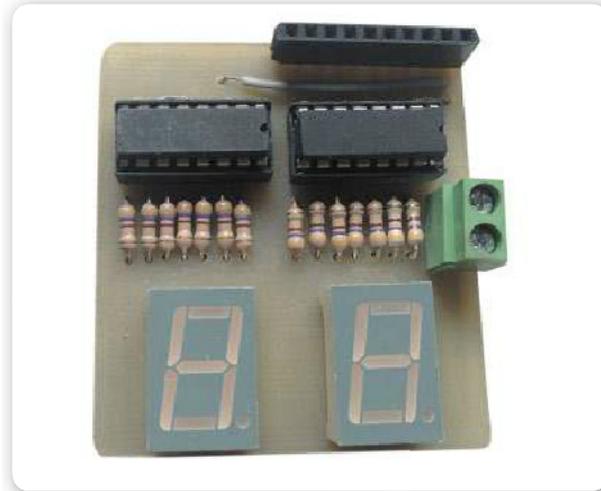


Figura 5. Placa convertora de BCD a display de 7 segmentos.

Es muy utilizado debido a su económico precio y a que es muy sencillo de aplicar en proyectos propios para visualizar información.

Los diodos LED dentro del módulo conforman unas conexiones

internas, determinadas de forma tal que haya un ánodo o cátodo común y cada terminal individual constituya, en un caso, el cátodo, y en otro, el ánodo del segmento indicado.

En el caso de que el terminal común sea el cátodo y los ánodos estén dispuestos en los terminales a-g, los segmentos se encenderán con valores altos de tensión o 1 lógico, y el cátodo deberá estar conectado a masa o tierra. Este tipo de displays se llama de **cátodo común**. En caso contrario, los segmentos se encenderán con

valores bajos de tensión o 0 lógico, y el ánodo deberá ir conectado a Vcc. En este caso, a estos displays se los denomina de **ánodo común**.

En muchos displays podemos encontrar un décimo terminal –aparte de los a-g y dos ánodos o cátodos–, que es el asignado al punto. Este octavo segmento se utiliza en caso de mostrar información numérica y requerir de la utilización del punto, ya sea para especificar decimales a la derecha del módulo del display, o bien para separar de a tres dígitos un número de grandes cifras y que sea más fácil de visualizar. Por lo general, se suele encontrar el terminal del punto con la nomenclatura **DP**.

EL DISPLAY DE
7 SEGMENTOS ES
EL MÁS ECONÓMICO
Y MUY SENCILLO
DE APLICAR



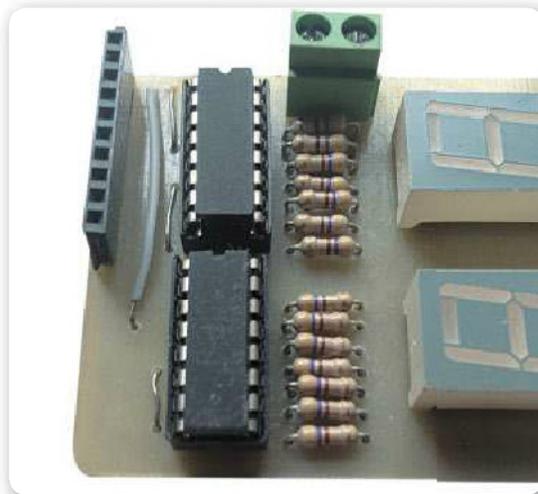


Figura 6. Microcontrolador conversor de BCD a 7 segmentos. Modelo 4511.

Existen variaciones y evoluciones de los display de 7 segmentos, debido a que, con el tiempo, se necesitó mostrar más información en el mismo tamaño. La solución a esto fue agregar segmentos a los encapsulados, es decir, agregar diodos LED.

Un ejemplo es el **display de 16 segmentos**, en el que se pueden visualizar los caracteres ASCII y todo el alfabeto latino, sin dificultad para reconocer las letras como en los de 7 segmentos.

A diferencia de los anteriores, los displays de 16 segmentos muestran una figura de asterisco encerrado por un cero cuando se encienden todos los segmentos. En los displays de 7 segmentos se formaba un número ocho cada vez que se encendían todos los segmentos.

La cantidad de segmentos se logró dividiendo los horizontales en dos, agregando cuatro diagonales que parten desde el centro del encapsulado y otros dos segmentos puestos verticalmente en el centro del encapsulado. Así se llega a un total de 16, además del DP. Estos displays también pueden ser encontrados en sus dos versiones de ánodo común y de cátodo común.

Existe un eslabón intermedio que es el **display de 14 segmentos**. Más económico y más limitado que el de 16 segmentos, muchas veces se lo denomina **Union Jack**, en referencia a **Union Flag** o bandera del Reino Unido, ya que los segmentos de este display tienen la misma disposición que los trazos en la bandera del Reino Unido. Fue diseñado principalmente para mostrar números y letras; estas se ven más claras

que en los displays de 16, ya que los segmentos horizontales superior e inferior no están divididos en dos fracciones.

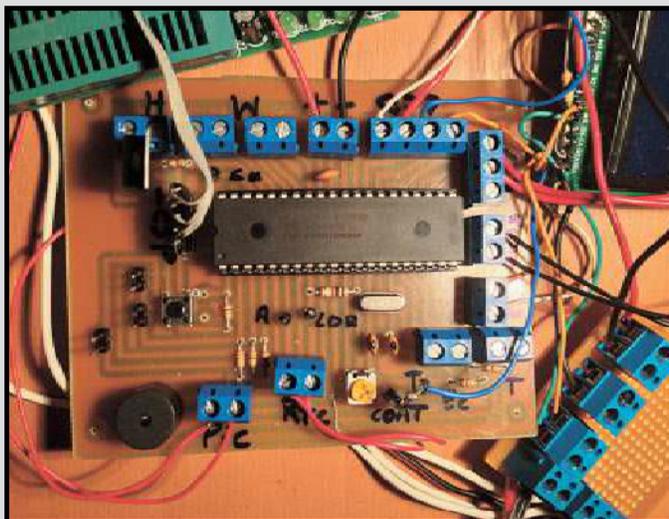
Los displays pueden ser de tubos con gas ionizado; LCD, como se utiliza normalmente en las calculadoras y relojes; o bien pantallas VFD, fluorescentes de vacío que constan de un ánodo de fósforo que se ilumina en una pequeña cápsula de vacío. Este tipo de tecnología logra un enorme brillo con poca energía, aunque en el mercado ha sido fuertemente desplazado por las pantallas LCD y LED.

Para el siguiente Paso a Paso necesitaremos los siguientes elementos: una placa con un reloj, un intermediario que analice los datos y active la alarma y, por último, un periférico para mostrar los datos que se manejan, en este caso, una pantalla LCD. El circuito principal consta del integrado LS1307, un reloj de tiempo real que transmite los datos de forma serie por estándar I2C. Para su correcto funcionamiento, necesita de un circuito de Clock preciso con un valor de 32768 Hz. Este reloj maneja una memoria E2PROM con un contador en hexadecimal.

PAP: RELOJ CALENDARIO CON ALARMA



01 Luego de tener el reloj funcionando, mande esos datos hexadecimales a través de I2C hacia, en este caso, un PIC que realice la conversión a decimal y que también se encargue de reservar uno de sus bits para activar la alarma.



02

Una vez convertidos los datos a decimal (se utilizó el método de saltar los valores con letras sumando 6 decimales), se transmitirán a la pantalla LCD. Esta posee 8 bits para datos, aunque en este caso se utilizan solo 4, ya que los datos se envían en 2 paquetes. Otro bit para indicar que se lee o se escribe y, luego, la alimentación de 5 V.

```

CodeDesigner Lite - [E:\P.L.F\Electronica\Programas\Programa Ppal.pbp]
File Edit Compile Programmer Options Window Help
PIC16F877

IF a = $89 Then
a = $90
GoTo seleccion
EndIF
IF a = $99 Then
a = $0
Else
a = a + $1
EndIF
GoTo seleccion

menos!:
IF a = $10 Then
a = $9
GoTo seleccion
EndIF
IF a = $20 Then
a = $19
GoTo seleccion
EndIF
IF a = $30 Then
a = $29
GoTo seleccion
EndIF
IF a = $40 Then
a = $39

```

03

Por último, e independientemente del resto del circuito, se puede agregar una alarma dentro de una variable en el PIC. Esta variable se comparará de manera constante con la hora actual y se activará cuando la hora sea igual al contenido de la variable.

```

CodeDesigner Lite - [E:\P.L.F\Electronica\Programas\Programa Ppal.pbp]
File Edit Compile Programmer Options Window Help
PIC16F877

Poke TRISA, %11111111
Poke PORTE, %00000000
B0 VAR BYTE

IF DB0[1] = 0 AND DB0[2] = 0 AND DB0[4] = 0
GoTo cfgia
EndIf

LCDOut $FE,1, "hola"
Pause 1000
ON INTERRUPT GoTo interrupcio
GIE = 1
aux = 0
w = 0
Low trig

sube:
flag = 0
cont = 0

High trig
PauseUs 10
Low trig

```

Matriz de puntos

Los diodos LED tuvieron una amplia aceptación dentro del mundo de los displays. Luego de experimentar con los displays de 7 a 16 segmentos, se siguió incursionando con este tipo de dispositivos a base de LEDs, gracias a su sencilla construcción y a su gran utilidad.

Como resultado de esto, salieron al mercado las pantallas de **matriz de LEDs** o **Dot Matrix Display**.



Figura 7. Pantalla con disposición de LEDs personalizada: no posee forma de matriz.

Estas pantallas constan de diodos LED alineados en forma de matriz dentro de un encapsulado similar a los displays de 7 segmentos. Son comúnmente usadas para mostrar horas, temperatura, noticias y muchos otros datos que se exhiben en carteleras. Los displays de matriz se construyen en diferentes tamaños y resoluciones: por ejemplo, 5x7, 8x9, 128x16, 128x32 y 128x64 (los números representan la cantidad de LEDs a lo ancho por la cantidad a lo alto, respectivamente).

La disposición de los diodos LED en un display de matriz se hace de dos maneras: o bien, con los ánodos por filas y los cátodos por columnas, o al revés, con los ánodos por columnas y los cátodos por filas. Los LEDs están adheridos a la base del encapsulado y cada uno posee un compartimento circular con un material translúcido sobre la superficie de este. De esta manera, la luz queda dispersa sobre el compartimento circular y no molesta la vista.



Figura 8. Display de matriz de LED con posición fija y variedad de colores.

Las pantallas **flip-disc** son las predecesoras de los displays de matriz y constan de un dispositivo electromecánico con una placa y agujeros en ella. Dentro de estos agujeros, hay tapas con un eje controlado por un sistema que les permite rotar dependiendo de los contactos que se activen. Las placas circulares que tapan los agujeros de la estructura principal están pintadas de un color oscuro de un lado y claro del otro; de acuerdo con el color que tenga la estructura principal y cómo se maneje la pintura, van a contrastar o camuflarse con el fondo.



Figura 9. Display de matriz de LED con un solo color y la capacidad de barrer un texto.

Los controladores computarizados se encargan de leer datos de caracteres y traducirlos en pulsos positivos o negativos, y, así, girar las paletas correspondientes para formar el carácter deseado.

Existen varios diseños para este tipo de pantallas. Su objetivo es reducir la cantidad de cables, ya que conectar de manera individual cada solenoide puede llegar a formar una gran masa de cables. Sin embargo, esto dependerá mucho de la resolución de las pantallas.

Uno de los diseños más comunes de este tipo de pantallas es formar una matriz simple con las bobinas y alimentarlas horizontal y verticalmente. La línea vertical se inducirá con la mitad de la corriente necesaria para girar el disco; con la línea horizontal sucederá lo mismo. De esta forma, solo el solenoide que esté conectado a ambas líneas, vertical y horizontal, recibirá suficiente corriente para girar su disco.

Otros diseños utilizan diodos para aislar los solenoides, lo cual permite mayor independencia al seleccionar los discos. Esto es más eficiente en cuanto a consumo y brinda robustez al sistema.

Algunas pantallas utilizan el otro extremo del solenoide para accionar un **reed switch** que controla una matriz de diodos LED detrás del disco. De esta forma, el disco que no gira por completo deja al descubierto una luz que actúa de su **lado claro** y convierte la pantalla en nocturna, ya que permite una lectura con perfecta visibilidad en ambientes sin luz. Este es el principio de funcionamiento de las pantallas LCD y la evolución que llevó a la creación de pantallas de matrices con diodos LED.

Esta evolución también trajo el concepto de retroiluminación en una pantalla, que es el método que le brinda la posibilidad a un display de ser visible en ambientes con poca luminosidad. Hoy en día, la retroiluminación es encontrada en casi todos los displays que utilizamos cotidianamente. Es más, el control del brillo en una pantalla es el manejo de la intensidad de luz de su componente retroiluminante.

Tecnologías más utilizadas

En la actualidad, uno suele encontrarse, en numerosas ocasiones del día, utilizando algún tipo de pantalla, ya sea al despertarse con un reloj, al mirar televisión o al usar una computadora. Los displays más utilizados o más consultados cotidianamente son los que poseen tecnología de cristal líquido o LCD, independientemente de su tipo de retroiluminación.

La tecnología de LCD consta de un panel frontal que utiliza las propiedades del cristal líquido para modular la luz. El cristal líquido no posee la capacidad de emitir luz de manera directa.



Figura 10. Display LCD con retroalimentación.
Este dispositivo brinda una imagen de calidad excelente.

Los displays LCD son multipropósito, a diferencia de los de 7 segmentos, lo que significa que pueden reproducir casi cualquier tipo de imagen teniendo siempre en cuenta las capacidades de la pantalla. Esto es posible porque utilizan pequeños píxeles en forma de matriz y en gran cantidad, mientras que otros displays poseen elementos más grandes.

Gracias al diminuto tamaño de los píxeles y al gran tamaño de la pantalla, casi cualquier tipo de imagen es reproducible por este tipo de pantallas. Esto no ocurre con los displays de 7 segmentos, por ejemplo, porque están limitados físicamente a reproducir números y algunos caracteres.



TASA DE REFRESCO O REFRESH RATE



En otras actividades, a excepción de los juegos, como, por ejemplo, la televisión o el cine, la tasa de refresco mínima encontrada en cualquier monitor o televisor –entre 60 y 75 Hz– cubre más que perfectamente los frames por segundo (fps) que muestran estas dos actividades; la televisión oscila entre 25 y 30 fps, y el cine, 24 fps.



Figura 11. Monitor LCD con retroiluminación con lámparas fluorescentes. En este caso, no se aprecia una falta de brillo llegando al centro.

Además de que el LCD es más eficiente en cuanto al consumo de energía, se puede decir que es más seguro, ya que utiliza tensiones mucho más bajas que las pantallas CRT.

Dependiendo del tamaño de los CRT, varía su tensión en el tubo de rayos catódicos, aunque se suele hacer un cálculo rápido de 1000 voltios por cada pulgada, en diagonal, que posea la pantalla. En cambio, los LCD manejan valores de tensión tan bajos que pueden ser alimentados por una batería.

El funcionamiento de estos displays está basado en la modulación electrónica de la luz, a partir de pequeños segmentos llenos de cristal líquido colocados en frente de una fuente de luz o de un elemento reflector para producir imágenes a color o en blanco y negro.

Cada píxel posee cristal líquido en su interior, es decir, una capa de moléculas alineadas entre dos electrodos transparentes y dos filtros polarizantes. Los electrodos se encuentran en contacto con el cristal líquido y, cuando estos se polarizan, la orientación de las moléculas de cristal líquido cambia de dirección y permite que la luz pase a través del píxel.

Luego de este paso, se ponen filtros con celdas RGB en frente para darle color a la imagen. Los tonos pueden variar dependiendo del grado de polarización de los electrodos, ya que el cristal líquido puede dejar pasar más o menos cantidad de luz.

Cuando se requiere manejar un gran número de píxeles, no es viable manipular cada uno de modo individual. Lo que se hace en estos casos es **multiplexar** la pantalla: esto genera que algunos electrodos se agrupen en filas, y otros, en columnas. La combinación para acceder a cada píxel es única, y esto hace que el circuito sea mucho más flexible y fácil de manejar por software.

No obstante, no todos los displays de LCD son de estas dimensiones de complejidad. Existen versiones de displays de 7 segmentos hechos con LCD; por ejemplo, los relojes, ya sean de pulsera o despertadores. Estos circuitos son mucho más sencillos porque no están diagramados con píxeles sino con segmentos, de la misma manera que en los displays de LEDs. De todos modos, existen configuraciones que mezclan píxeles y segmentos para dar mayor información en la configuración de los displays.

Retroiluminación

Debido a que el cristal líquido no produce su propia luz, requiere de un sistema que ilumine la parte posterior para que, luego, esta sea modulada a través de cada píxel.

Uno de los sistemas más utilizados es el **CCFL**, que consta de dos lámparas fluorescentes ubicadas en los lados del display, aunque en muchas configuraciones de bajo costo suele encontrarse solo una. Además de las lámparas, en este sistema se utiliza un **elemento difusor** y dos **polarizadores** que dispersan la luz de manera uniforme por toda la pantalla.

Otro de los métodos utilizados para la retroiluminación, y muy difundido últimamente en televisores y teléfonos celulares, es a través de LEDs. Existen varios métodos de retroiluminar con LEDs. Uno de ellos es el de **WLED**, que consiste en posicionar una tira de LEDs blancos a uno o más lados de la pantalla. En este caso, también es necesario un material reflectante para que disperse la luz. El problema que suele encontrarse con este tipo de configuraciones con iluminación a los lados del display, independientemente de que sea LED o una lámpara fluorescente, es que el brillo de la pantalla va disminuyendo hacia el centro. Este efecto puede reducirse usando un buen material reflectante, aunque nunca llega a desaparecer.

LA WLED ESTÁ
COMPUESTA POR UNA
MATRIZ COMPLETA
DE LED
BLANCOS



Para solucionar definitivamente este problema, existe la retroiluminación WLED, que consta de una matriz completa de LEDs blancos ubicados justamente detrás de un material difusor y luego del LCD propiamente dicho. Este diseño fue tomado en gran medida por fabricantes de televisores, que llamaron a sus productos **televisores LED**, a pesar de que la tecnología de la pantalla siga siendo LCD.

De todas formas, la implantación de LEDs en displays trajo consigo grandes beneficios para la visualización de imágenes, sobre todo en televisores y monitores, como el aumento del **contrast ratio** o tasa de contraste de 1000:1 en los LCD retroiluminados por lámparas fluorescentes, a un valor de 30000:1, en iluminación con LED.

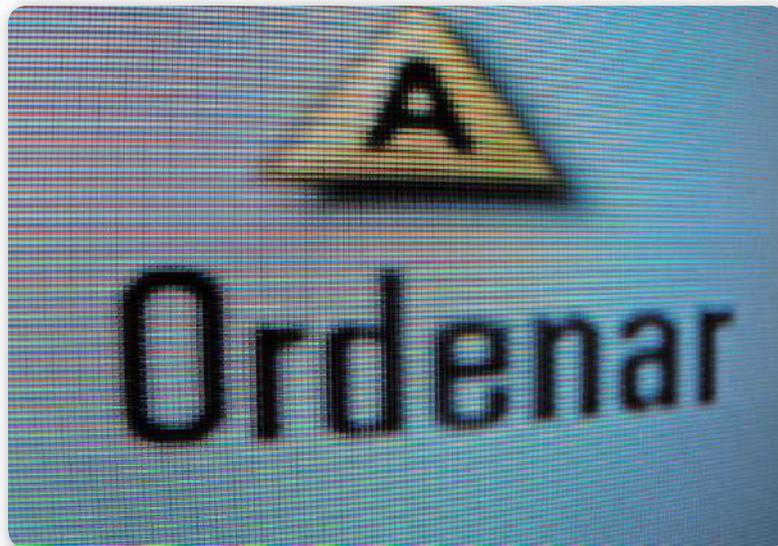


Figura 12. Televisor LCD con resolución full HD (1920x1080). Se puede apreciar cada píxel con sus secciones rojo, verde y azul.

Ventajas de los LCD

Muchas veces se cuestionó la superioridad de los LCD frente a los CRT con el argumento de que solo se podían visualizar correctamente los colores si se los miraba de frente, ya que en cuanto variaba el ángulo de visión, los colores se distorsionaban.

Sin embargo, una ventaja que supuso la evolución de los LCD fue el incremento de la resolución por pulgada. Si bien el término **resolución** define la cantidad de píxeles de ancho por la cantidad de alto, este valor no define el tamaño de la pantalla, ya que variará

según el tamaño del píxel. La resolución por pulgada ofrece este dato de manera indirecta, ya que describe la cantidad de píxeles que existen dentro de una pulgada de la pantalla. Cuanto mayor es el valor, más nitidez habrá en la imagen.

Este parámetro fue incrementando en los últimos años, sobre todo en la tecnología móvil, ya sean teléfonos celulares o notebooks, con el fin de lograr una mejor calidad de imagen en un tamaño más pequeño. Aumentó a tal punto que hoy se pueden encontrar teléfonos celulares con resoluciones de pantalla de 1080x1920, tamaño full HD, en 4.7", lo que implica 469 ppi (**pixels per inch**), o tablets como el iPad con resoluciones de 2048x1536 en 9.7", es decir, 264 ppi. El éxito de este último fue tan grande que Apple comenzó a implementar este tipo de pantallas en sus portátiles. Esta tendencia al aumento de la resolución por pulgada comenzó a partir de la salida del iPhone 4, con una resolución por pulgada de 326 ppi, aplicada a una pantalla llamada **Retina Display**. Este tipo de pantallas se obtuvo calculando un valor de resolución por pulgada en el que, a una distancia de uso normal –naturalmente varía dependiendo del dispositivo–, los píxeles sean imperceptibles para el ojo humano.



Figura 13. iPhone 5 con pantalla Retina Display. En este tipo de pantallas, los píxeles no se distinguen a una distancia normal de uso.

Uno de los factores que trajo consigo la implementación de pantallas LCD fue la **tasa de refresco (Refresh Rate)** que define la cantidad de veces por segundo en la que el display puede

entregar información. Esto significa que las pantallas LCD se están “encendiendo y apagando” continuamente; la tasa de refresco, que se mide en hertz, indica el número de veces que lo hace por segundo. Este valor es el que limita la cantidad de **cuadros** o **frames** por segundo que la pantalla puede mostrar.

TV 3D

Con la introducción de la **TV 3D**, el concepto de tasa de refresco en un televisor tuvo que ser rediseñado para ajustarse a los requerimientos que el 3D trajo consigo. El valor que se obtuvo como óptimo para televisores 3D resultó de multiplicar por dos el número que ya se manejaba como óptimo para imágenes 2D en monitores, que es 60 Hz. A esa cantidad de cuadros por segundo, el ojo humano no distingue la transición entre un cuadro y otro. La razón de multiplicar por dos y obtener 120 Hz en televisores 3D es que la imagen en tres dimensiones está compuesta por una suerte de multiplicación de una imagen desde el punto de vista del ojo derecho y otra desde el punto de vista del ojo izquierdo. Estas dos imágenes se mandan intercaladamente una atrás de la otra hacia cada ojo por separado. Por eso, necesitaríamos tener imágenes 60 Hz tanto para el ojo derecho como para el izquierdo.

Este método de enviar cuadros de manera individual a cada ojo y crear la ilusión de profundidad en una imagen es llamado **estereoscopia**, y es el utilizado actualmente para hacer películas en 3D.

Sin embargo, las imágenes enviadas pueden ser confundidas entre sí y no lograr el efecto de profundidad si no se le aplica el filtro adecuado. Por eso, los lentes actúan de filtro para que solo se vea lo que corresponde en cada ojo y no haya confusión entre cuadros.



RETINA DISPLAY



A partir del iPhone 4, Apple emplea pantallas con Retina Display. Estas obtienen una cantidad de píxeles por pulgada que se calculan según la distancia normal de uso entre el usuario y el dispositivo. En el acercamiento, a menos de 2 cm, no se puede distinguir ningún pixel. El ojo humano pierde la distinción de cada píxel a partir de los 300 ppi, y la pantalla de este iPhone posee 326 ppi.

Existen otros diseños, como las pantallas **autoestereoscópicas**, donde no es necesaria la utilización de lentes con sistemas de filtrado de imagen, y esto se debe a que el filtrado se encuentra dentro del display.

Siendo así, este display posee una construcción única hecha para la visualización de imágenes en 3D. Una de las grandes ventajas, en comparación con las pantallas que necesitan filtros externos, es que estas pantallas poseen la capacidad de representar imágenes en 3D con la posibilidad de cambiar el ángulo de visión y, así también, cambiar el ángulo de la imagen que se está visualizando. Este efecto es conocido como **free viewpoint**, y define la capacidad de ver diferentes puntos de vista dentro de una misma proyección.

La principal diferencia constructiva con respecto a las demás pantallas que permiten ver imágenes en 3D es la incorporación de una malla de microlentes puestos frente a la imagen, que permiten controlar la difracción de luz y, así, suplantar los filtros externos, ya que, de esta forma, se difractan los haces de luz de la imagen emitida hacia cada ojo. El tamaño de estos microlentes está definido por la distancia entre cada ojo, aunque también influye la distancia entre el espectador y la pantalla.

Este tipo de construcciones también posee **desventajas**, ya que la cantidad de datos por transmitir en 3D es notablemente mayor que en dos dimensiones y, sumando la inclusión de diferentes puntos de vista, se traduce en más bytes por transmitir.

Por lo tanto, en este tipo de pantallas, generar una imagen en 3D, con todo lo que la pantalla dispone, necesitará mucho más ancho de banda que el estándar para 3D, y aun mucho más que el estándar en 2D. Independientemente de los datos y del 3D, la construcción física varía gracias a la capa de microlentes, y esto puede traer consigo la pérdida de brillo en la imagen, así como de color y contraste.

Aun así, estas tecnologías están en pleno desarrollo, y muchas compañías, junto con desarrolladores, apuestan fuertemente al futuro de estas pantallas y esperan ansiosos las nuevas innovaciones y evoluciones que estas dispongan.

LA IMAGEN 3D ES UNA
MULTIPLICACIÓN DEL
PUNTO DE VISTA DE
LOS OJOS DERECHO
E IZQUIERDO



Visualización moderna

En la actualidad, la mayoría de los dispositivos nos permite interactuar con ellos gracias a su sistema de visualización, cuyas características dependerán del tipo de pantalla que emplean.

Tinta electrónica

La **tinta electrónica** es el nombre que recibe una serie de materiales, por lo general planos, que permite fabricar pantallas planas delgadas como una hoja de papel. Al recibir pequeñas cargas

eléctricas en su compleja estructura interna, zonas muy reducidas pueden variar entre tonos claros y oscuros.

A principios del año 1997, los investigadores del MIT que trabajaban en el Media Lab crearon la compañía **E Ink** para desarrollar la tecnología de la tinta electrónica. A mediados de 2002, esta compañía presentó el primer prototipo de pantalla que utiliza esta tecnología. Esta pantalla fue lanzada al mercado en el 2004. En la actualidad, hay infinidad de tipos de pantalla que utilizan esta

tecnología, e incluso algunas de ellas permiten visualizar imágenes en movimiento y dejar el blanco y negro para llevarlas al color.

LA TINTA
ELECTRÓNICA
OFRECE PANTALLAS
SIMILARES A UNA
HOJA DE PAPEL



Tecnología y funcionamiento

Esta tecnología trata de solucionar algunos de los problemas que presentan las pantallas TFT y las de cristal líquido, ya que reduce el consumo al no necesitar retroiluminación. Además, como posee solo tres milímetros de espesor, se vuelve flexible y compacta. Las pantallas están formadas por tres capas: una con microelectrodos eléctricos, otra con polímero y la tercera con una lámina protectora.

Existen dos tecnologías que compiten por el desarrollo del papel electrónico: **Gyricon** y **E-Ink**. La primera fue desarrollada por Xerox y fue la pionera, pero presenta una menor resolución respecto de la segunda.

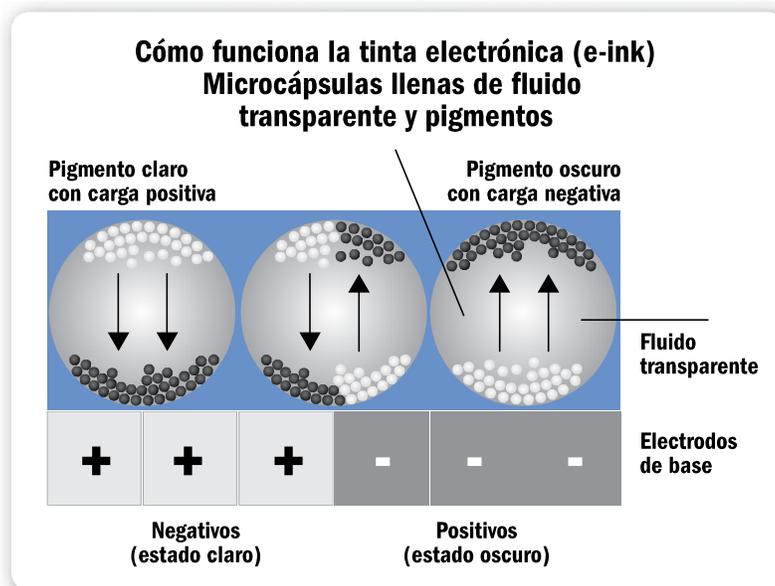


Figura 14. Aquí se puede apreciar gráficamente el funcionamiento de la tinta electrónica. A su vez, es posible observar las distintas partes que intervienen en su funcionamiento.

La segunda fue desarrollada posteriormente y se diferencia de la anterior porque posee una mayor resolución de pantalla. Las cápsulas están rellenas de partículas de titanio, de color blanco y negro, que están cargadas con electricidad y sumergidas en un líquido viscoso. Cada cápsula está asociada a dos electrodos y, de esta manera, se puede conseguir que las partículas pigmentadas, tanto en blanco como en negro, asciendan todas, desciendan todas, o solo la mitad de ellas.

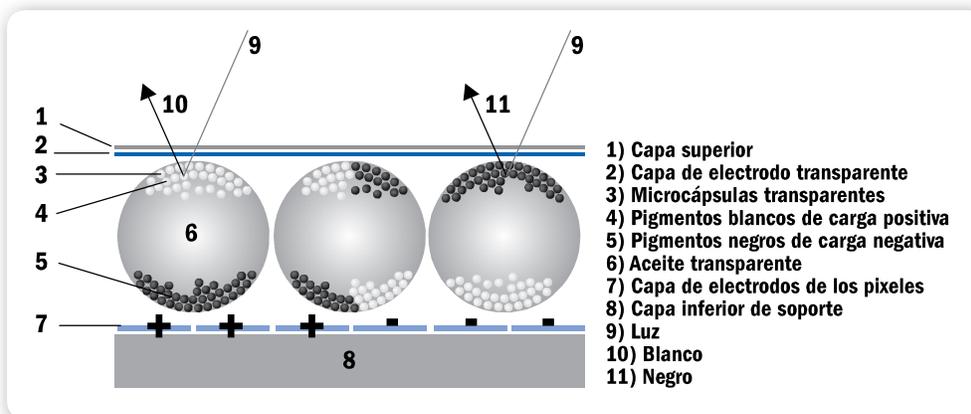


Figura 15. Detalle de cada uno de los elementos que intervienen en el funcionamiento de un tipo de tinta electrónica.

**LAS PARTÍCULAS CON
PIGMENTOS CLAROS
TIENEN CARGA
POSITIVA Y LAS OTRAS,
CARGA NEGATIVA**



Las principales ventajas que presenta esta tecnología es su resolución superior a los 150 dpi, superando, así, a las pantallas TFT. Como no necesita retroiluminación y dispone de un mayor brillo, permite la visualización en cualquier lugar o ángulo (incluso, con el sol de frente). Esto, además, aumenta drásticamente la vida de la batería, ya que no se requiere mantener la alimentación para que la imagen perdure una vez que se visualizó en la pantalla.

Su funcionamiento se basa en unas diminutas partículas rellenas con una sustancia incolora. Este fluido está compuesto por partículas de pigmentos de dos tipos: **claros** y **oscuros**. Las partículas con pigmentos claros tienen una carga positiva, y las otras poseen una carga negativa. Debajo de cada una de estas partículas hay una serie de electrodos que, cuando envían una carga positiva, las cargas negativas son atraídas y las positivas, repulsadas.

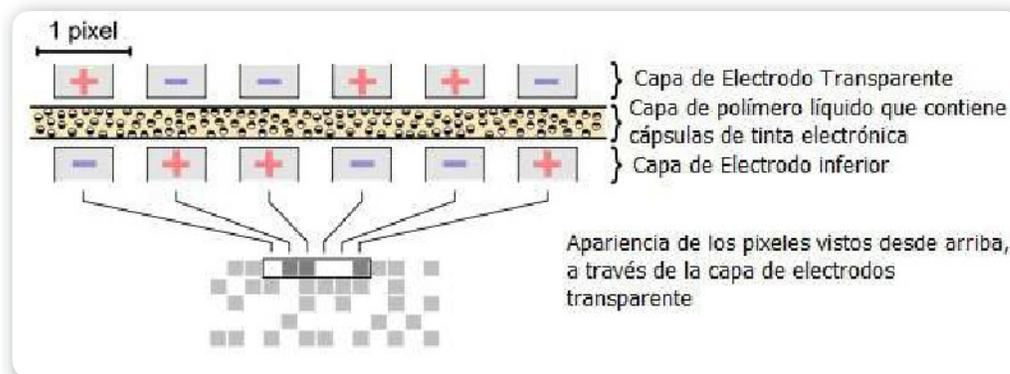


Figura 16. En esta imagen se puede apreciar la configuración y polarización de las partículas para generar un píxel en color blanco o negro.



RESOLUCIÓN, COLOR Y TONOS



El papel electrónico tiene una estructura en forma de rejilla. Tiene una resolución promedio de 150 a 170 ppi. Los tamaños más usuales son los de 5 y 6 pulgadas. Los dispositivos que coexisten en el mercado tienen la capacidad de reproducir los tonos de grises en un abanico muy reducido. Actualmente, hay tres niveles: 4, 8 o 16.

Cuando sucede esto, las partículas claras van a la zona superior –esto es lo que ve el usuario–, por lo que esa zona cargada positivamente se vuelve clara. Cuando los electrodos envían una carga negativa, sucede lo contrario, y el papel en esa zona se vuelve oscuro.

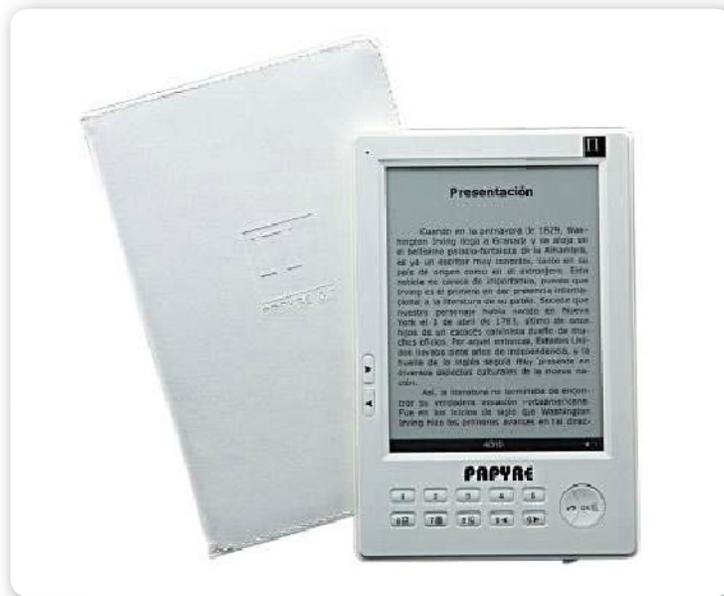


Figura 17. Un clásico e-book reader de la marca Papyre. Existen muchos otros modelos y marcas en el mercado.

Imagen en 3D

Una imagen 3D es el resultado final de un proceso de renderizado de un modelo en 3D (este proceso lo explicaremos a continuación). Por este motivo, diremos que una imagen en 3D es una imagen en dos dimensiones que simula a una en tres. Esto se logra porque esta imagen proviene de un mundo conceptual en 3D, es decir que este



ELEGIR UN E-BOOK READER



Al elegir un e-book reader, debemos tener en cuenta ciertas características propias del dispositivo: su medida, el tipo de pantalla, la capacidad de memoria que posee, si tiene o no conectividad inalámbrica, la clase de archivos que soporta, los accesorios que puede utilizar, la autonomía de la batería y el procesador que utiliza.

mundo o modelo son los que permitirán crear diferentes imágenes 3D, dependiendo de la perspectiva en la que se realice.

Renderización

Proviene de la palabra inglesa **rendering**, y es el proceso de generar una imagen o una animación en 3D a partir de un modelo mediante una aplicación informática. Este modelo describe, en un lenguaje o en una estructura de datos definidos, un objeto en tres dimensiones. Para poder hacerlo, debe contener su geometría, el punto de vista, la información de iluminación e, incluso, su textura. La imagen producto de este proceso se llama **raster**. Este proceso se utiliza básicamente en la producción de imágenes 3D para los videojuegos modernos, en diseño multimedial y en efectos especiales para la televisión y el cine. Se puede realizar de dos maneras: mediante un proceso lento llamado prerrenderizado o mediante un proceso en tiempo real.

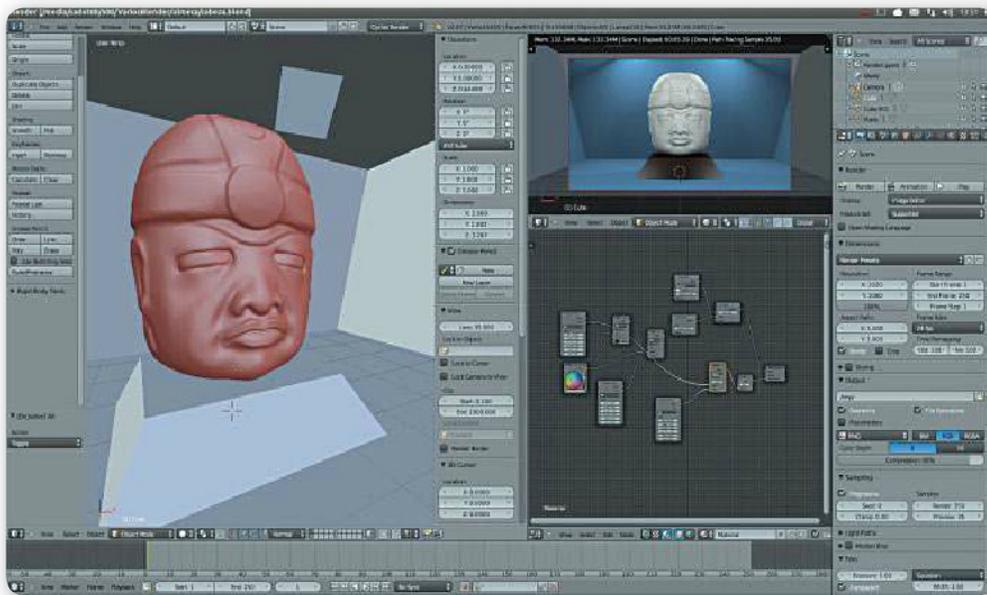


Figura 18. Programa encargado de la renderización de una imagen en funcionamiento. En este caso, es una animación 3D.

Holografía

Es un sistema de fotografía tridimensional que no necesita de lentes para formar la imagen, creado por Dennis Gabor. El nombre proviene

del griego, en el que **holos** significa **completo**. Esto se debe a que el registro que se obtiene de la imagen es completo. El método desarrollado por Gabor se basaba en dos pasos.

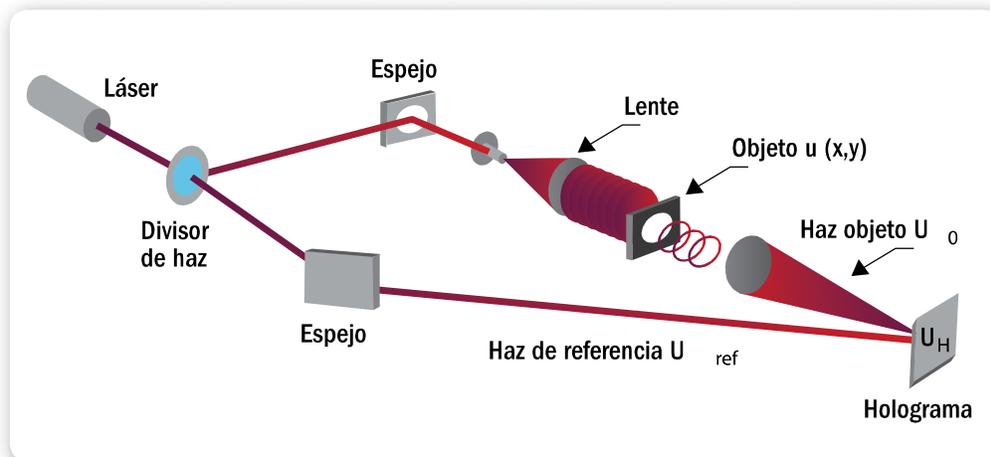


Figura 19. En esta imagen se puede apreciar el método por el cual se genera un holograma y las partes que componen dicho sistema. Este sistema es el más elemental y simple de aplicar.

El primero era el del registro: en una placa fotográfica, se grababa el patrón de difracción producido por una onda luminosa.

El segundo consistía en pasar un haz luminoso a través del registro fotográfico, una vez revelado.

Gabor no tuvo éxito en mejorar las imágenes del microscopio electrónico, pero formó el primer holograma, muy distinto al que conocemos hoy en día.

HOLOGRAMA
PROVIENE DEL
GRIEGO 'HOLOS'
Y SIGNIFICA
COMPLETO



INVENTOR DE LA HOLOGRAFÍA

El inventor de este sistema fue Dennis Gabor (1900-1981). Nació en Budapest, Hungría. Obtuvo un doctorado en una renombrada universidad alemana. Fue investigador de la compañía Siemens & Halske, alojada en Berlín hasta el año 1933. Luego, se trasladó a Inglaterra hasta su muerte. Ganó el premio Nobel de Física en el año 1971.

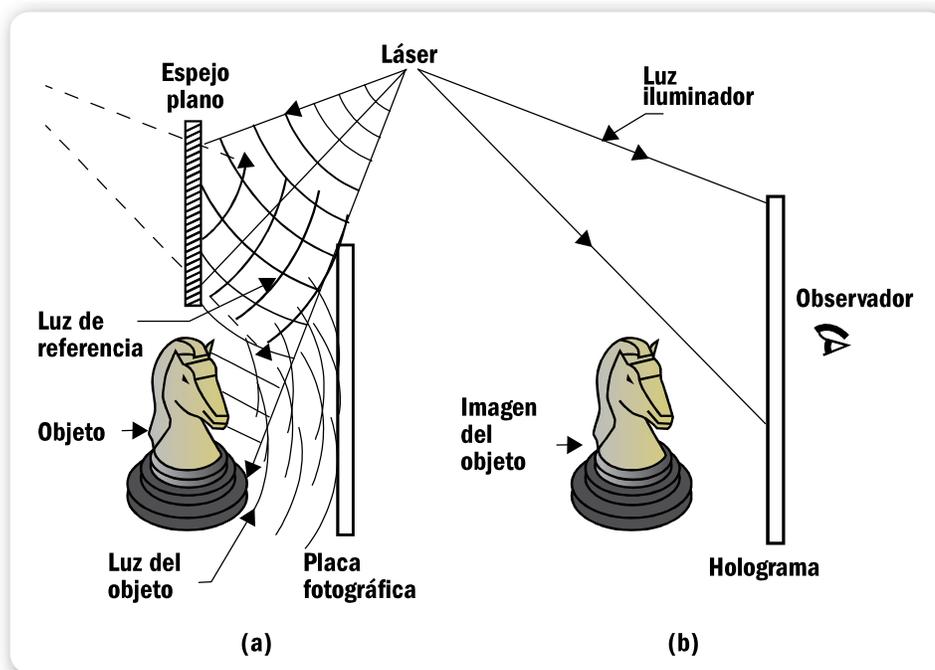


Figura 20. Esta imagen representa un esquema que está dividido en las secciones **a** y **b**. La sección **a** corresponde al esquema de la exposición de un objeto. La sección **b** corresponde a la reconstrucción de un holograma.

Displays volumétricos

Un dispositivo de visualización volumétrico forma una representación visual de un objeto en tres dimensiones. Esta es la mayor diferencia con respecto a los displays tradicionales, ya que simulan la profundidad a través de efectos visuales. Estas pantallas crean imágenes en 3D a través de la emisión, la dispersión o la retransmisión de la iluminación de las regiones definidas en el espacio (x, y, z).



USOS DE LA HOLOGRAFÍA

Se la utiliza en grandes campañas publicitarias para llamar la atención del consumidor, como instrumento de medida (en conjunto con la interferometría se logran obtener medidas muy precisas), para verificar deformaciones en objetos sometidos a presiones o tensiones (como las maquinarias o los espejos de un telescopio) y en dispositivos de seguridad, para entrar en zonas restringidas.



Figura 21. Display volumétrico aplicado en Medicina, en el cual, cada un segundo, se proyectan 6000 secciones planas de un volumen 3D sobre un difusor giratorio en la pantalla 3D.

En la actualidad, existen distintos tipos de display que producen imágenes volumétricas, pero no hay una clasificación definida debido a las muchas permutaciones que presentan en sus características. Tomemos, por ejemplo, la característica de iluminación. Dentro de una pantalla, la iluminación puede llegar al ojo directamente desde la fuente o a través de una superficie intermedia, como un espejo o un cristal. Esta superficie intermedia, que puede ser intangible, está sometida a movimientos como la oscilación y la rotación.

Una categorización posible es la siguiente: los displays de **swept volume** y los de **volumen estático**. Los displays de swept volume son pantallas que se basan en la persistencia de la visión del ser humano para fusionar una serie de cortes del objeto 3D en una imagen 3D. Se han creado una gran variedad de estos tipos de pantallas. Una escena 3D diseñada en computadora se descompone en rebanadas que pueden ser rectangulares, circulares o de forma helicoidal de sección transversal. Luego de esto, se proyecta desde una superficie de la pantalla que experimente un movimiento. La imagen 2D, que es creada por la proyección en la superficie delimitada por los LEDs integrados

en la misma superficie, cambia cuando la superficie se mueve o gira. Debido a la persistencia que presenta la visión de los seres humanos, estos perciben un volumen continuo de luz. La superficie de la pantalla puede ser reflectante, transmisible o una combinación de ambos. Otro dispositivo de visualización 3D de barrido en volumen es la arquitectura de espejo progresiva.

Las pantallas de volumen estático crean imágenes 3D sin partes móviles macroscópicas en el volumen de la imagen. Esta es la forma más explícita de pantalla volumétrica. Utiliza la luz del láser para estimular la radiación que es visible en un sólido, un líquido o incluso en el gas.

Mediante avances recientes en las prácticas no tangibles de la categoría volumen estático, se podría permitir, más adelante, una interacción directa con la pantalla. Un ejemplo claro sería un display de niebla, que usa múltiples proyectores y puede dar una imagen 3D en un volumen de espacio, generando, así, un display volumétrico de categoría estática.

En la actualidad, existen varios tipos de tecnologías que se aplican a las pantallas, y algunas de ellas ya están disponibles comercialmente. A continuación, describimos las más interesantes.

Los **displays autoestereoscópicos** o de paralaje son pantallas similares a las de una computadora tradicional, en las cuales no es necesario el uso de anteojos polarizados o con filtros de colores. Algunas versiones de esta tecnología incluyen un obturador selectivo que muestra solo las columnas de píxeles que corresponden a la imagen de uno de los ojos y obstruye las que corresponden a las imágenes del otro ojo, de acuerdo con la posición en la que se encuentre la cabeza del usuario. Por esta razón, este tipo de tecnología incluye sensores de seguimiento infrarrojo de la cabeza del usuario.



MÉTODOS PARA DAR SENSACIÓN DE 3D



Los monitores producen un número de vistas limitado. Por esta razón, para conseguir una sensación 3D hay que distribuir espacialmente las vistas. Los **displays electroholográficos** pueden reproducir y grabar las propiedades de las ondas de luz como amplitud, longitud de onda y fase. Los **displays volumétricos** crean la sensación de inmersión, proyectando la información 3D dentro de un volumen.

Por último, hay tres tipos principales de displays volumétricos: los **de espejo varifocal**, los de **volumen emisor** y los de **pantalla rotativa**. Los primeros se componen por una membrana espejada que, al oscilar, se convierte en un espejo de distancia focal variable, lo que hace que la imagen se refleje en la pantalla. Las pantallas de volumen emisor son capaces de emitir luz en cualquier parte de su interior como resultado de una excitación externa como, por ejemplo, láseres de diferentes longitudes de onda. Las pantallas rotativas planas giran a una velocidad de 600 rpm aproximadamente. Para cada posición angular de la pantalla hay un sistema de espejos que proyecta sobre ella la imagen del objeto, de tal manera que la imagen 3D se pueda apreciar desde los 360 grados.



RESUMEN



En este capítulo, explicamos todo lo relacionado a las tecnologías de visualización electrónica a lo largo de su historia, comenzando por los elementales dispositivos electromecánicos y los tubos de rayos catódicos, hasta las modernas pantallas LCD, de plasma y de LEDs. Analizamos, también, otros tipos de visualización, como los que se utilizan en los e-book readers, y los displays volumétricos, que introducen el concepto de proyección tridimensional a las representaciones gráficas.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué características tenían los **primeros visualizadores** o displays?
- 2 ¿Cuál es la funcionalidad y el principio de funcionamiento de los **displays electromecánicos**?
- 3 Enumere las características y diferencias entre los tubos Nixie, visualizadores fluorescentes de vacío, lightguide, tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido y visualizadores proyectables.
- 4 ¿Qué es un **display de 7 segmentos** y cómo visualiza la información?
- 5 ¿Cuál es su evolución y cómo se logró mejorarlo?
- 6 ¿Por qué están compuestas las pantallas de **matriz de LEDs** o **Dot Matrix Display**?
- 7 ¿Cuáles son los displays más utilizados y qué tecnología poseen?
- 8 ¿Qué diferencia existe entre los **displays LCD** y los de siete segmentos?
- 9 ¿Qué ventajas se pueden identificar en los displays LCD, frente a las **transmisiones 3D**?
- 10 ¿Qué características tiene el proceso de **retroiluminación**?
- 11 ¿Cómo funciona la **tinta electrónica**?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Diseño de circuitos impresos

Abordaremos conceptos teóricos y prácticos sobre la creación y el diseño de circuitos impresos. Aprenderemos cómo diseñar un proyecto asistido con el software CadSoft EAGLE y dominar la tarea de creación, edición y gestión de proyectos.

▼ Software de diseño de circuitos228	▼ Interfaz de los módulos en EAGLE239
Entornos de diseño CAD 229	Componentes disponibles 239
Módulo de captura de esquemáticos..... 230	Diseño de un circuito esquemático . 241
El módulo de CAD 231	▼ Área de trabajo242
El control de errores..... 231	Librerías de componentes..... 242
CadSoft EAGLE 231	Diseño de un circuito impreso por software 245
El viejo PCB 233	▼ Uso práctico de EAGLE248
FreePCB..... 234	▼ Resumen.....251
ExpressPCB 234	▼ Actividades.....252
KiCad..... 235	
Reglas de ruteo..... 236	
Sistema métrico y mils..... 236	
Encapsulados y software de diseño 237	



Software de diseño de circuitos

Recordemos que un **circuito impreso** es una placa o plaqueta de material aislante construida, por lo general, en **Pertinax** o material **epoxi**. Posee, en una o en ambas de sus caras, láminas de cobre delgado, que conectan los pines de los diferentes componentes que conforman un circuito electrónico. El montaje de los componentes se realiza a través de orificios practicados en la placa o, en el caso de la tecnología de **montaje superficial**, soldados directamente sobre las láminas conductoras.

En la actualidad, el diseño de placas de circuitos impresos avanzó a la par del crecimiento de la informática. Debido al grado de complejidad de los circuitos electrónicos, es necesario utilizar herramientas dedicadas que brinden asistencia completa durante el proceso de diseño. Para dichos fines, surgen los programas de **CAD** (*Computer-Aided Design* o diseño asistido por computadora), que permiten realizar la captura, es decir, llevar a nuestra pantalla el circuito esquemático y generar los archivos de soporte necesarios para finalizar con el proceso de creación del PCB.



Figura 1. La empresa **CADSoft** es la encargada del desarrollo del software **EAGLE**, al cual nos referiremos en estas páginas.

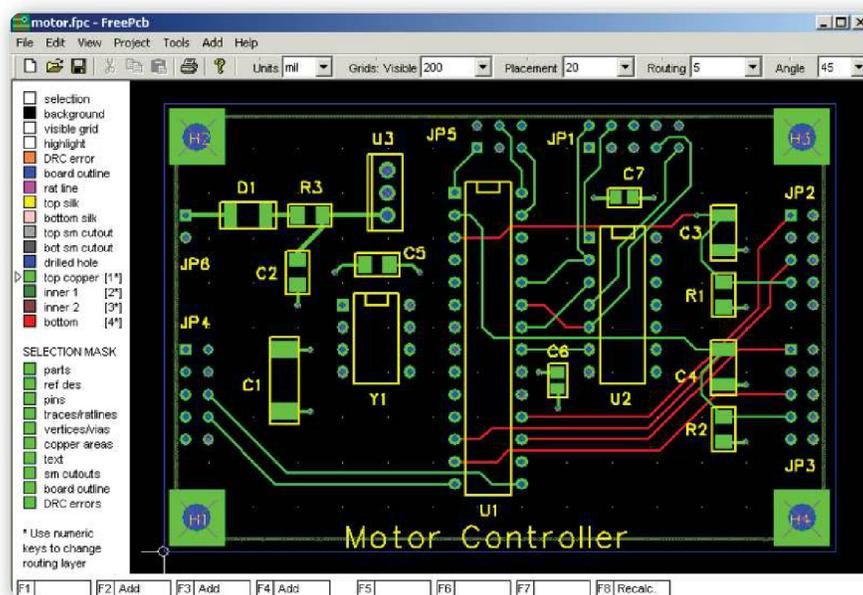


Figura 2. FreePCB es una excelente alternativa en lo que se refiere a software de diseño de circuitos impresos.

Entornos de diseño CAD

Los programas de diseño de circuitos impresos están conformados por un entorno que incluye varios módulos. Uno muy importante es el que permite realizar la captura del **circuito esquemático**. En los casos en los que este no se incluye, es primordial que el entorno permita importar las listas de conexiones generadas a partir de archivos esquemáticos creados con otra aplicación de la misma empresa o de terceros.

Si no tenemos ninguna opción de captura o importación de esquemáticos, nos veremos obligados a dibujar la placa, colocando los componentes de forma manual y uniendo los respectivos terminales. Este método es, en esencia, similar al manual, con la diferencia de que lograremos mayor calidad de impresión y definición de los trazos o pistas de conexión. Hay que tomar ciertos recaudos a la hora de trabajar con esta clase de software ya que, por lo general, no incluyen ninguna opción de chequeo de errores ni reglas de diseño.

Los entornos profesionales de última generación, como **Altium Designer** y **Cadence OrCAD**, incluyen todo lo necesario, y todavía más. Las diferencias entre el diseño manual y el asistido por computadora son varias y muy importantes.

La reducción del tiempo empleado en el diseño y la calidad final son las primeras en destacarse. Sin embargo, la optimización adquiere importancia a la hora de realizar el posicionamiento y el conexionado de los componentes, lo que reduce drásticamente los errores que se pueden llegar a producir. Otras características que incorporan las aplicaciones de CAD son las que permiten la **industrialización** o **producción en serie**. Es posible exportar diferentes archivos para operar máquinas de taladrado y de corte por control numérico.

Módulo de captura de esquemáticos

Este es el módulo encargado de llevar a cabo la captura del diagrama eléctrico, es decir, el proceso de dibujo del circuito. Para ello, el software proporciona herramientas y funciones que permiten seleccionar los símbolos de los diferentes **componentes** que forman parte de él, realizar las **conexiones eléctricas**, asignar valores y nombres a los objetos utilizados, aplicar comandos de edición, como borrar, copiar y pegar, e indicar conectores, fuentes de alimentación y puntos de prueba.

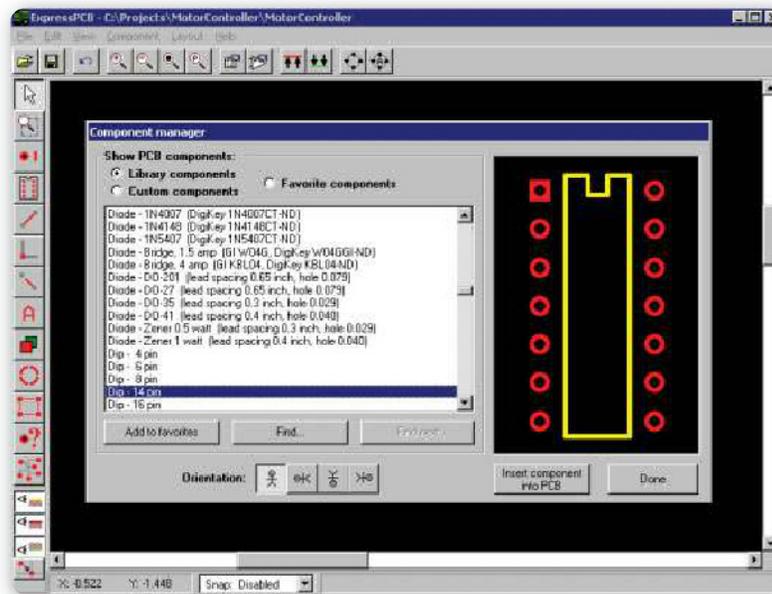


Figura 3. ExpressPCB es otra interesante opción a la hora de diseñar circuitos impresos.

Además, una vez concluido el proceso de captura, es posible exportar diferentes archivos (en general, de texto en formato **ASCII**)

con datos útiles para otros programas de diseño. Usualmente, es posible exportar listados de materiales, listados con indicación de todas las conexiones y listados con errores, entre otros.

El módulo de CAD

Una vez que el esquema está concluido, se debe pasar a la parte de diseño. Cada paquete de software de diseño de PCB cuenta con el **editor CAD**. Este módulo permite importar el diagrama capturado, convertir los símbolos en encapsulados y realizar las pistas de conexión. Este proceso puede ser manual, automático o una mezcla de ambos.

El control de errores

Todo buen programa de diseño de circuitos impresos permite controlar posibles errores cometidos durante el proceso de captura o de creación del PCB. Por ejemplo, conexiones hechas entre los polos positivo y negativo de la fuente de alimentación o pines sin conexión eléctrica. Generalmente, se encuentran disponibles dos tipos de verificación: **ERC** (*Electrical Rules Check* o chequeo de reglas eléctricas) y **DRC** (*Design Rule Checking* o chequeo de reglas de diseño).

CadSoft EAGLE

Para iniciarnos en el manejo, la creación y la gestión de diseños simples, podemos descargar, desde la página web **www.cadsoftusa.com**, una versión gratuita para aplicaciones no comerciales. Una vez descargada e instalada, nos encontraremos con una potente aplicación de diseño.



ENTORNOS DE TRABAJO



Los entornos ideales para trabajar son los que permiten dibujar el diagrama esquemático (proceso de captura), generar los listados de conexiones y de componentes utilizados y, por último, exportar todo al módulo PCB. Este último será el encargado de posicionar los diferentes componentes en el área de la placa y realizar, de forma automática, las conexiones entre todos ellos.

El software posee un **Panel de control (Control Panel)** desde donde se gestionan todos los proyectos. A partir de él, se pueden generar o editar circuitos esquemáticos (archivos **.SCH**), diseños de circuitos impresos (**.PCB**), librerías de componentes (**.PCB**), scripts (**.SCR**) y programas en lenguaje de usuario (**.ULP**).

El panel de control utiliza la vista en estructura de árbol para navegar rápidamente a través de todos los archivos del sistema: librerías, scripts, proyectos, programas escritos en lenguaje de usuario y trabajos **CAM (Computer Aided Manufacturing** o

fabricación asistida por computadora). A la derecha de la estructura de árbol, se visualiza la correspondiente descripción del ítem que se encuentra seleccionado.

Además del panel de control, EAGLE dispone de varios subprogramas o módulos para realizar cada tarea. Por ejemplo: **Schematic**, para la edición y captura de diagramas esquemáticos; **Board**, una herramienta de trabajo sobre circuitos impresos; y **Library**, un completo editor de librerías. También posee un editor de textos para

crear los archivos script o programas **ULP** y un procesador **CAM**. Este último módulo permite generar los datos necesarios para realizar la fabricación de las placas de circuito impreso. Puede producir archivos, por ejemplo, para controlar estaciones de taladrado, impresoras, plóteres (máquina impresora lineal) y máquinas postscript.

La versión de EAGLE a la que aludiremos aquí es la **freeware**, la cual es suficiente para la confección de un circuito PCB, aunque no tiene toda la potencia de la versión comercial, sino que está limitada en funcionalidades. En general, cuenta casi con las mismas funciones que la versión paga, salvo algunas excepciones que veremos a continuación:

- El área de las placas que puede ser utilizada es de solo 100 x 80 milímetros.
- Únicamente puede crearse una hoja dentro del editor de esquema del circuito.
- Solo podemos emplear dos capas para el diseño de la placa, denominadas **top** y **bottom**. No es posible usar capas internas.
- No incluye la posibilidad de soporte técnico telefónico.

PCB FUE UNO DE LOS
PRIMEROS PROGRAMAS
DE SOFTWARE LIBRE
PARA CREAR CIRCUITOS
IMPRESOS



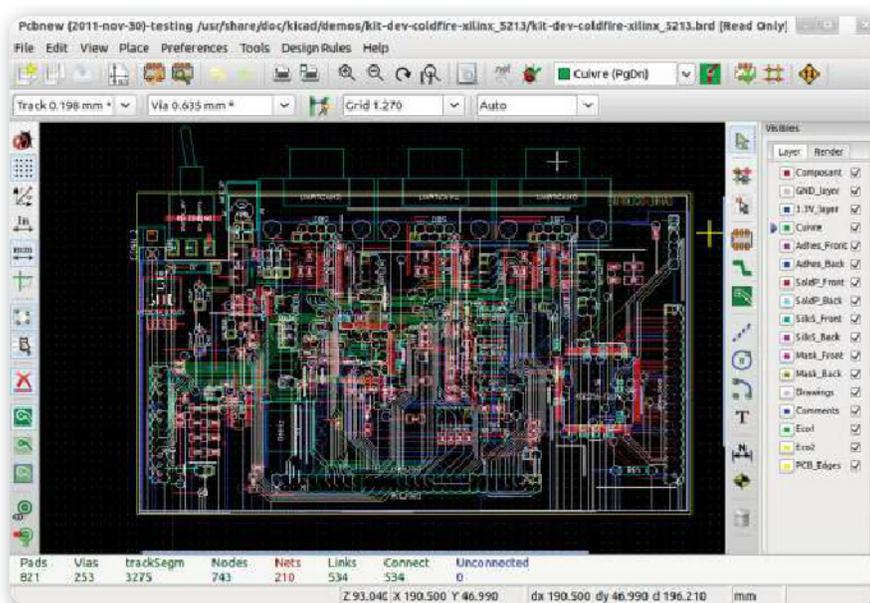


Figura 4. El entorno de diseño **KiCAD** es un set de herramientas de software libre, aplicado a la creación, edición y gestión de proyectos de diseño.

Además de la versión freeware, el programa ofrece una **profesional**, sin limitaciones y con soporte permanente. Es importante destacar que este programa no tiene una versión en castellano; solo se lo puede conseguir en inglés. Sin embargo, cuenta con la ventaja de ser compatible con varios sistemas operativos. Para más información acerca del programa, podemos visitar el sitio web del fabricante del software, **www.cadsoftusa.com**, donde tendremos la posibilidad de profundizar nuestros conocimientos y descargarlo desde la sección de **Download**.

El viejo PCB

Uno de los primeros programas de software libre creados para la construcción y diseño de placas de circuitos impresos se llamó exactamente como la sigla en inglés: PCB. Este programa fue diseñado por **Thomas Nau** para **Atari** en el año 1990, y portado posteriormente a **UNIX** y entorno gráfico **X11** en 1994. Originalmente no fue concebido como un software profesional, sino como una herramienta de ayuda para hobbistas y técnicos que desearan encarar desarrollos de hardware a pequeña escala. El proyecto se encuentra activo en el marco del conjunto de aplicaciones de software libre llamado **gEDA** en el sitio web: **http://pcb.geda-project.org**.

FreePCB

FreePCB es otro programa de diseño de placas de circuitos impresos para sistema Windows, creado en el año 2003 por **Allan Wright**. Este software permite hasta 16 capas de cobre en su diseño, tanto en sistema métrico como en pulgadas, y soporta exportaciones de diseños en formato **RS-274X Gerber** (estándar de facto de la industria). Los diseños pueden ser **autoruteados** parcial o totalmente mediante la interacción con **FreeRouting**. La última versión de FreePCB data de fines de 2010 y se distribuye mediante licencia GNU (*General Public License*). Su sitio web es **www.freepcb.com**.

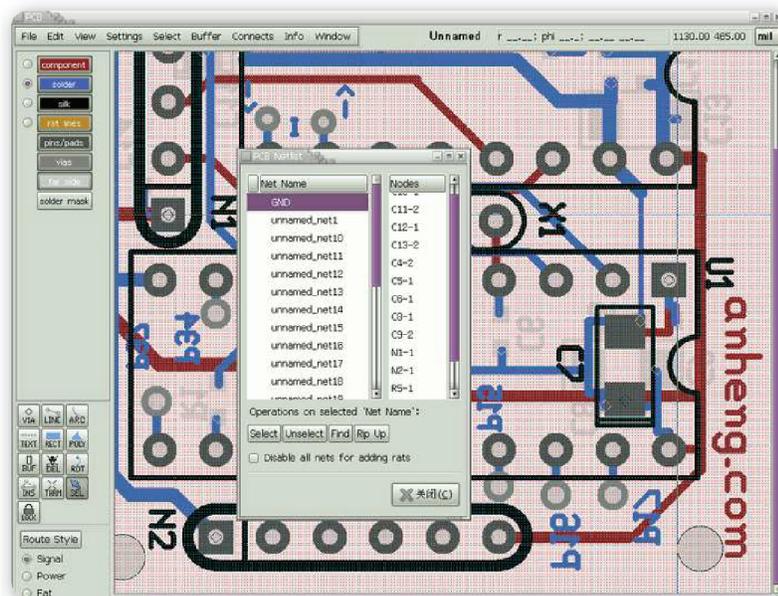


Figura 5. PCB, a secas, fue también el nombre (quizás poco original) de una de las primeras herramientas de diseño de placas por software.

ExpressPCB

ExpressPCB propone un interesante modelo de diseño. Cuando descargamos el software, observamos que posee dos partes constitutivas: una es el propio programa de diseño de placas, y la otra es el **ExpressSCH**, un sencillo creador de circuitos esquemáticos. El último es utilizado para crear los circuitos y, luego, sobre la base de estos, con el primer programa se realiza el diseño de la placa impresa. Al completar el diseño, el propio programa determina el costo de los componentes y el tiempo que demorará el envío.

Luego, se puede realizar el pedido directamente vía internet y, una vez realizado el pago, el usuario recibe la placa impresa con los componentes.

KiCad

Es un entorno muy intuitivo, multilinguaje y multiplataforma, creado en 1992 por **Jean-Pierre Charras**, que, además, incluye la posibilidad de visualizar en 3D el resultado del diseño mediante el módulo **KiCad PCBnew**. Su equipo de desarrollo es bastante activo y puede encontrarse la última versión en el sitio web oficial: **www.kicad-pcb.org**.

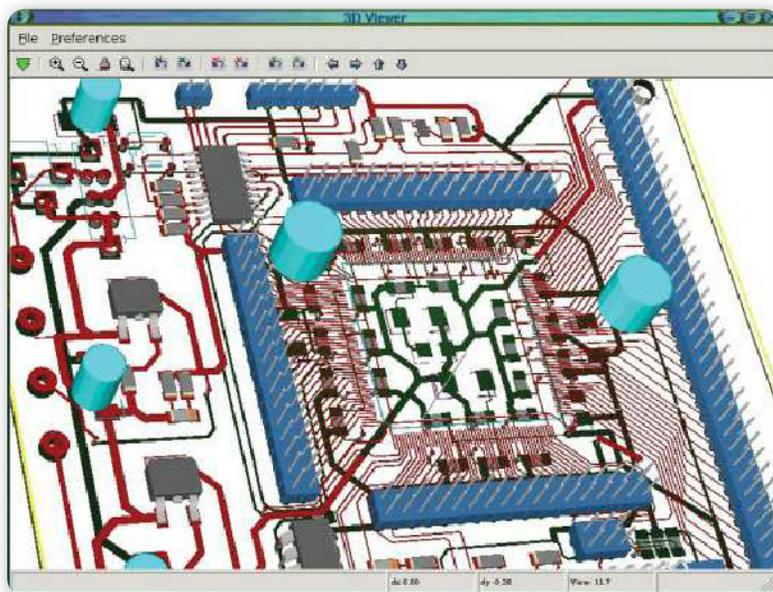


Figura 6. La visualización en 3D de una placa de circuito impreso es una enorme ventaja en el diseño electrónico.



¿QUÉ ES UN PAD?

Se llama **pad** a la isla de soldadura o superficie de contacto entre los pines de un componente electrónico y las láminas de cobre. EAGLE permite configurar varios parámetros de los pads, como formato, diámetro, tamaño del orificio, etcétera. Hay que tener en cuenta todos estos aspectos, ya que no podemos quedarnos sin espacio de cobre para la soldadura de los componentes.



Reglas de ruteo

- La finalidad de las reglas de ruteo tiene que ver con la minimización del área utilizada, la disminución de posibilidades de interferencias y de ruidos, y una apropiada distribución de los componentes. Veamos algunas reglas elementales:

- **Posición de capacitores de desacople:** deben colocarse lo más cerca posible de la alimentación de los circuitos integrados que desean desacoplarse.
- **Separación mínima de pistas:** si se trabaja con tensiones bajas, el mínimo debe ser de 0,3 mm, pero tiene que aumentarse para tensiones mayores. Si más de dos pistas son paralelas entre sí, su separación debe ser uniforme.
- **Separación entre los bordes de la placa y las pistas:** tiene que ser, como mínimo, de aproximadamente entre 2 y 3 mm.
- **Ancho de las pistas:** entre otros factores, dependerá de la corriente que pasará por ellas. A mayor corriente, mayor ancho de pistas. Las pistas de alimentación deberán tener un mínimo de anchura de 1 o 2 mm, independientemente de la corriente que consuma el circuito.
- **Largo de las pistas:** tenemos que tratar que sean lo más cortas posibles, con el fin de hacer un diseño simple y reducir el tamaño final del PCB.
- **Trazado de intersecciones:** debe evitarse que, en la intersección de dos pistas, se formen ángulos de 90 grados. Lo ideal es 45°.
- **Conectores de entrada y salida:** tienen que colocarse alejados entre sí; en lo posible, ubicados en extremos opuestos, para evitar un acoplamiento entre ellos.
- **Líneas de masa:** en caso de que el circuito cuente con una parte analógica y otra digital, debe haber dos líneas de masa diferentes para cada una, las cuales se unirán en un solo punto.

Sistema métrico y mils

Aquí nos detendremos por un momento para hacer una comparación entre dos sistemas de unidades que nos servirán como herramientas para distintas mediciones de las partes que componen un circuito.

El sistema métrico es el que normalmente utilizamos, porque la mayoría de los países lo eligió para representar medidas de longitud.

Utiliza el metro como unidad y es parte de un sistema de unidades mucho más complejo denominado **Sistema Internacional de Unidades**. Un metro es la longitud de una barra llamada **metro patrón**, que se guarda en la Oficina de Pesos y Medidas en París.

Hoy en día, hay formas más modernas de definir el metro, y la actual es: la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de $1/299792458$ de segundo. Un **milímetro** (mm) es la milésima parte de un metro. Muchos de los países de habla inglesa utilizan el llamado sistema **anglosajón** o **imperial**. En este sistema, la unidad de longitud es la **pulgada**, equivalente a 25,4 mm.

Cuando hablamos de **mils**, nos estamos refiriendo a una milésima de pulgada, algo así como el equivalente del milímetro en el sistema imperial. Un mil es, entonces: 0,0254 milímetros o 25,4 **micrones**. Por las actuales dimensiones de los componentes electrónicos y, como muchos de los encapsulados tienen sus dimensiones dadas por el sistema imperial, el mil resulta mucho más conveniente que otras alternativas. La equivalencia sería:

$$1 \text{ mil} = 25,4 \times 10^{-6} \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ inches (pulgadas)} = 25,4 \times 10^{-3} \text{ mm} = 25,4 \mu$$

Recordemos que, en notación científica, el exponente del número 10 determinará los lugares que se correrá la coma. Si es negativo, hacia la izquierda y, si es positivo, hacia la derecha.

Encapsulados y software de diseño

La palabra **encapsulado** hace referencia a la cavidad en la cual podemos encerrar algún objeto. En nuestro caso, lo que encerramos son componentes electrónicos.

Si bien el encierro es mayormente hermético, permitimos una forma de conexión con el exterior, para poder acceder a este y hacer que cumpla su función en nuestro circuito. La finalidad de los encapsulados es la protección del componente, la accesibilidad, comodidad y facilidad para el montaje y desmontaje, y la disipación de calor, entre otras. Algunos de los encapsulados comunes para

CUANDO HABLAMOS
DE “MILS”
NOS REFERIMOS A
UNA MILÉSIMA
DE PULGADA



LOS PROGRAMAS DE DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS INCLUYEN VARIOS MÓDULOS



diseño impreso. De esta forma, el programa nos facilita de nuevo el trabajo, al hacer que no debamos diseñar especialmente las cosas que ya están estandarizadas en la industria.

circuitos integrados que hemos mencionado antes son, a modo de recordatorio: **DIP** (*Dual Inline Package*), **SOP** (*Small Outline Package*) y **PLCC** (*Plastic Leaded Chip Carrier*) o **QFJ** (*Quad-Flat-J-Leg Chip carrier*).

La importancia de los encapsulados en esta instancia reside en que los programas de diseño cuentan con el soporte para los tipos de encapsulados más comunes, ya que de estos estará, en buena medida, compuesto nuestro

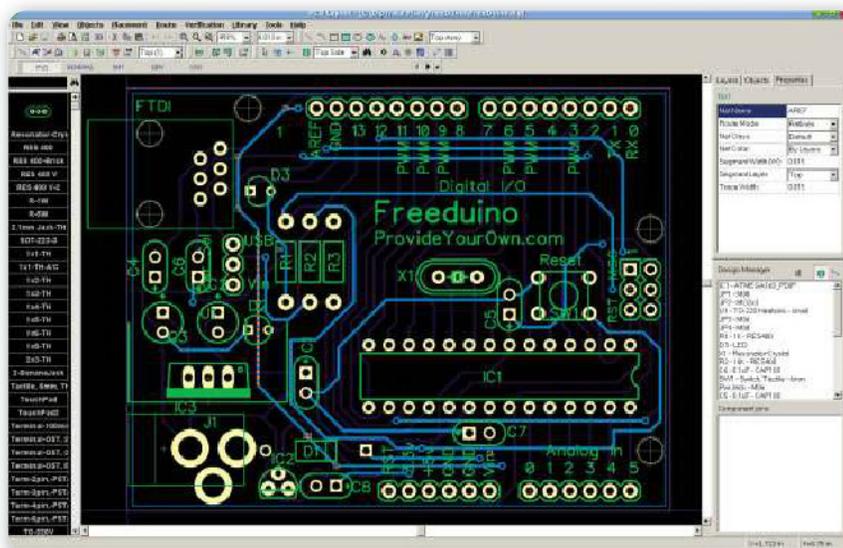


Figura 7. DipTrace es un software de diseño profesional que contiene una gran cantidad de opciones avanzadas, como la visualización 3D.



ENCAPSULADO PGA

La sigla PGA significa **Pin Grid Array**, y hace referencia a la disposición de los pines en el encapsulado. Se utiliza para los microprocesadores de las computadoras. Si bien este encapsulado no es más pequeño que los mencionados antes, su eficiencia se encuentra en que el espacio aprovechado para los pines es mayor.

Interfaz de los módulos en EAGLE

El usuario de EAGLE dispone de una barra de menú donde se encuentran las funciones de cada módulo: zoom, acceso a programas ULP y acceso directo a las otras aplicaciones del entorno.

En la barra de parámetros aparecerán distintas funciones y propiedades de acuerdo con la herramienta elegida. Una de las barras más importantes es **Tools**. Desde ella, es posible acceder a los botones que realizan los esquemas y diseños del circuito impreso y editarlos. Asimismo, se encuentra disponible una barra de estado que muestra informaciones y descripciones útiles sobre los comandos que están siendo utilizados.

Cada módulo integra un área de trabajo. Dicha sección es el lugar de edición de los esquemas o librerías y está delimitada por un rectángulo que equivale a la antigua hoja donde se dibujaban circuitos.

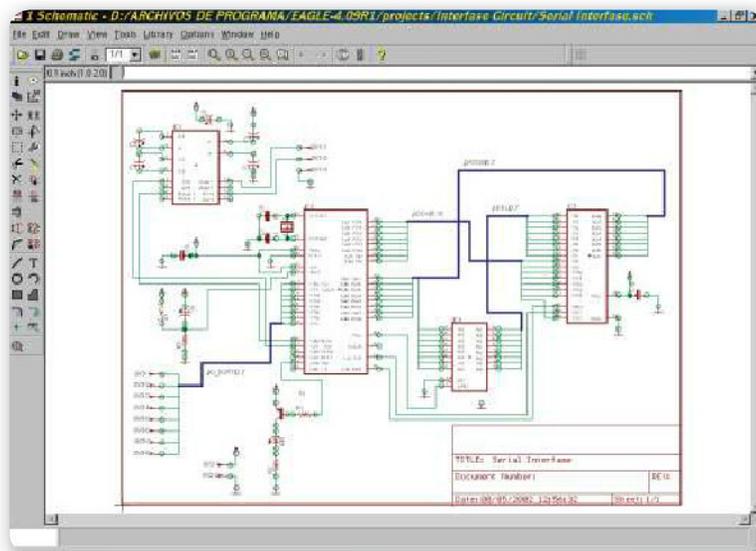


Figura 8. Aquí vemos diversas herramientas que nos proporciona la aplicación **EAGLE**.

Componentes disponibles

EAGLE cuenta con una extensa librería de componentes por defecto, organizados según fabricantes de dispositivos electrónicos, familias de productos y funciones. Estos símbolos generalmente están

normalizados, es decir, respetan las medidas y los formatos físicos de los componentes. Pero CadSoft no asegura que esto sea así.

Es un punto para tener en cuenta, ya que puede haber diferencias de tamaño con la vida real. También es posible agregar nuevas librerías desde el sitio de internet de CadSoft, en la sección de descargas, o utilizar el editor de librerías para crear nuevos componentes.

Para **instalar** EAGLE desde su sitio oficial (www.cadsoftusa.com), debemos acceder al menú **Downloads**, hacer clic en **Freeware** y luego seleccionar el link **Download Area**. Una vez seleccionada la versión que se ajusta a nuestro sistema operativo, la descargamos. Luego debemos activar el ejecutable y acceder al **Setup** del programa, donde seleccionamos la opción **Run as Freeware** para optar por la versión no comercial del programa. Una vez seleccionada la carpeta de destino, ejecutamos por primera vez el programa desde su acceso directo y accedemos, así, a la ventana principal de la aplicación.



Figura 9. Desde la ventana principal es posible navegar por las distintas funciones disponibles en la versión elegida.



ARCHIVOS NETLIST

Un **nodo** es un punto de conexión común entre dos o más elementos. Dependiendo del archivo netlist, este puede incluir información variada, como el formato físico de los trazos del circuito impreso y las propiedades de cada componente (por ejemplo, el valor, el número de referencia y los nombres de los pines). Por lo general, son incompatibles entre aplicaciones de diferentes empresas.

Diseño de un circuito esquemático

Para crear un circuito impreso debemos hacer la captura del diagrama esquemático. EAGLE dispone de la herramienta **Schematic** para realizar el dibujo. Para acceder a ella, debemos ir a **Control Panel/File/New/Schematic**. A continuación, se desplegará en pantalla la ventana del Editor de esquemas, en la cual podemos empezar a dibujar nuestro circuito. Para comenzar, debemos escoger los componentes que utilizaremos. En la barra de herramientas, disponemos del botón **Add**, que permite explorar las librerías, elegir uno a uno los símbolos y arrastrarlos hasta el área de dibujo. El segundo paso consiste en ubicar los componentes en el lugar apropiado mediante el botón **Move**. También, puede ser necesario emplear el botón **Group**, en caso de querer agrupar varios componentes para moverlos juntos. Para rotar objetos o cambiar su orientación, contamos con los botones **Mirror** y **Rotate**.

Una vez ubicados los componentes, tenemos que realizar las conexiones eléctricas entre ellos. Escogemos, de la barra de herramientas, el botón **Net**. En este modo, nos posicionamos sobre cada pin de cada componente con el puntero del mouse y, al hacer clic, aparecerá el alambre que permitirá realizar la conexión. Este paso deberemos repetirlo hasta concluir con todos los componentes. Por último, será necesario nombrar cada componente y configurar el valor correspondiente. Con los botones **Name** y **Value**, respectivamente, podremos realizar estas acciones.

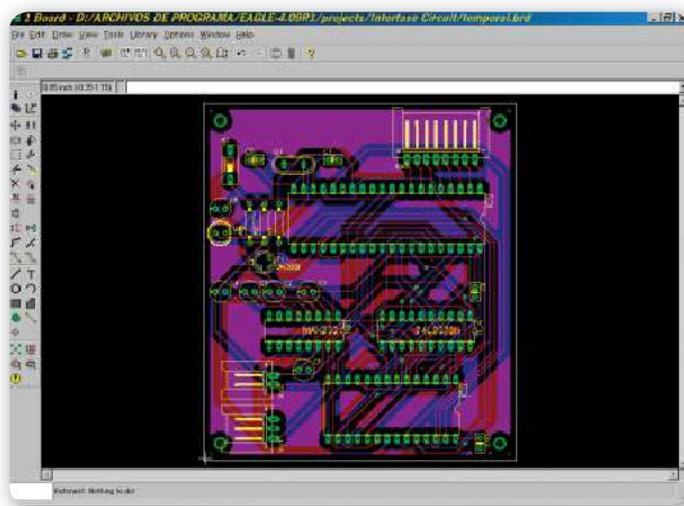


Figura 10. EAGLE nos detalla los componentes que parten del circuito, con sus valores, pines y nodos de conexión.

Área de trabajo

Tomar una medida es comparar dos cantidades de una determinada **magnitud física**. Para esto, podemos contar con instrumentos digitales o analógicos. Los primeros –por definición de la norma **IEC 485** (*International Electrotechnic Commission*)– son aquellos en los que la indicación aparece en forma numérica. En los segundos, la indicación resulta de relacionar **la posición de un índice** respecto de una escala graduada. Lo que diferencia un instrumento analógico de uno digital son los procesos que se realizan en la adquisición de la señal por medir. Para el caso de estos últimos, los procedimientos involucran técnicas de **conversión analógico-digital** de la señal de entrada. Los analógicos, en cambio, proporcionan una salida de naturaleza continua, ante una entrada del mismo tipo. Los instrumentos analógicos fueron los primeros en aparecer y tienen algunas limitaciones frente a las soluciones digitales. Los instrumentos digitales, por su parte, son dispositivos que convierten la entrada en **pasos discretos de señal** y, mediante técnicas digitales, logran mejores prestaciones.

Librerías de componentes

Para acceder al **Editor de librerías**, tenemos que dirigirnos a **Control Panel/File/New/Library**, y se desplegará en nuestra pantalla la ventana del Editor. Lo primero que debemos hacer es crear una nueva librería vacía: vamos a **New/File**. Un punto por considerar es que, dentro de una librería, se guardan los dispositivos y que cada uno de estos posee un símbolo y un encapsulado. En la barra de herramientas, disponemos de los botones que permiten acceder a la creación y edición de cada dispositivo, con su símbolo y su encapsulado.



ACTUALIZACIONES



Una de las ventajas que ofrece la versión profesional de EAGLE es la posibilidad de realizar actualizaciones desde su página oficial. Este no es un dato menor, ya que existe una infinidad de sitios no oficiales que ofrecen este programa sin el soporte necesario para solucionar eventuales inconvenientes. Las actualizaciones se pueden descargar desde www.cadsoftusa.com/upload.htm.

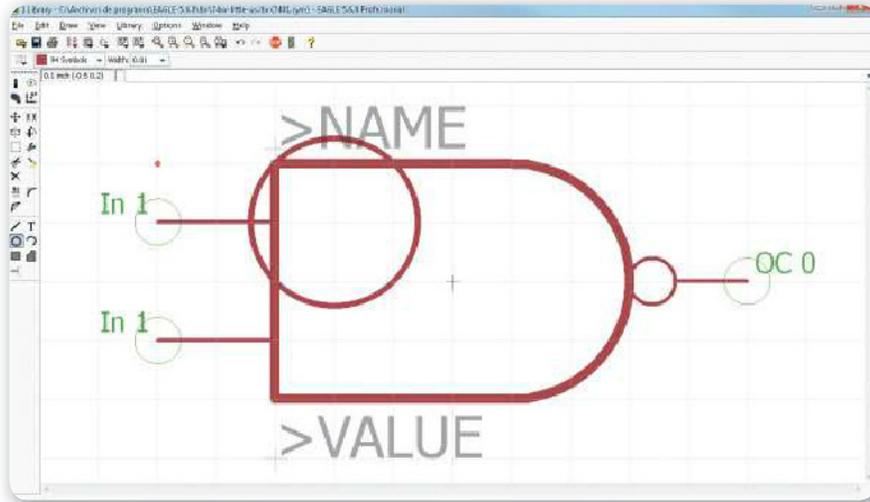


Figura 11. Con el **Editor de librerías** es posible modificar los dispositivos instalados por defecto o utilizarlos para la creación de nuevos.

Mediante el botón **Symbol**, podemos crear el símbolo que representará al dispositivo en el módulo de captura del esquemático. Una vez creado el símbolo, deberemos agregar y posicionar los pines que forman parte de él. Para ello, nos valemos del botón **Pin**. Los pines poseen propiedades que podemos modificar si hacemos clic con el botón derecho del mouse sobre cada uno. Es posible editar el nombre, la posición, el ángulo de inclinación, entre varias funciones más.

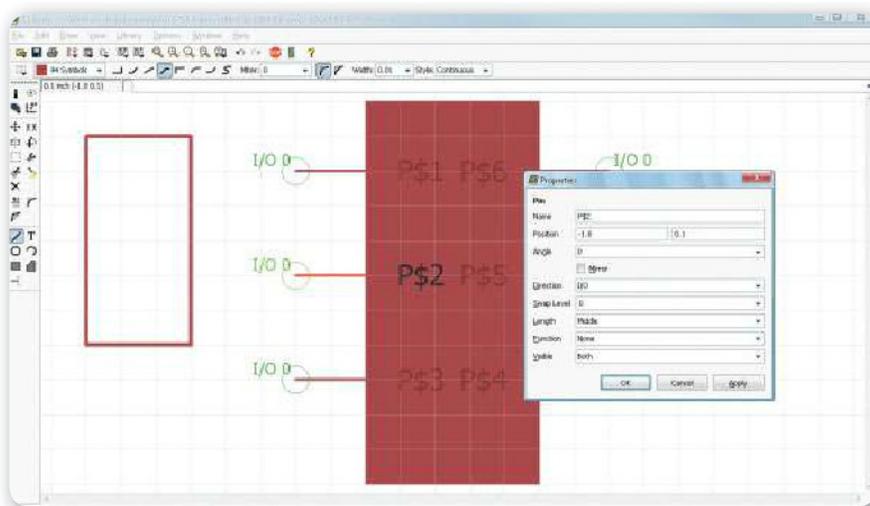


Figura 12. Cuadro de **Propiedades** de los pines de un símbolo donde se configuran todas las opciones que ofrece EAGLE.

Una vez creados todos los pines, es necesario nombrarlos desde el cuadro de propiedades o el botón **Name**. La elección del nombre del pin generalmente tiene que ver con la función que cumple.

Con los pines creados, posicionados y nombrados, podremos dibujar el componente. En la barra de herramientas, pulsamos el botón **Wire**, seleccionamos la capa **94 Symbols** y le damos forma al símbolo.

El segundo paso en la creación de una nueva librería es la realización del encapsulado. Este tipo de símbolo es la representación de cada componente que se utilizará en el Editor de PCB (**Board**) y reemplaza a cada símbolo eléctrico empleado en los diagramas esquemáticos.

PODEMOS CREAR
EL SÍMBOLO QUE
REPRESENTARÁ AL
DISPOSITIVO EN EL
MÓDULO DE CAPTURA



Al presionar el botón **Package**, desplegará una ventana donde podremos nombrar y crear el símbolo del encapsulado. Acto seguido, podremos agregar los pads correspondientes, editar sus propiedades y, por último, dibujar el encapsulado mediante la herramienta **Wire**.

Para finalizar con la creación de nuestra librería, tendremos que desarrollar un dispositivo nuevo. Presionamos el botón **Device** para que se despliegue la ventana en la cual podremos darle un nombre y confirmar su creación.

El botón **Add** permite añadir un símbolo a nuestro dispositivo.

Una vez finalizado este proceso, deberemos agregar el encapsulado correspondiente; pulsamos el botón **New** para que se despliegue la ventana de diálogo con el encapsulado creado.

El último paso es hacer coincidir los pines del símbolo con los pads del encapsulado. Para esto, disponemos del botón **Connect**. Cabe mencionar que deberemos realizar estos pasos repetidas veces hasta que todos los pines estén conectados.



MANEJO DE CAPAS



EAGLE utiliza capas para trabajar con los objetos que forman parte de un esquema. Por ejemplo, para imprimir el arte a la lámina de cobre de una placa de una sola cara, se deberán activar las capas **Bottom** y **Pad** con el botón **Display**. Es posible realizar diferentes combinaciones para los trabajos de impresión o para limpiar el área de trabajo cuando los diseños son complejos.

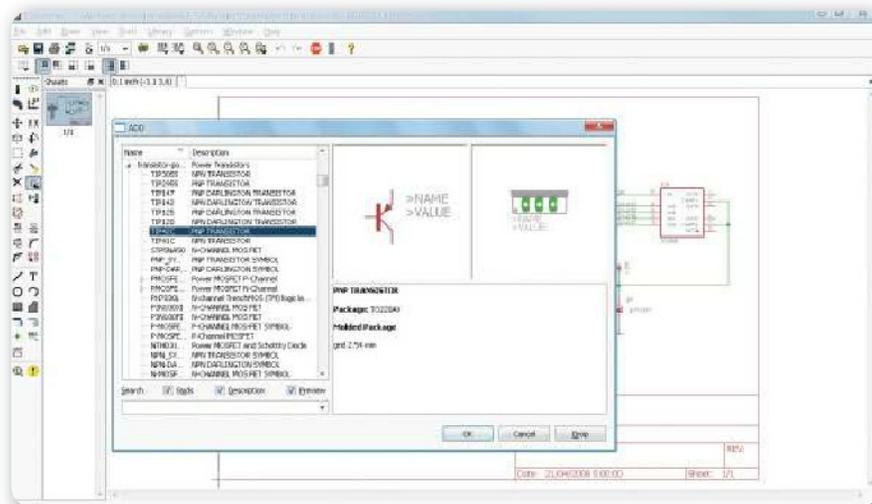


Figura 13. La función **Add** ejecuta un cuadro de diálogo que permite escoger un componente de las librerías.

Diseño de un circuito impreso por software

El editor de PCB puede lanzarse tanto desde el **Panel de Control** como desde el editor de esquemáticos, al pulsar el botón **Board**.

En este último caso, una ventana nos preguntará si deseamos crear un nuevo diseño de circuito impreso a partir del diagrama esquemático. Veremos más adelante, al crear el PCB para nuestro cargador de baterías NiCd, que aparecerán todos los componentes utilizados en el esquema, desorganizados y fuera del espacio definido para la placa (indicado por un rectángulo de color blanco). Las líneas de color amarillo indican las conexiones eléctricas entre ellos.



SOBRE ULP

EAGLE incorpora un lenguaje de programación de usuario similar a C, llamado **ULP (User Language Programs)**. Se trata de una herramienta muy flexible, que permite tener un completo acceso a las estructuras de datos internas. Gracias a este lenguaje, es posible escribir pequeños programas para añadir funcionalidades que resuelvan todo tipo de situaciones.

Podemos seleccionar los componentes por medio del botón **Group** y realizar cualquier acción; por ejemplo, moverlos con el botón **Move**.

Hay que tener en cuenta que, cuando el diseño parte de una captura de esquemático (realizada con el módulo **Schematic**), el programa no permite la inclusión de nuevos componentes ni conexiones que no figuren en el esquema. En el caso de tener que realizar modificaciones, habrá que hacerlas desde el módulo de captura.

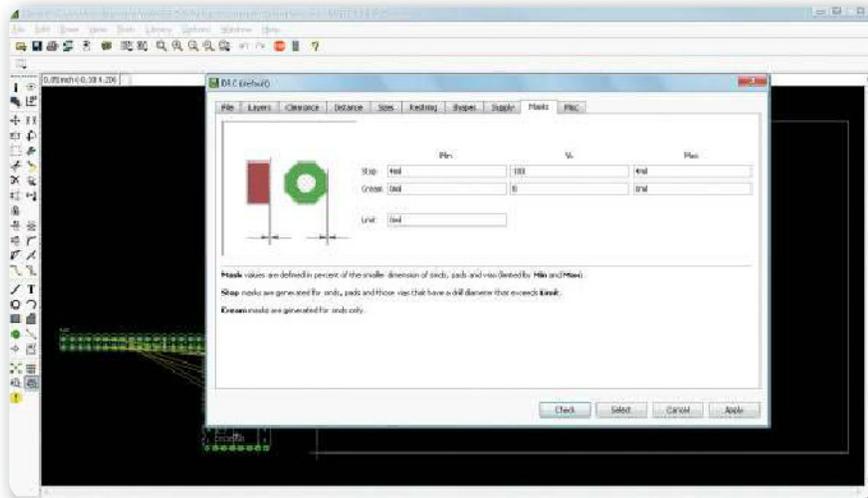


Figura 14. La ventana de la aplicación **BOARD** posiciona conexiones fuera del área de trabajo al crear un nuevo diseño de PCB.

Para transformar las líneas de conexión (**ratsnest**, nido de ratas) en pistas de circuito impreso –tarea que recibe el nombre de ruteo–, disponemos del botón **Route**, que nos permitirá ir dibujando las pistas una a una. Solo basta con hacer clic con el puntero del mouse sobre uno de los pads por rutear y mover la pista a nuestra conveniencia. Al llegar al pad de destino, volvemos a hacer clic, y el



MUY IMPORTANTE



Es muy importante utilizar y configurar las reglas de diseño (**DRC**). Mediante un correcto uso de esta función, se reducen errores como, por ejemplo, pistas solapadas, violaciones de distancias mínimas y objetos fuera del área de trabajo. Todos los errores cometidos se muestran gráficamente, y es fácil ubicarlos y corregirlos con el botón **Errors** de la barra de Herramientas.

trazo queda terminado. Si nos equivocamos en el trazado, podremos volver a la pista anterior mediante el botón **Ripup**.

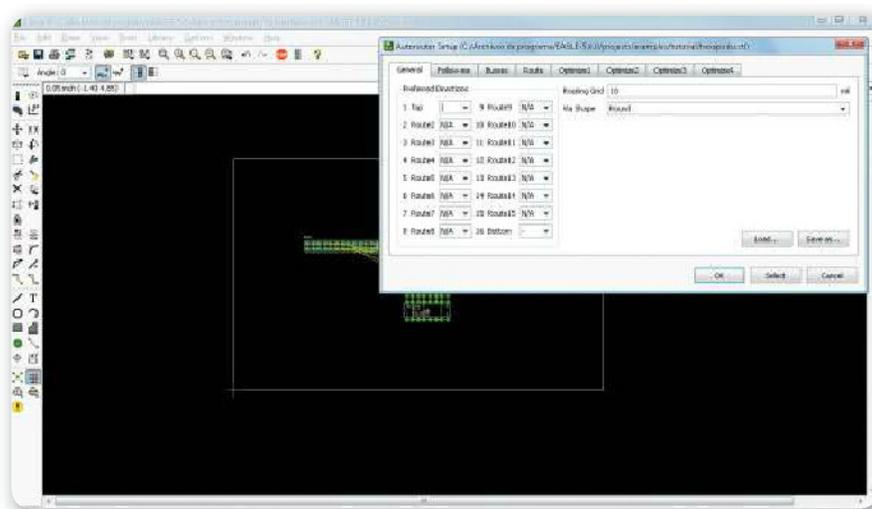


Figura 15. Configuración del sistema de autoruteo. Podemos lograr buenos resultados si escogemos algunos parámetros desde el menú **General**.

Función de ruteo automático

Es posible utilizar el autoruteo en cualquier momento, sin importar la existencia de pistas trazadas de forma manual. Si existen, no se verán afectadas. Al invocar el modo de autoruteo, mediante el botón **Auto** de la barra de herramientas, se despliega en pantalla una ventana con varias pestañas de configuración. En la pestaña **General**, es posible definir la cantidad de capas por emplear. En la versión gratuita, el máximo es de dos capas: superior (**Top**) e inferior (**Bottom**).

En el caso de utilizar una única capa, también se puede decidir si es la que pertenece al lado de los componentes o al de las soldaduras. En esta pestaña, disponemos de dos opciones, y cada una posee una lista desplegable que permite elegir uno de los parámetros disponibles: -, |, /, \, * y **N/A**. La opción **N/A** permite desactivar una de las capas, mientras que los otros símbolos indican la dirección que predomina en los trazos de cada capa: horizontal, vertical, diagonales y automático.

Una vez hecha la configuración, presionamos el botón **Ok** y veremos cómo EAGLE empieza a buscar todas las combinaciones posibles de trazado de pistas para realizar el ruteo. El tiempo que se tarde en lograr el objetivo dependerá de la complejidad del esquema.

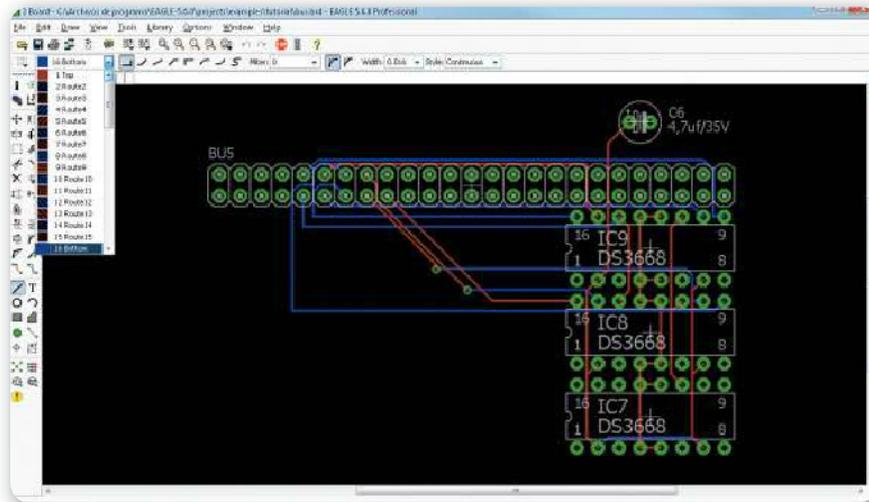


Figura 16. Placa generada mediante la función de autoruteo utilizando dos capas. Para realizar las conexiones entre pistas de diferentes capas, se emplean las vías.

➤ Uso práctico de EAGLE

Los paquetes de software de diseño de PCB suelen ser costosas piezas de software destinadas para el uso corporativo. EAGLE, sin embargo, es un paquete de diseño de gran alcance que está disponible gratuitamente para uso sin fines de lucro.

Debemos considerar que la versión gratuita de EAGLE limita el tamaño de la tarjeta que se puede diseñar, pero no tiene otras limitaciones. Si necesitamos hacer una placa de circuito más grande, podemos actualizar a una versión más potente sin fines de lucro, a una fracción del costo de la edición corporativa.

Como hemos visto en páginas anteriores, hay dos secciones importantes dentro del programa:

- Modo **Schematic**: lo emplearemos para la confección del esquema del circuito. Con este modo, seleccionaremos los componentes necesarios e indicaremos las conexiones entre ellos.
- Modo **Board**: nos servirá para realizar el esquema de la placa. Con este modo, trazaremos las rutas del circuito que unirán los componentes. Finalmente, podremos imprimir el esquema del circuito PCB.

Sabemos que EAGLE (*Easily Applicable Graphical Layout Editor*) es una poderosa herramienta que cuenta con un sistema de interacción completamente visual, en donde solo debemos buscar el tipo de elemento que deseamos incluir en el circuito impreso y arrastrarlo hasta el área de trabajo de manera práctica y sencilla.

Otra de las características destacables es que cuenta con un sistema de funcionamiento separado por tres secciones modulares bastante definidas: **Schematic Editor**, **Layout Editor** y **Autorouter**. Esta aplicación es compatible con otras aplicaciones similares, de manera que podemos exportar nuestra creación para simularla o imprimirla cuando lo deseemos.

PAP: CREAR UN CIRCUITO EN EAGLE



- 01** Luego de ejecutar EAGLE, haga clic en Add para agregar nuevos componentes. Se desplegará una lista de componentes. Seleccione el adecuado y haga clic en Ok.

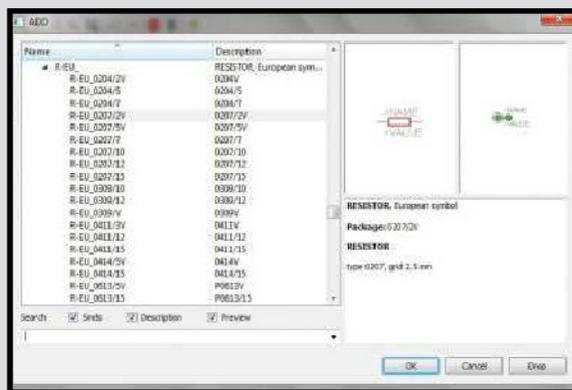


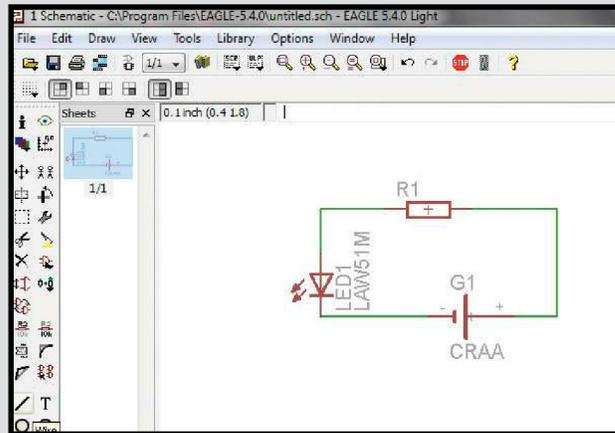
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO



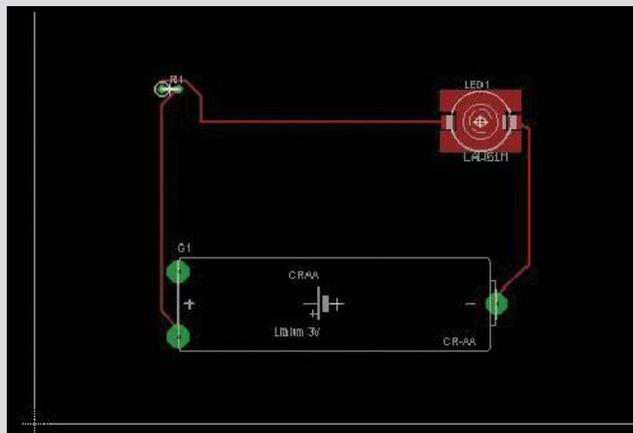
La captura del diagrama esquemático es el primer paso en el ciclo de la automatización del diseño electrónico (EDA). Este representa los componentes del circuito por medio de símbolos interconectados entre sí. Además, cuando sea posible, subdividir el diagrama en bloques según una función específica lo ayudará a comprender mejor todo el sistema.

02

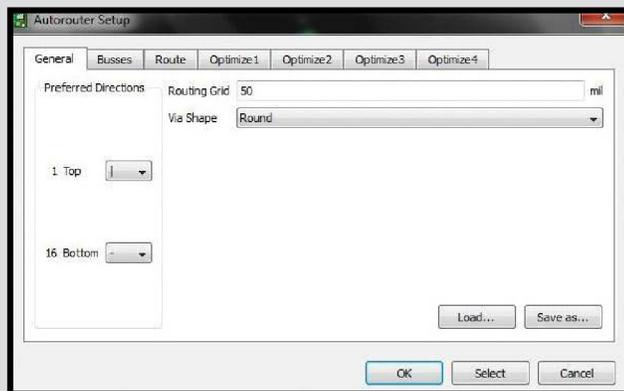
Con los componentes necesarios ubicados sobre el panel, proceda a unirlos con las herramientas Net, que traza líneas, y Rotate, para rotar cada componente. Para terminar, haga clic en la opción Board y, cuando el sistema consulte si desea crear el diseño de la placa a partir del esquema del circuito, presione Yes.

**03**

Preste atención a: 1) el panel principal de color negro, que se encuentra a la derecha de la pantalla; 2) el dibujo correspondiente al circuito; 3) el sombreado de color blanco, que indica la zona delimitada para su placa. Mueva los componentes dentro de dicha zona. Utilice Group para sombreadar el circuito y, luego, presione Move para mover los objetos. Finalmente, pulse la tecla CTRL y haga clic con el botón derecho del mouse para arrastrarlo hacia el panel principal de color negro.



04 Por último, seleccione **Tools/Auto** en la barra superior. Haga clic en **Ok** para el autoruteo y verá cómo su circuito se ordena de una forma diferente que, por ahora, tomará como la más conveniente. Grabe el esquema de la placa desde la opción **File/Save** y elija una ubicación en el disco duro. También puede imprimir el proyecto desde **File/Print**.



RESUMEN



En este capítulo, vimos cómo diseñar un proyecto asistido mediante CadSoft EAGLE, con sus diferentes módulos, herramientas y áreas de trabajo. Pusimos especial hincapié en las bibliotecas de símbolos que vienen incluidas, en la edición y creación de nuevos componentes y la generación de PCB mediante métodos manuales, automáticos y mixtos. Conocimos las limitaciones de la versión gratuita, el uso de reglas de ruteo y los diseños a través de capas. También aprendimos el uso y la aplicación de los principales instrumentos del laboratorio, y analizamos las características y las diferencias de los instrumentos de tipo digital y analógico.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué es un **circuito impreso** y cómo se montan sus componentes?
- 2 ¿Qué son los programas **CAD**, para qué sirven y cuáles son sus módulos principales de funcionamiento?
- 3 ¿Cómo funciona el software **CadSoft EAGLE** y cuáles son sus principales herramientas de trabajo?
- 4 ¿Qué son y para qué sirven las **reglas de ruteo**?
- 5 ¿Para qué se realizan los **encapsulados**?
- 6 ¿Qué contiene la **librería de componentes de EAGLE**?
- 7 ¿Cómo funciona el **Editor de librerías**?
- 8 ¿Qué ventajas ofrece el uso de la función de **autoruteo**?
- 9 ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de la **versión gratuita de EAGLE** y cuáles son las secciones más importantes?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Simulación de circuitos en la PC

En este capítulo, aprenderemos cómo realizar el diseño de un circuito y las ventajas que ofrecen la simulación y el modelado matemático de componentes. Luego, nos enfocaremos en el tema de la simulación lógica funcional. Por último, conoceremos los programas de simulación más importantes para utilizar en la PC, y aprenderemos cómo funciona ISIS, el software más popular del mercado.

▼ Simulación lógica funcional ..254	Área de trabajo..... 262
Ventajas de la simulación..... 256	Diseño de un circuito 267
Modelado de circuitos electrónicos 256	
Alternativas de simulación 258	▼ Prácticas de simulación270
▼ Software ISIS259	▼ Resumen.....275
Simulación de código 261	▼ Actividades.....276



Simulación lógica funcional

Un paso necesario en el proceso de diseño de un circuito es asegurarnos de que este se comporte de acuerdo con las especificaciones dadas. Estas pruebas se llevan a cabo modificando la señal de entrada o variando las condiciones de operación, como la temperatura. Todo este proceso requiere de un tiempo considerable y es costoso, ya que involucra diversos equipos de laboratorio. Afortunadamente, podemos realizar estas pruebas usando la **simulación de circuitos por computadora**. De este modo, se reducen los costos y el tiempo empleado en las pruebas. Para nuestro caso, se trata, más que nada, de validar, mediante la simulación, el funcionamiento elemental del circuito para, luego, abocarse a la **construcción de un prototipo**.

En la actualidad, existen sistemas electrónicos que poseen miles y hasta millones de transistores, por lo que el análisis de su funcionamiento sería imposible de realizar en forma manual. Por esta razón, se crearon herramientas de simulación de circuitos por computadora, tales como **SPICE** (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), que permite al diseñador simular el comportamiento real de dichos circuitos y predecir sus características. Gracias a ellas, se acortan drásticamente los tiempos de diseño y disminuyen los costos.

El proceso se inicia con el enunciado del problema y las especificaciones, etapa en la cual el diseñador comienza con el desarrollo de una **solución abstracta** que se transformará en un circuito. El diseño se evalúa mediante un modelo que **simula su operación**, para verificar la respuesta del circuito frente a diversos estímulos de entrada. El modelo se simula y se revisa las veces que



SIMULACIÓN DE COMPONENTES DIGITALES



En circuitos con componentes digitales, toda la información recabada se utiliza para la simulación lógica, que consiste en simular sus componentes, expresados en ecuaciones lógicas, utilizando los modelos de las librerías del software. Este tipo de simulación emplea descripciones estructurales en las que se especifican componentes, conexiones y puertos de entrada/salida.

sean necesarias hasta obtener los resultados deseados. También se evalúan las diferentes opciones de diseño y la manera en que cada una incide en los costos. Una vez validado el diseño, se desarrolla e implementa el **diseño físico**. Por último, se prueba el circuito terminado, y los resultados de la prueba se comparan con el comportamiento modelado para detectar posibles fallas.

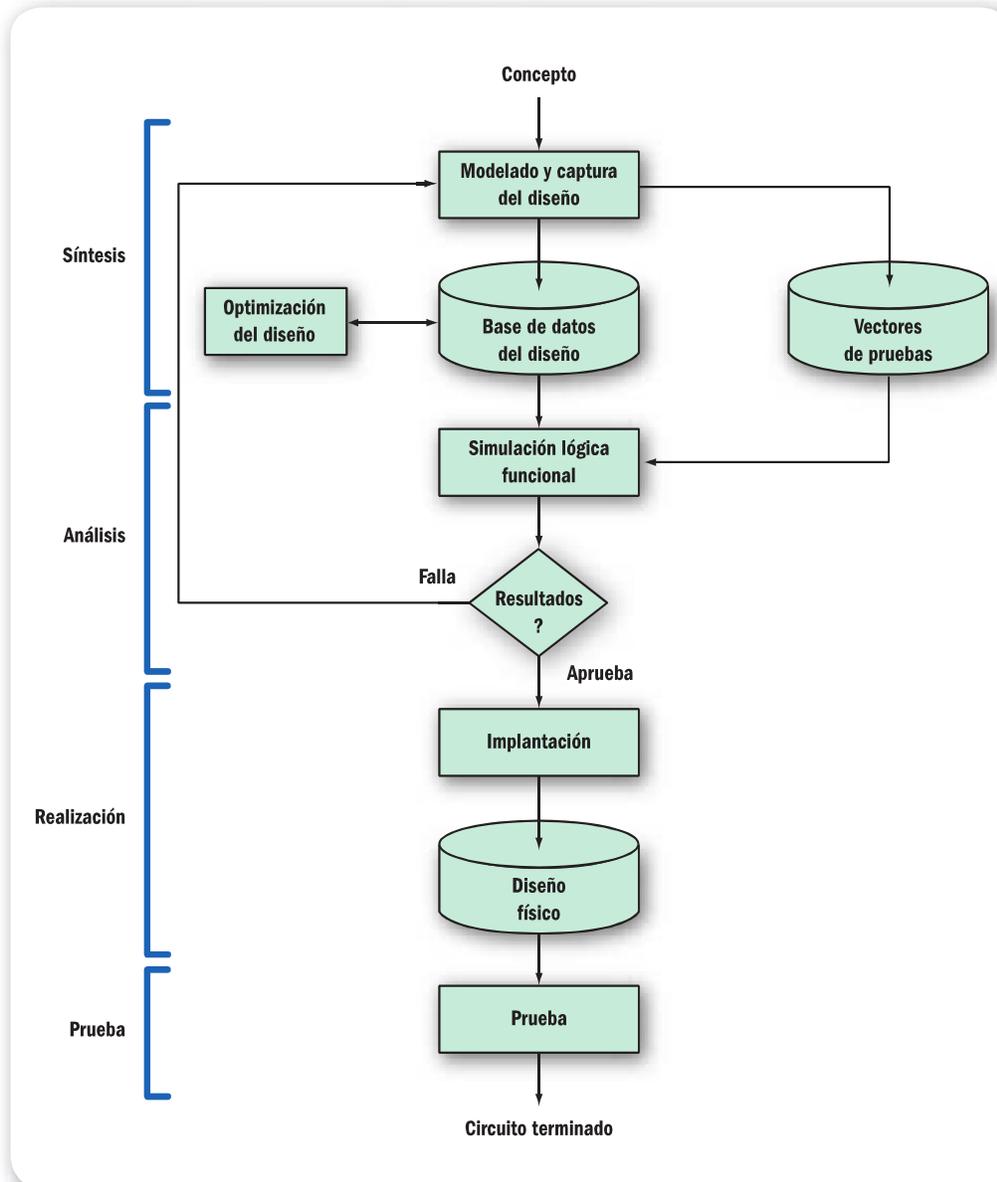


Figura 1. Diagrama en cuatro bloques del proceso de diseño de un circuito electrónico: síntesis, análisis, realización y prueba. La simulación se encuentra en la etapa de análisis.

Ventajas de la simulación

La simulación de circuitos por computadora nos permitirá:

- Observar el funcionamiento del circuito antes de construirlo.
- Realizar mediciones difíciles (debido al **ruido eléctrico**), no factibles (por no disponer del equipamiento adecuado) o inapropiadas (el circuito de prueba podría dañarse).
- Emplear **componentes ideales** para realizar una aproximación a un circuito electrónico, que brinde una respuesta más simple de calcular.
- Cambiar los **parámetros de los modelos** de los dispositivos semiconductores para efectuar simulaciones en distintas condiciones, como el análisis de corriente continua o alterna.
- Observar la **dependencia de la temperatura**, la generación de ruido, el efecto de capacitancias intrínsecas y las propiedades físicas del dispositivo por simular.

Modelado de circuitos electrónicos

Los programas de simulación de circuitos electrónicos utilizan **modelos matemáticos** para predecir el comportamiento real de un dispositivo o un circuito. El modelo es la representación de un sistema con un grado de abstracción determinado, en tanto que la abstracción es el proceso por el cual se aísla conceptualmente una propiedad de un objeto: **comportamiento, entrada/salida y estructura**.

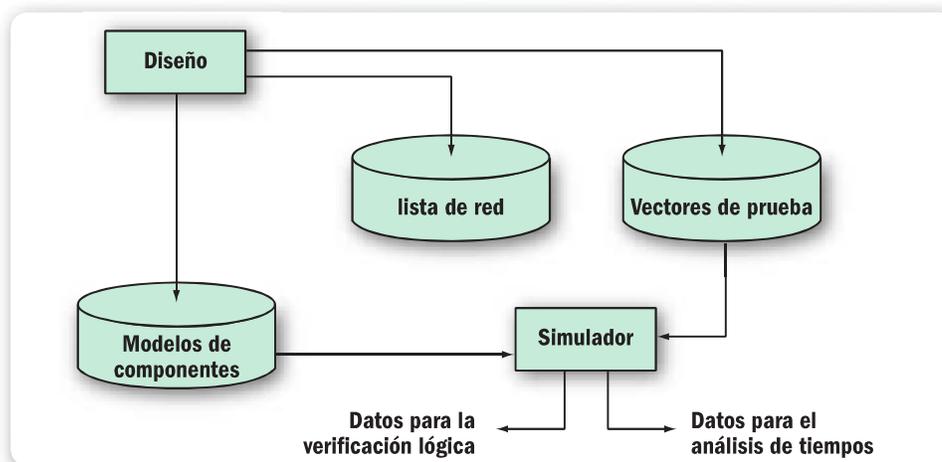


Figura 2. Diagrama en bloques del entorno del proceso de simulación lógica. En las primeras etapas, se usan componentes ideales y se separan los retardos de la función lógica, para simplificar.

Para realizar el modelo matemático, un dispositivo es reemplazado por un bloque que contiene expresiones matemáticas capaces de describir su funcionamiento. Estas pueden estar, por ejemplo, en función de la corriente o de las tensiones del circuito. Un modelo matemático muy utilizado es el de la función transferencia, en el cual, a través de un cociente, se relaciona la respuesta de un sistema a una señal de entrada. A partir de los modelos matemáticos, las **suposiciones** en el comportamiento de cada componente y sus **interconexiones (nodos)**, el programa realiza la simulación.

La simulación de un circuito electrónico tiene tres propósitos: la **verificación lógica**, el **análisis de desempeño** y el **desarrollo de pruebas**. El proceso de diseño comienza con un modelo abstracto que solo describe el comportamiento o la función deseada del circuito, sin especificar sus componentes reales. En esta parte, se utiliza la simulación funcional, que es el proceso de simular la relación entre las entradas y las salidas del circuito sin hacer referencia a la implementación, es decir, reflejando nada más que la funcionalidad de sus módulos. Esto permite deducir las características esenciales del diseño, sin tener que ocuparse de los **detalles de la implementación**.

En los programas de captura de esquemático, el modelo del circuito es tomado por el simulador en forma de lista de red (**netlist**). La **netlist** es un archivo de texto generado por el **software** de captura de esquemático que posee información relativa a los dispositivos integrantes del diseño y sus interconexiones. La netlist se basa en el proceso de reemplazo de todos los módulos del circuito no primitivos por las redes de elementos primitivos que representan. Se denomina **componente primitivo** a aquel que no se forma con elementos menores. De esta manera, cada dispositivo se representa por un símbolo gráfico, que se usará para dibujar el esquema, y un modelo asociado, que describe su comportamiento.



ESQUEMÁTICO Y FOOTPRINT



El esquemático hace referencia al símbolo normalizado que se utiliza para representar gráficamente componentes electrónicos. Por su parte, el footprint del componente electrónico muestra la forma física que este ocupará en una placa electrónica y la disposición de perforaciones y pads que se le realizarán.

Alternativas de simulación

Los programas de **simulación** de circuitos para PC parten de un software de captura de esquemas. Se trata de una herramienta gráfica interactiva con la que un diseñador dibuja un diagrama de circuito que debe ser procesado por el motor de simulación. Estos programas poseen librerías de los modelos matemáticos que describen a los componentes. A continuación, veremos los más populares.

Proteus: entorno integrado para el diseño y el desarrollo de circuitos electrónicos. Es de licencia propietaria, pero posee una versión de prueba con limitaciones. Para la elaboración de esquemáticos, cuenta con el software ISIS, que incorpora una librería de más de **6000** modelos de dispositivos digitales y analógicos. Una vez dibujado el diagrama, podemos hacer la simulación a través del módulo **ProSPICE**, basado en el conocido estándar de simulación **SPICE**. Ofrece una completa animación interactiva, emplea componentes interactivos (leds, displays de siete segmentos, etcétera) e incluye instrumentos virtuales (amperímetros, voltímetros, osciloscopios y generadores de señales).

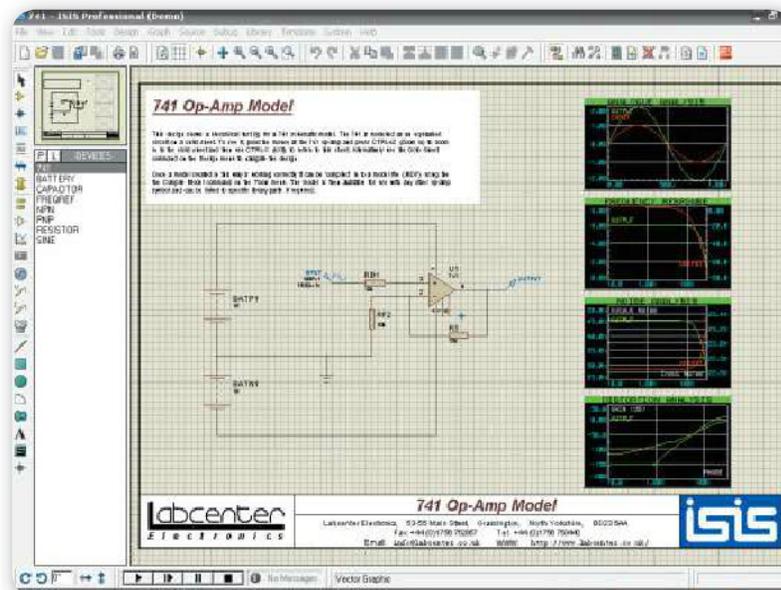


Figura 3. Captura de una simulación de **ProSPICE** que brinda la posibilidad de utilizar modelos de componentes suministrados por los fabricantes.

En caso de esquemas electrónicos grandes, ProSPICE permite la simulación parcial de un diseño, para no tener que dividir y probar

un esquema por partes. Una característica que se destaca en él es la inclusión de modelos de simulación **VSM** (*Virtual System Modeling*).

OrCAD: paquete de diseño y desarrollo de circuitos electrónicos del software **OrCAD** que incluye el módulo **PSPICE A/D** para los procesos de simulación. Es posible dibujar el esquemático del circuito para luego simularlo en PSPICE A/D. Incluye simulación de componentes tanto electrónicos como digitales.

Altium Designer: su versión **Device Intelligence** incluye un simulador SPICE compatible con los modelos habitualmente proporcionados por el fabricante. Permite simular cualquier tipo de dispositivos, incluyendo los microcontroladores.

CircuitLab: permite realizar simulaciones online desde el propio sitio web en **www.circuitlab.com**. Sirve para compartir circuitos entre colegas o tomar los modelos realizados por los profesionales de la comunidad.

EN LA ACTUALIDAD,
EXISTEN
NUMEROSOS
SIMULADORES ONLINE



Software ISIS

El software ISIS forma parte del paquete de productos del programa Proteus, de la empresa **Labcenter Electronics**. Se trata de una aplicación **CAD** (*Computer Aided Design*), que ofrece una solución completa para el diseño, la simulación y la elaboración de circuitos impresos. El paquete Proteus está compuesto por:

- **ISIS** (*Intelligent Schematic Input System*): encargado de diseñar los esquemáticos de los circuitos.



OTROS PROGRAMAS



Electronic Workbench Multisim, de la empresa **National Instruments**, es un programa de simulación cuya estética se asemeja a la de un laboratorio virtual. Este software se utiliza como una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de circuitos electrónicos. También está **GEDA**, para Linux, y de licencia GNU, que actualmente no cuenta con compatibilidad para Windows.

- **VSM** (*Virtual System Modeling*): módulo de simulación funcional de los circuitos.
- **ARES** (*Advanced Routing Modeling*): se ocupa del diseño de los circuitos impresos (**PCB**).

El **entorno ISIS** es una herramienta gráfica de diseño de esquemáticos para circuitos impresos, que también incorpora funciones de simulación. Como podemos imaginar, ya sea para simular con el entorno **VSM** o para confeccionar un impreso con **ARES**, primero necesitamos crear un esquemático a partir de los componentes para el diseño. También es posible crear nuestros propios componentes, asignando pines y seleccionando encapsulados para el diseño de impresos, así como su modelización para la simulación.

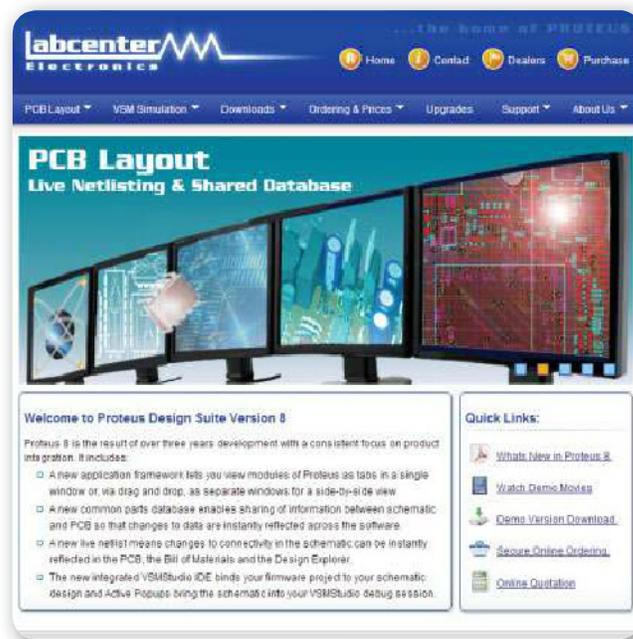


Figura 4. Labcenter es la empresa creadora del software ISIS, además de otros variados programas de diseño electrónico.

Otra característica importante es que cuenta con la posibilidad de gestionar **proyectos jerárquicos**. Es decir, un componente creado puede representar un circuito completo en su interior, conformando un proyecto con varios niveles jerárquicos. Además, admite anidar **múltiples hojas** de esquemáticos. De esta manera, resulta cómodo trabajar con proyectos de mayor complejidad.

Por último, con ISIS podemos simular nuestros diseños en tiempo real mediante su menú de funciones **Debug**, de la barra de herramientas, o desde la barra de simulación de la parte inferior de la pantalla.

Simulación de código

Con Proteus, es posible simular **código ensamblado** de microprocesadores para visualizar el funcionamiento de un microcontrolador mientras se ejecuta el código correspondiente. La simulación de código ensamblado es una de las herramientas que han facilitado el trabajo con los microcontroladores, ya que permite probar su comportamiento antes de implementar estos elementos en el protoboard o en la placa.

Este proceso nos ahorra tiempo de desarrollo, porque podemos depurar el circuito sin temor a equivocarnos, considerando que todo el desarrollo y la prueba de diseño se realizan en un programa de computadora. Recordemos que VSM es capaz de trabajar con archivos de código **Assembler** de algunos de los siguientes fabricantes de microprocesadores: AVR, PIC, 8051, HC11, ARM/LPC200 y Basic Stamp. Además, integra la simulación de circuitos electrónicos tradicionales con modelos de animación de componentes electrónicos y microprocesadores que conforman el circuito.

Es importante destacar que la potencia de Proteus radica en que puede simular, en un solo software, todo el hardware necesario para un proyecto con microcontroladores.

ISIS ES UN
SOFTWARE PARA
DISEÑAR Y SIMULAR
CIRCUITOS
IMPRESOS



LOS COMPONENTES DE ISIS



El programa ISIS cuenta con varios tipos de fuentes de señal, conectores, switches, llaves, relés y demás elementos necesarios para la confección de todo circuito. Elementos como voltímetros, amperímetros, osciloscopios y simuladores de interfaces brindan versatilidad a la hora de comprobar el funcionamiento de un diseño y realizar pruebas de todo tipo.

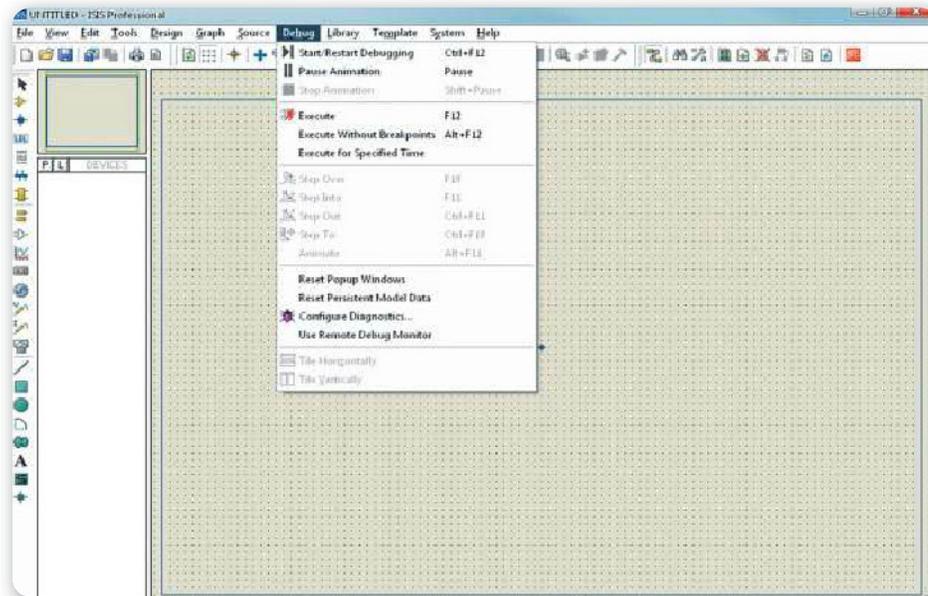


Figura 5. Ubicación de **Source** para poder leer el código Assembler, y de **Debug** para ver el funcionamiento del programa y los distintos registros del microprocesador.

También se pueden cargar las herramientas destinadas a hacer el ensamble entre el código realizado y el microcontrolador, para su posterior compilación. En Debug podemos ver los registros del microcontrolador, el código fuente, la memoria de datos y la memoria EPROM, entre otras características.

Área de trabajo

Una vez que abrimos ISIS, nos encontramos con la **hoja de diseño**, que será nuestro lugar de trabajo. Notamos en primer lugar la presencia de una grilla, cuyo espaciado es configurable, y que nos



MÁS SOBRE PROTEUS

En su parte analógica, Proteus tiene toda la potencia necesaria para analizar circuitos con componentes pasivos, como resistores, capacitores e inductores, y activos, como diodos, transistores y amplificadores operacionales. Desde el punto de vista digital, nos permite analizar con precisión el comportamiento de compuertas digitales y de microcontroladores.

permitirá trabajar con un **paso** más fino o más grueso a la hora de mover componentes o trazar líneas de conexión. Desde el menú principal, podemos realizar las siguientes configuraciones:

- Configuración del tamaño del área de trabajo: **System/Set sheetsizes.**
- Cambiar el espaciado de la grilla: **View/Snap.**
- Activar/desactivar la visualización de las distintas barras: **View/Toolbars.**

PARA SIMULAR
HAY QUE CREAR
UN ESQUEMÁTICO
A PARTIR DE LOS
COMPONENTES



En la parte superior de la pantalla, están el **menú principal** y las **barras de acceso rápido** para funciones de visualización, impresión y herramientas varias. Sobre la izquierda, se ubican las ventanas y las barras de botones para el diseño. Veamos en detalle cada una de estas opciones.

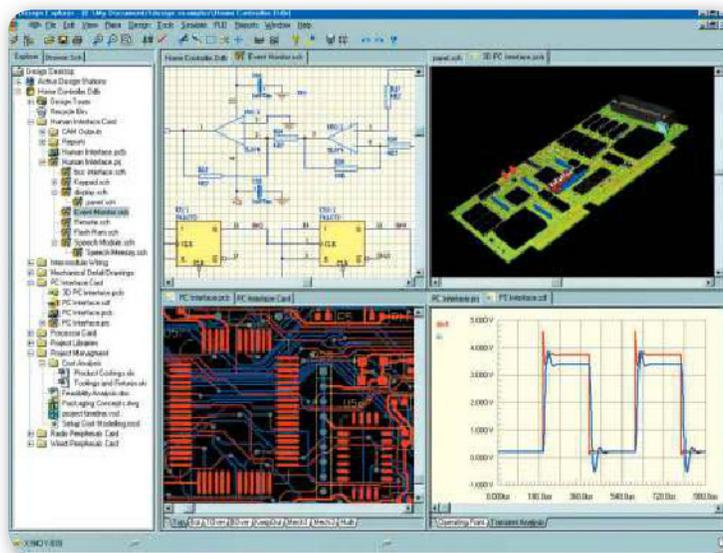


Figura 6. Ventana de vista completa que demarca la zona visualizada en la hoja de trabajo.

Barras de funciones y ventanas

Las barras de botones y ventanas ubicadas a la izquierda de la pantalla nos ofrecen varias funciones importantes para confeccionar circuitos.

- **Ventana de vista completa:** desde aquí podremos visualizar la totalidad del proyecto y movernos sobre toda la hoja, haciendo clic sobre el punto donde queremos centrar la vista.
- **Barra de modos de trabajo:** esta barra contiene algunas de las opciones más utilizadas. El botón **Component**, para el listado de los componentes del proyecto y la exploración de librerías; la opción **WireLabel**, para darles nombre a las líneas de conexión; **Buses Mode**, para la inserción de buses; y el modo instantáneo de configuración de dispositivos.
- **Ventana de componentes y librerías:** en ella aparecen las opciones correspondientes a cada menú de trabajo. Por ejemplo, el menú **Component** permite explorar las librerías y visualizar los dispositivos del proyecto.
- **Barra de diseño electrónico:** está destinada a la inserción de dispositivos, tales como generadores de señal de todo tipo, instrumentos de medición para simulación en tiempo real, puntas de medición de corriente/tensión y terminales de conexión entre distintas hojas de trabajo, entre otras.
- **Barra de dibujo:** permite agregar figuras 2D a nuestros diagramas. También podemos incluir texto con los distintos estilos de formato asignados para referencias, indicadores y dispositivos de las librerías.
- **Barra de rotación de componentes:** se utiliza para modificar la orientación de los componentes con el fin de facilitar su posicionamiento e inserción en los circuitos que se diseñen. Podemos rotar a la derecha e izquierda y, también, espejar los dispositivos en forma vertical y horizontal.
- **Barra de simulación:** esta barra de herramientas contiene los comandos **RUN**, **STEP**, **PAUSE** y **STOP** para la simulación temporal de los circuitos electrónicos.



NETLIST



La **netlist** es el archivo con el detalle de conexión entre los componentes de un diseño que ARES debe interpretar. Con su información, ARES ayuda con el diseño del PCB, uniendo automáticamente los componentes del esquemático confeccionado en ISIS, a través de líneas de guía virtuales. Se seguirán estas líneas en el trazado real de las pistas.

Diseño en ISIS

Luego de explorar el área de trabajo, explicaremos el proceso de **inserción de componentes** desde las **librerías** de ISIS y las distintas formas de hacerlo.

Este programa cuenta con una gran librería de componentes donde, además de la forma esquemática tradicional, se muestra la forma física o footprint del elemento seleccionado. Además, ISIS ofrece la aplicación **ProSPICE**, que permite el uso de **instrumentos virtuales** para la visualización del comportamiento de las señales de los circuitos.

Para la construcción del esquemático del amplificador inversor, vamos a seleccionar los componentes dentro de las librerías de ISIS. Luego, los colocamos en la ventana de trabajo y realizamos la unión entre ellos por medio de las pistas. Finalmente, dejamos conectado un osciloscopio para visualizar la señal de salida.

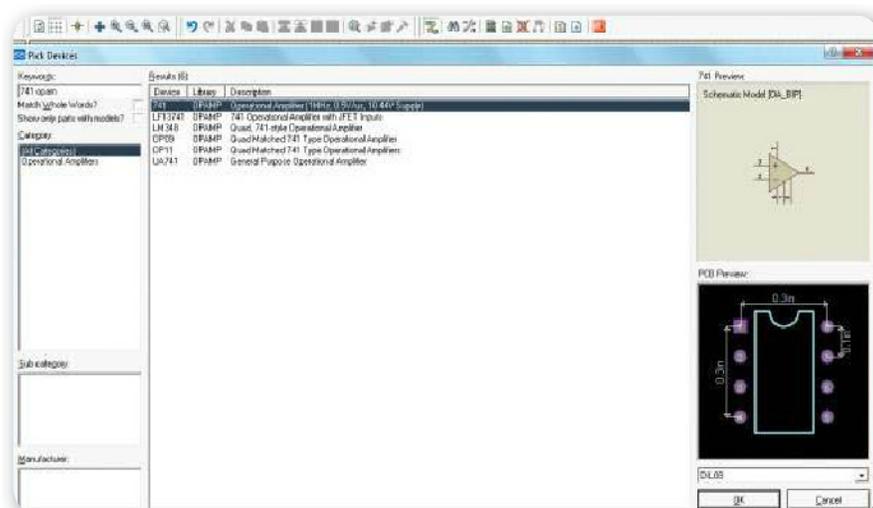


Figura 7. A la derecha, se observa la ventana de librerías, el esquemático del amplificador 741 y su correspondiente footprint para el diseño de impresos.

Librerías de componentes

ISIS nos ofrece unas completas librerías, no solo para confección de impresos, sino también para simulación. Entre ellas, podemos encontrar componentes estándares, como resistencias, capacitores, transistores, diodos, etcétera. Además, se incluyen diversos integrados clasificados por fabricante: microcontroladores, memorias, amplificadores operacionales, ICs varios y CPLDs, entre otros.

PROSPICE PERMITE EL USO DE INSTRUMENTOS VIRTUALES



Para **insertar un componente**, desde la barra de **modos de trabajo**, presionamos el botón **Component**. Haciendo clic sobre **Pick Device**, se abrirá el menú de librerías con los distintos componentes disponibles. Allí podemos seleccionar una categoría del menú **Library**. Una vez hecho esto, desde la lista **Objects** es posible elegir cuáles de los componentes que forman parte de ella utilizaremos.

Otra manera de acceder a las librerías es mediante el botón **Pick or update device/symbol** o

desde el menú principal, desplegando la solapa **Library**, donde se ubica el comando **Pick Device/Symbol**. La ventana que se despliega, en ambos casos, corresponde a un buscador de texto por cadena de caracteres. Se debe seleccionar el tipo de componente o dispositivo por buscar y el modo de comparación: coincidencia exacta, solo del comienzo, que contenga el texto, solo fin del texto, etcétera.

Luego, si escribimos en el campo el nombre del componente o texto correspondiente, las coincidencias aparecerán listadas en la ventana. Una vez que cerramos las ventanas de selección y volvemos a la hoja de trabajo, solo resta insertar el componente desde la lista de proyecto que fuimos armando. Para hacerlo, desde la lista de proyecto de la ventana de componentes, seleccionamos el dispositivo que queremos insertar usando el botón izquierdo del mouse. Lo veremos en la **ventana principal**, pero, para insertarlo en la hoja, debemos hacer clic con el botón izquierdo del mouse en algún punto del área de trabajo.

Para eliminar un componente, hacemos doble clic con el botón derecho del mouse. Con el primer clic, el componente se selecciona y se marca en rojo. Si volvemos a hacer otro clic derecho, este se quitará de la hoja, pero no de la lista de proyecto.



MEDICIÓN DE DISTANCIAS



Es posible medir distancias relocalizando el origen de la hoja por medio del botón **Enable/Disable Manual Origin Specification**, de la barra de visualización de acceso rápido ubicada en la parte superior de la hoja. En la esquina inferior derecha de la ventana del software, observaremos el conteo de la distancia del cursor al punto especificado con el origen.

Diseño de un circuito

Estamos en condiciones de diseñar nuestro primer circuito con ISIS. Para el ejemplo, elegimos una etapa de ganancia a amplificador operacional con un sencillo LM741.

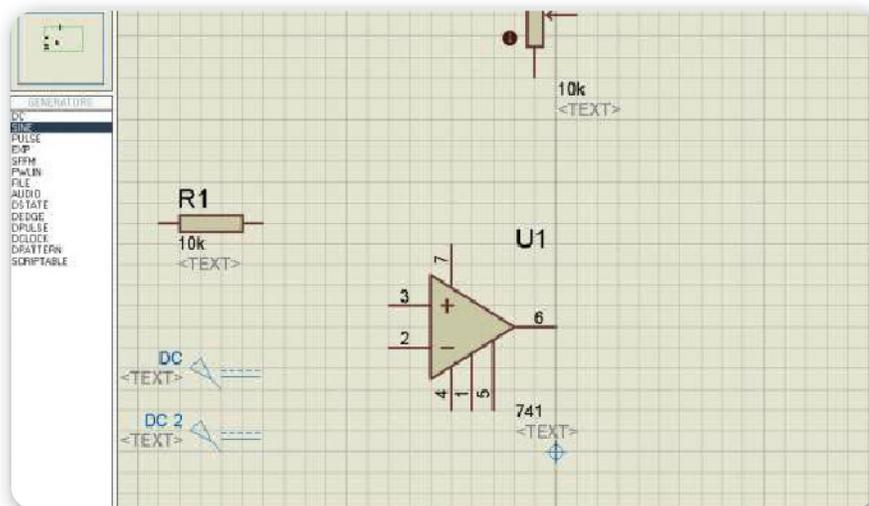


Figura 8. Observamos las dos fuentes de alimentación de corriente continua para el proyecto, denominadas DC1 y DC2.

Utilizando los conceptos ya descritos, presionamos el botón **Components** y, luego, con el botón **P** de la herramienta **Pick**, seleccionamos los dispositivos que usaremos en el proyecto. Estos son:

- El componente **741** de la librería **OPAMP**.
- Un resistor de la librería **ASSIMDLS**.
- Un potenciómetro **POT-LIN** de la librería **ACTIVE**.

Primero debemos configurar nuestros componentes. En este caso, asignamos al resistor y al potenciómetro un valor de **10 K**. Para hacerlo, podemos utilizar el botón de configuración instantánea de la barra de modos de trabajo; también podemos presionar el botón derecho del mouse sobre el cuerpo del componente y, luego, el botón izquierdo sobre el mismo (marcado de rojo).

LOS INSTRUMENTOS
VIRTUALES SE
SELECCIONAN
DESDE LA OPCIÓN
INSTRUMENTS



Inserción de masa y alimentación

Desde la **barra de diseño electrónico**, presionamos el botón **Inter-sheet Terminal**. Sobre la ventana de componentes, aparecerán varias opciones, entre ellas, el conector de **GROUND**. Sobre la ventana, seleccionamos esta opción con el botón izquierdo del mouse. Por último, con el puntero del mouse nos dirigimos hacia algún lugar de la hoja de trabajo y, presionando el botón izquierdo del mouse, insertamos la masa del circuito.

Necesitamos también alimentación para el circuito y para simular la **entrada de señal** que queremos amplificar/atenuar. Sobre la misma barra de diseño electrónico, ahora presionamos el botón **Generator**. Seleccionando la opción **DC** y presionando el botón izquierdo del mouse sobre la hoja de trabajo, vamos a insertar dos fuentes de corriente continua al proyecto. Para la señal de entrada, utilizamos el dispositivo **SINE**, que es una **fuentes sinusoidal**.

Resta configurar cada uno de los dispositivos. Una vez más, marcándolos en rojo con el botón derecho del mouse, abrimos la ventana de configuración.

Para las **fuentes DC**, configuramos los valores de tensión 5 V y -5 V para los pines del **LM741** (7) y (4), respectivamente.

La fuente sinusoidal tendrá una amplitud de 2 V y una frecuencia de 1 KHz.

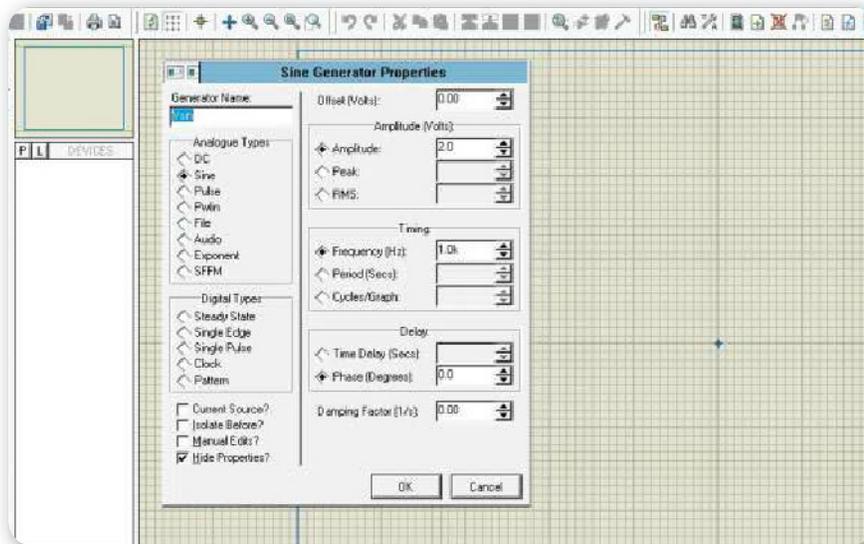


Figura 9. Ventana de configuración de la fuente sinusoidal elegida para la entrada de señal del amplificador operacional.

Cableado de dispositivos

Para unir los componentes, trazaremos las **líneas de conexión** con el botón izquierdo del mouse, siempre partiendo de un pin. Vamos a notar que el cursor cambia a una cruz cuando nos ubicamos con el puntero encima de un pin. Presionando una sola vez el botón izquierdo del mouse, comenzamos a trazar las líneas desde ese punto hacia el pin destino del circuito. Volviendo a presionar el botón izquierdo sobre el pin destino, se realizará el trazado automático de la línea, que seguirá el camino más corto, pero sin pasar por encima de ningún componente o de otra traza. Continuamos así hasta completar las conexiones y lograr que el circuito quede totalmente armado.

Instrumentos de simulación

Para hacer una simulación de **funcionamiento en tiempo real**, utilizaremos un osciloscopio que debemos seleccionar desde el botón **Instruments** de la barra de diseño electrónico. Una vez insertado el osciloscopio, conectamos su **Canal A** a la salida del amplificador operacional, es decir, en el **pin (6)**.

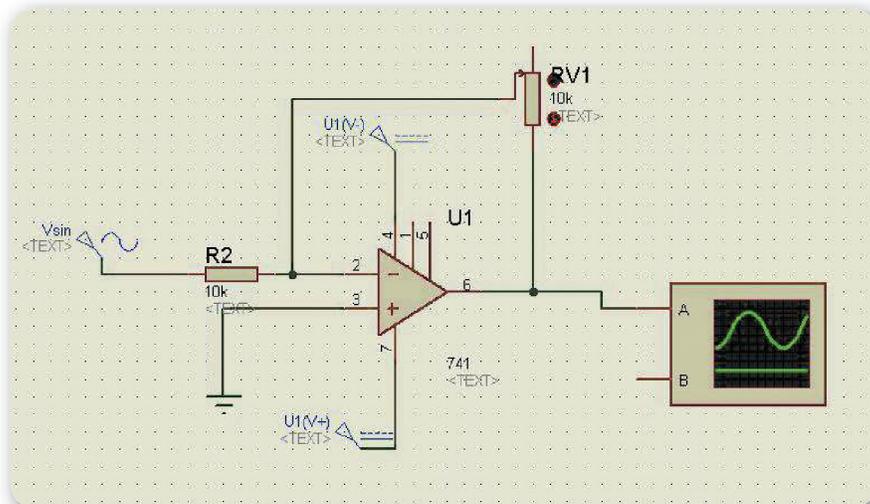
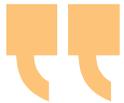


Figura 10. Este es el circuito completo que debemos seguir para confeccionar el ejemplo.

Luego, presionamos el botón **RUN** de la barra de simulación y corremos nuestro diseño. De manera automática, se abrirá una ventana con la pantalla del osciloscopio virtual. Allí configuramos

ANTES DE SIMULAR,
DEBEMOS
CONFIGURAR
TODOS LOS
COMPONENTES



la sección vertical en 1 V/división, y la horizontal, en 500 us/división.

Manejando el potenciómetro insertado, veremos cómo amplificar la señal para valores mayores a **10 KOhm** y atenuarla para valores inferiores, siguiendo la relación de amplificación: $-RB / RA$.

Para este caso, **RB = RV1** y **RA = R2**. Finalmente, presionando el botón **Stop** de la barra de simulación, la detenemos.

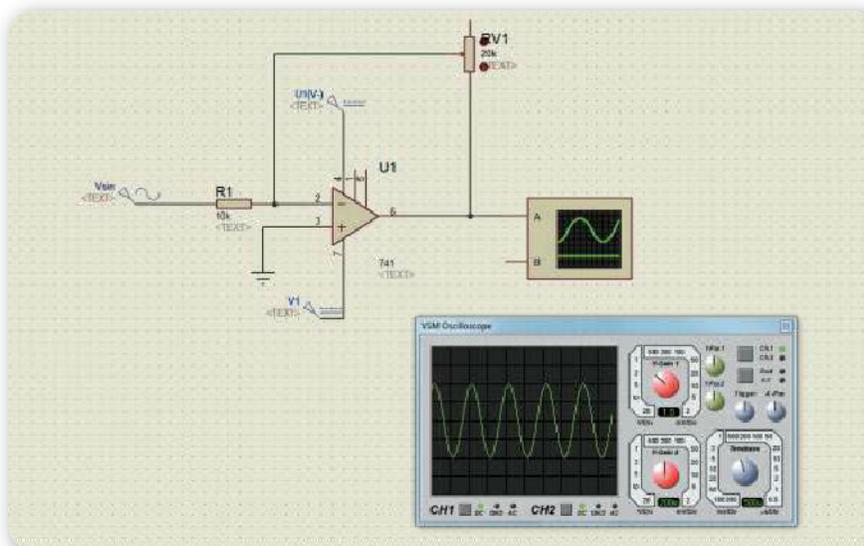


Figura 11. Simulación correspondiente al instrumento **Osciloscopio** de ISIS. Observamos cómo la señal de salida se amplifica.

Prácticas de simulación

A continuación, daremos nuestros primeros pasos prácticos en la simulación de circuitos electrónicos. Este proceso puede realizarse en ISIS, sin necesidad de abrir otro programa. Para efectuar esto, construiremos el esquemático del **cargador de baterías**, luego colocaremos los instrumentos de medición para ver su **funcionamiento** y, finalmente, realizaremos la **simulación** del circuito, donde veremos la curva de salida correspondiente.

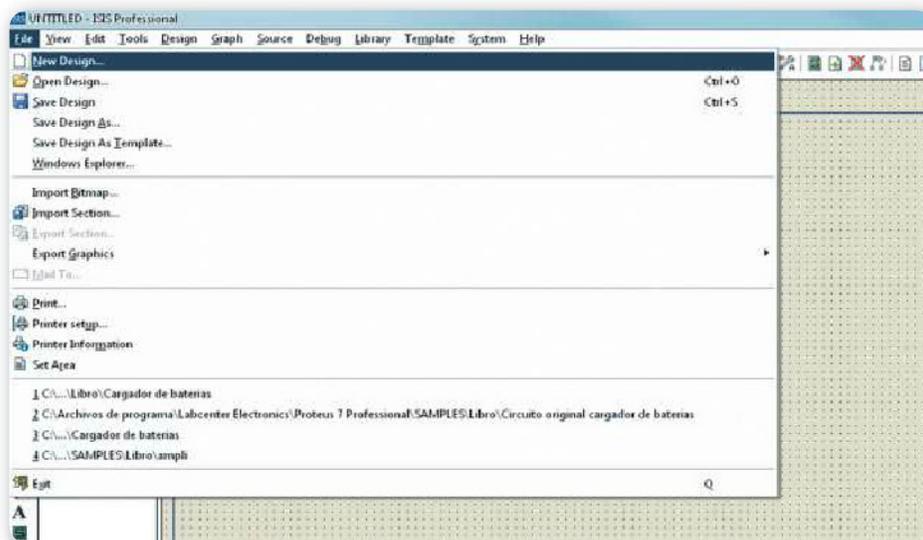


Figura 12. Para crear un nuevo diseño, vamos al menú correspondiente. Podemos elegir una plantilla para comenzar.

El primer paso consiste en crear un nuevo diseño. Podemos realizarlo desde la pestaña **File**, ubicada en la **Barra de menús**, o también mediante la herramienta **New File/From Default Template**, que se encuentra en la **Barra de archivos**. En esta oportunidad, lo haremos desde **File/New Design**.

Al entrar en este menú, se abre la ventana emergente **Create New Design**, donde se ofrecen varias plantillas para realizar el diseño. Estas se utilizan para hacer presentaciones de informes impresos con **rótulos** como nombre de los archivos, día de presentación, nombre del diseño, autor, revisión y hora. Para nuestro caso, seleccionamos **DEFAULT** y presionamos **Ok**.

Una vez que hemos generado un nuevo diseño, es recomendable crear una carpeta con el **nombre del proyecto**, donde vamos a guardarlo. Para esto, podemos recurrir al comando **Save Design**, en la **Barra de menús**. Para nuestro ejemplo, usaremos **File/Save Design**.

Aparece la ventana emergente **Save ISIS Design File**, que tiene las herramientas necesarias para crear la carpeta donde alojaremos el archivo de diseño. Creamos la carpeta que se llamará **Cargador de baterías** y, dentro de ella, guardamos el diseño; para terminar, presionamos **Ok**.

Ahora compararemos el **circuito original** con el que vamos a simular. En el que simularemos no precisamos el fusible, ya que en este

caso no habrá ningún **exceso de corriente**. También vamos a reemplazar el puente rectificador y colocar una fuente de corriente continua, lo que nos permitirá ver el funcionamiento del cargador.

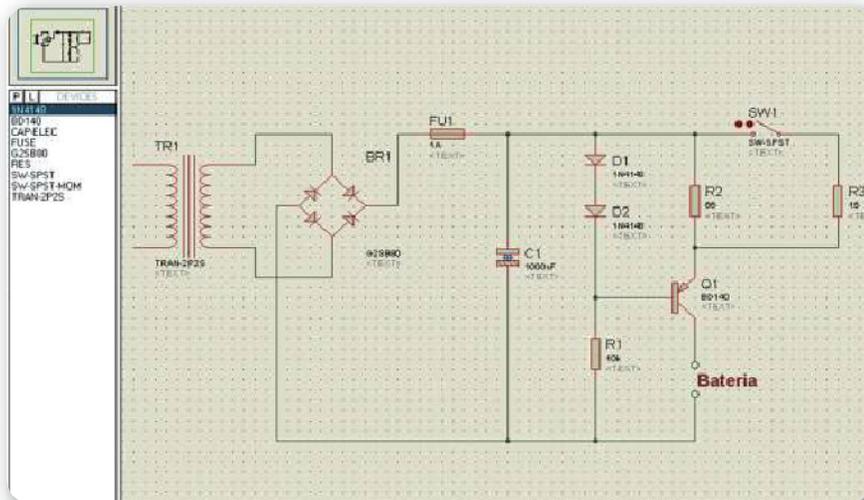


Figura 13. Circuito original sobre el que nos basamos para realizar la simulación.

Luego, vemos la implementación de la simulación que realizaremos.

El circuito por simular no está conectado a la red domiciliaria, de modo que podemos reemplazar el transformador, el circuito rectificador y el fusible. El puente rectificador se sustituye por una fuente de continua de 24 V. Colocamos una batería de 12 V y sacamos el fusible, ya que no tiene modelo de simulación. Agregamos el amperímetro y colocamos un osciloscopio para visualizar la forma de la señal de salida.

Debemos ubicar los componentes que deseamos volcar, para lo cual presionamos el botón **P** para que se despliegue la ventana **Pick Devices**, en la cual buscamos los distintos componentes del cargador de baterías.

Ahora pondremos los resistores que lleva el circuito. Para ubicarlos, colocamos la clave **Resistor** en el cuadro de diálogo **Keywords** de la ventana **Pick Devices**. En la ventana **Pick Devices/Category**, seleccionamos **Resistors**. En **Sub-category**, elegimos **Generic** y, en **Manufacturer**, dejamos la opción **All Manufacturers**. Por último, presionamos **Ok** para colocar el componente en cuestión en la ventana de trabajo. El circuito que vamos a simular tiene tres resistores.

Una vez que seleccionamos un componente –en este caso, los resistores–, se lo carga en la ventana **Componentes y librerías**, con lo cual no es necesario volver a elegirlo. Para colocar los resistores que faltan, seleccionamos **RES** en la misma ventana. Hacemos clic en la ventana principal de trabajo para ubicar el componente. Nos desplazamos con él por la ventana y, una vez que elegimos dónde ponerlo, hacemos otro clic para fijarlo.

Para darles valores a las resistencias, elegimos el icono **Selection Mode**, en la ventana **Edición**. Luego, nos posicionamos sobre los resistores y hacemos clic con el botón derecho del mouse. Se abre una ventana emergente donde elegimos **Edit Properties**. Aparece la ventana **Edit Component**, en la cual podemos dar valores a los componentes, como nombre, valor de resistencia, tipo de modelo, tipo de **PCB**, y otras propiedades.

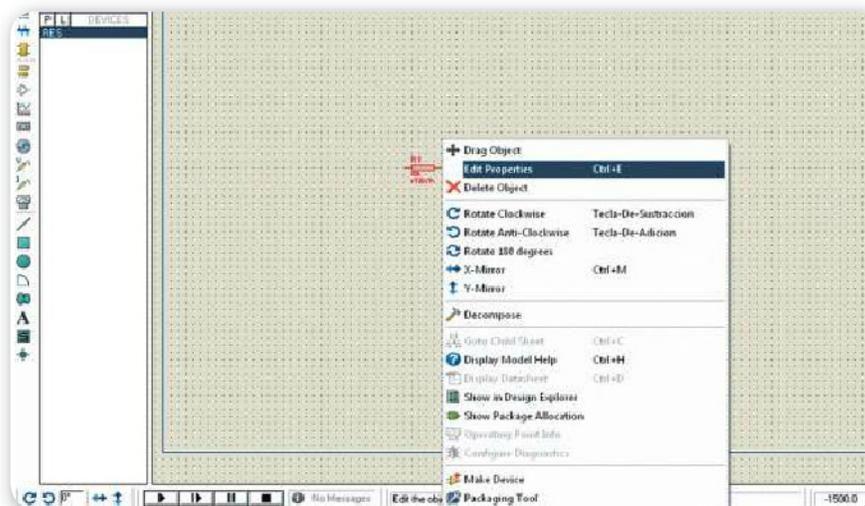


Figura 14. Desde **Edit Properties** podemos modificar las características de los componentes.

Configuramos el primer resistor de la siguiente manera: en la ventana **Component Reference**, colocamos la denominación **R1** y, en **Resistance**, ingresamos el valor **10 K**. Para **R2** colocamos una de **66** y, para **R3**, de **15**. Si necesitamos mover la resistencia o cualquier otro componente, pasamos a **Selection Mode**, en la ventana **Edición**. Luego, hacemos clic derecho sobre el resistor y, en la ventana emergente, seleccionamos **Drag Object**. Esto nos permitirá mover el objeto a la posición deseada.

Ahora vamos a colocar el capacitor, para lo cual realizamos los mismos pasos que con el resistor. Cuando buscamos en **Pick Devices**, colocamos la clave **Capacitor** en **Keywords**. En **Sub-category** ponemos **Generic** y, en **Results**, elegimos **CAP-ELEC**. Luego, presionamos **Ok**. El valor de capacidad será de **1000 μ F**, y los pasos para asignarlo son los mismos que hemos visto para darle valores al resistor.

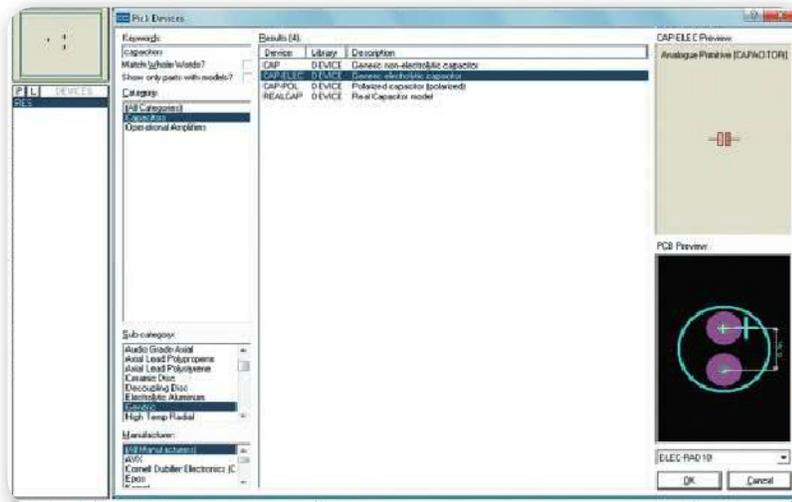


Figura 15. Selección del capacitor de 1000 μ F que utilizaremos en el circuito.

Nuestro circuito tiene dos diodos **1N4148**. Para encontrarlos, vamos a la ventana **Componentes y librerías** y seleccionamos **Pick From Libraries**. En el cuadro de diálogo **Keywords**, colocamos la clave **1N4148** y, en **Results**, seleccionamos **1N4148**. Presionamos **Ok**. Regresamos a la ventana antes mencionada para seleccionar el diodo y colocarlo en el área de trabajo.

Luego vamos a ubicar el transistor **BD140**, para lo cual elegimos **Pick From Libraries** en la ventana **Componentes y librerías**. En el cuadro de diálogo **Keywords**, colocamos la clave **BD140**; en **Results**, seleccionamos **BD140** y presionamos **Ok**. Colocamos el transistor en la ventana de trabajo utilizando los comandos de rotación y reflexión.

Es el momento de colocar el switch. Para hacerlo, nos dirigimos a **Pick Devices/Keywords** y colocamos la clave **SW-SPST**. Debemos seleccionar el que tiene la descripción **Latched Action** y no el **Moment Action**. La diferencia entre ellos es que el primero tiene los botones de bajada y subida, mientras que el segundo tiene un solo botón para ambas tareas.

A continuación, pasamos a la batería. Para encontrarla, vamos a **Pick From Libraries/Pick Devices**. En el cuadro de diálogo **Keywords**, colocamos

la clave **Battery**; en **Results**, seleccionamos **Battery** con la descripción **DC Voltage Source** y presionamos **Ok**. La batería es **DC Voltage Source**, ya que nos permite cargar parámetros de baterías que hay en el mercado. Para configurar la batería, nos dirigimos a la ventana emergente **Edit Component**. En la casilla **Voltage** colocamos **9 V**; en **Internal Resistance** escribimos (**500**), sin necesidad de colocar la unidad, ya que, por defecto, se toma **ohm**, y finalmente pulsamos **Ok**.

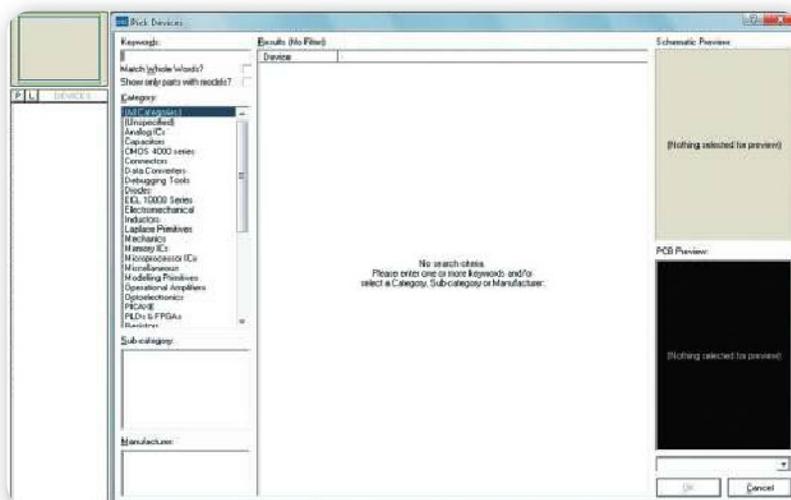


Figura 16. Desde **Pick Devices** buscamos los distintos componentes.

Ahora colocamos la fuente de alimentación, para lo cual seleccionamos **Generator Mode** en la ventana **Edición**. Finalmente, elegimos **DC** en la ventana **Componentes y librerías**. Para configurar la fuente, vamos a **Edit Component**; en **Generator Name**, colocamos **V1** y, en **Voltage (Volts)**, optamos por **24**. Presionamos **Ok**.



RESUMEN



En este capítulo, aprendimos cómo encarar el diseño de un circuito y el modelado matemático de componentes. Además, qué es el simulador, en qué se basa y cómo utiliza los modelos teóricos de los componentes electrónicos. También conocimos ISIS, el programa de simulación más popular del mercado, sus características, ventajas y desventajas. Detallamos las características de la suite Proteus, su funcionamiento básico, el uso de su área de trabajo y las posibilidades que brinda a la hora de simular un circuito electrónico.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿En qué consiste y qué ventajas ofrece realizar una **simulación de circuitos por computadora**?
- 2 Esquematice el **proceso completo de simulación** pensando en el diagrama de cuatro pasos desarrollado en este capítulo.
- 3 ¿Cuáles son los **tres propósitos** que persigue un proceso de simulación?
- 4 ¿Cuáles son los **programas de simulación** más importantes, qué ventajas ofrecen y en qué se diferencian?
- 5 Describa cómo funciona un software de **captura de esquemas**.
- 6 ¿Por qué módulos está compuesto el software **ISIS** de Proteus?
- 7 ¿Para qué sirve la **simulación de código ensamblado**?
- 8 ¿Cómo es el uso del **entorno de trabajo** en ISIS y el trabajo con la **Librería de Componentes**?
- 9 ¿Cómo se lleva a cabo la práctica de una simulación de circuitos eléctricos?



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Construcción de circuitos

Conoceremos los distintos tipos de fabricación de circuitos impresos; en especial, los universales. También veremos la importancia de una buena soldadura y las distintas técnicas de soldado que nos permitirán mejorar nuestros circuitos.

▼ Circuitos impresos	278	Tipos de soldadura.....	301
Estructura.....	279	Soldadura blanda.....	302
Materiales.....	280	Soldadura fuerte.....	302
Multicapa.....	281	Soldadura por gas.....	303
Elaboración.....	282	Soldadura por arco eléctrico.....	305
El circuito impreso.....	284	Soldadura por resistencia eléctrica.....	307
▼ Proceso de fabricación	286	El estaño, nuestro fiel amigo.....	308
Proceso de elaboración.....	287	Técnicas de soldado.....	308
▼ Circuito impreso universal	296	Soldadura de componentes en UPC.....	311
Constitución.....	297	▼ Resumen	311
Montaje.....	300	▼ Actividades	312
Implementación.....	300		
▼ La soldadura	301		



Circuitos impresos

Cuando queremos hacer interactuar los diferentes componentes electrónicos, existen dos aspectos por considerar: el teórico y el práctico. En el primer caso, el papel y el lápiz nos permiten modelar una serie de elementos para lograr un funcionamiento determinado, o bien es posible hacer uso de las herramientas de software.

En el segundo caso, aparece la necesidad de llevar nuestros cálculos del terreno abstracto al mundo netamente físico, lo cual suele ser un proceso sumamente complejo, ya que los dispositivos que pensamos en el papel o en la PC son muy diferentes de los que tenemos en realidad.

Si a eso le adicionamos los errores cometidos y arrastrados durante los procesos constructivos, nos enfrentamos a un problema que conviene que aprendamos a encarar bien antes de tener que resolver y reparar.

Un circuito impreso o **PCB** (*Printed Circuit Board*) es una superficie construida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre una base no conductora, que se utiliza para realizar el emplazamiento de los distintos elementos que conforman el circuito y las interconexiones eléctricas entre ellos.

En los últimos años, el tamaño de los **componentes electrónicos** se ha reducido en forma considerable, lo que implica menor separación entre pines para circuitos integrados de alta densidad. Si tenemos en consideración, también, las actuales frecuencias de operación de los dispositivos, es necesaria una exactitud minuciosa en el proceso de impresión de la placa, con la finalidad de garantizar tolerancias mínimas.

Otra importancia de los circuitos impresos es su **versatilidad**. Los distintos dispositivos tienen diferentes diseños, a fin de que funcionen. El material es fácil de personalizar en las especificaciones, y esto los hace versátiles y adaptables a cualquier tipo de industria donde se necesiten.

Su desarrollo se debió, en gran parte, a la **miniaturización** que se ha ido imponiendo sobre todos los componentes electrónicos y que, en un determinado momento, obligó a abandonar el método de interconexión mediante hilos y cables debido a que esta resultaba más voluminosa que los propios componentes.

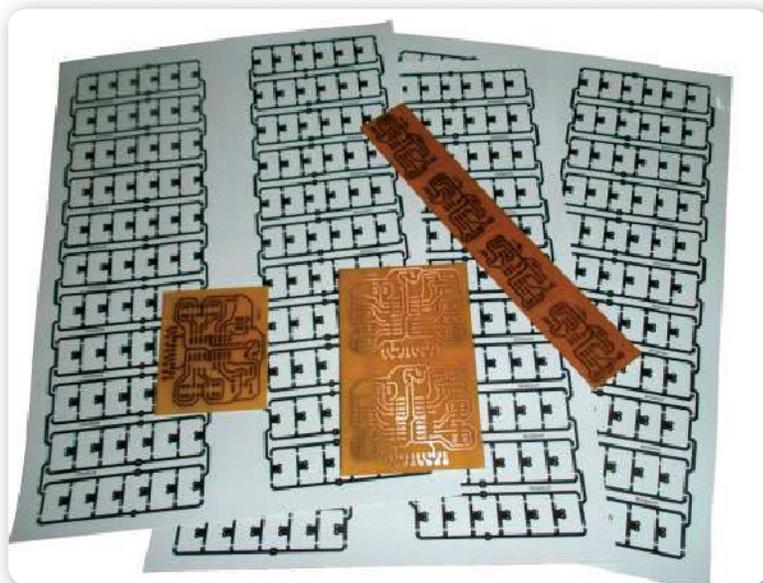


Figura 1. El diseño del circuito es de gran importancia, ya que cualquier error se traducirá luego en un problema sobre el circuito terminado.

Estructura

Dichos circuitos se obtienen a partir de una capa conductora soportada por capas de material aislante (sustrato), laminadas entre sí. Los sustratos de los circuitos impresos utilizados en la electrónica de bajo costo de consumo –conocidos por su nombre comercial **Pertinax**– se hacen de fibra de vidrio o papel impregnado de resina fenólica, lo que le confiere la resistencia mecánica adecuada y menos desgaste de las herramientas que los sustratos de fibra de vidrio reforzados.

Figura 2. Placa virgen de fibra de vidrio. Es de mayor calidad, más rígida, resistente y, en cuestión de costos, más económica.



Otros materiales consisten en un componente de fibra de vidrio impregnado con una **resina epóxica** resistente a las llamas, designado **FR4** (*Flame Retardant*), que puede ser mecanizado, pero, debido al contenido de vidrio abrasivo, requiere de herramientas hechas de carburo de tungsteno en la producción de altos volúmenes. Debido al refuerzo de la fibra de vidrio, exhibe una resistencia a la flexión casi cinco veces más alta que el Pertinax, aunque a un costo más elevado.

Los sustratos para los circuitos impresos de radio en frecuencia de alta potencia usan plásticos con una constante dieléctrica (permitividad) baja (tipos GT y GX), poliamida, poliestireno y poliestireno entrecruzado. Típicamente tienen propiedades mecánicas más pobres, pero se considera que es un compromiso de ingeniería aceptable en vista de su desempeño eléctrico superior.

Los circuitos impresos utilizados en el vacío o en gravedad cero, como en una nave espacial, al ser incapaces de contar con el enfriamiento por convección, a menudo tienen un núcleo grueso de cobre o aluminio para disipar el calor de los componentes electrónicos.

Materiales

No todas las placas usan materiales rígidos. Algunas se diseñan para ser muy o ligeramente flexibles; en ellas se usa film de poliamida. Esta clase de PCB, a veces llamada **circuito flexible** o **circuito rígido-flexible**, es difícil de crear, pero tiene muchas aplicaciones.

En ocasiones, son flexibles para ahorrar espacio (los circuitos impresos dentro de las cámaras y audífonos son casi siempre circuitos flexibles), de tal forma que puedan doblarse en el limitado espacio disponible. En ciertas oportunidades, la parte flexible del circuito impreso se utiliza como cable o conexión móvil hacia otra tarjeta o dispositivo.

Los circuitos impresos se realizan habitualmente utilizando una o las dos caras del laminado para obtener circuitos monocara o circuitos doble cara, respectivamente, y, en casos especiales, circuitos multicara.

En los circuitos doble cara, la primera fase consiste en realizar el taladrado de todos los nodos, con el objeto de efectuar la metalización posterior de los taladros. Después, se somete el circuito al proceso químico durante el que se deposita una película de cobre en el interior de los taladros y, a continuación, se procede a realizar el desarrollo fotográfico descrito antes, pero ahora sobre las dos caras

del laminado, con la precaución de obtener el máximo de precisión al colocar los negativos sobre las caras, buscando una coincidencia total con los taladros ya realizados.

El proceso químico de incisión y de depósito de estaño-plomo es similar al del circuito monocapa, con la única diferencia de que el estaño-plomo también se depositará en el interior de los taladros, y estos quedarán en óptimas condiciones para la soldadura de componentes; de esta forma, se obtiene una mayor calidad y seguridad que en un circuito monocapa.

Multicapa

El circuito multicapa únicamente se emplea en equipos que requieran una altísima cantidad de componentes y, por lo tanto, de interconexión en espacios muy reducidos, ya que, debido a su alto precio, no resulta conveniente aplicarlo en otros casos.



Figura 3. Circuito impreso multicapa. Se utiliza solo en equipos que requieren gran cantidad de componentes e interconexión de espacios reducidos.

Este circuito se compone de un cierto número de láminas de cobre con la imagen de conductores adecuada, separadas por capas muy finas de material base de laminado que actúan de aislantes; así, se obtienen las interconexiones entre las diferentes capas a través

LOS SUSTRATOS
SON DE FIBRA
DE VIDRIO O PAPEL
IMPREGNADO DE
RESINA FENÓLICA



de taladros metalizados en los puertos en que se precise. Todo el conjunto se somete a un proceso de presión y temperatura, y se obtiene el producto final con un aspecto exterior muy parecido al del circuito doble cara, que presenta, por los bordes, una apariencia de sándwich producida por las diferentes capas que lo componen.

Elaboración

En cuanto a la elaboración, por lo general, se pueden realizar diseños del circuito en papel milimetrado, teniendo en cuenta el tamaño de los componentes, su distribución, distancia entre patillas y disposición de estas, sobre todo cuando se trata de elementos con tres o más terminales, tales como transistores o circuitos integrados.

Otros puntos para tener en cuenta son la preparación de la placa virgen (cortado y limpieza de la superficie de cobre) y el dibujo de las pistas, el cual se puede realizar con tres materiales: rotuladores especiales, fotografado y tiras adhesivas.

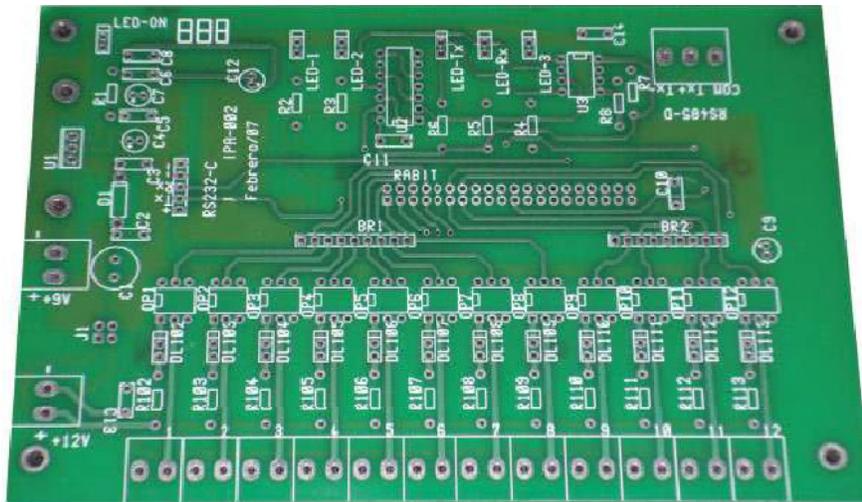


Figura 4. Las pistas están hechas, por lo general, de cobre con un recubrimiento aislante cuya función es proteger las pistas de la acción de agentes corrosivos

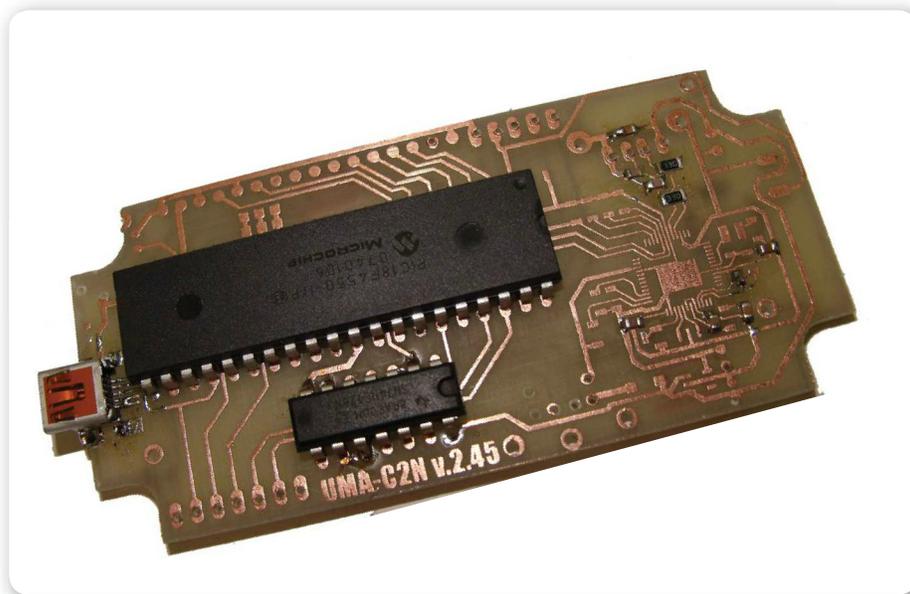


Figura 5. Las perforaciones de PCB se realizan con pequeñas brocas de carburo tungsteno, por maquinaria automatizada, o bien, con un minitaladro.

Debemos tener en cuenta que una duda muy recurrente que podemos tener mientras estamos realizando el diseño de circuitos impresos es sobre la cantidad de ancho que debemos utilizar para una determinada corriente.

Consideremos que este es un punto importante, ya que el cálculo que realizamos debe asegurar la vida útil del circuito y sus componentes. Un diseño apropiado debe mantener un incremento de temperatura, dentro de lo admisible, en el circuito impreso.

Para tener un ejemplo, en electrónica de baja potencia, la sección de la pista no es mayor a 1 mm, mientras que, en electrónica de alta potencia, la sección de la pista suele oscilar entre 5 y 10 mm.



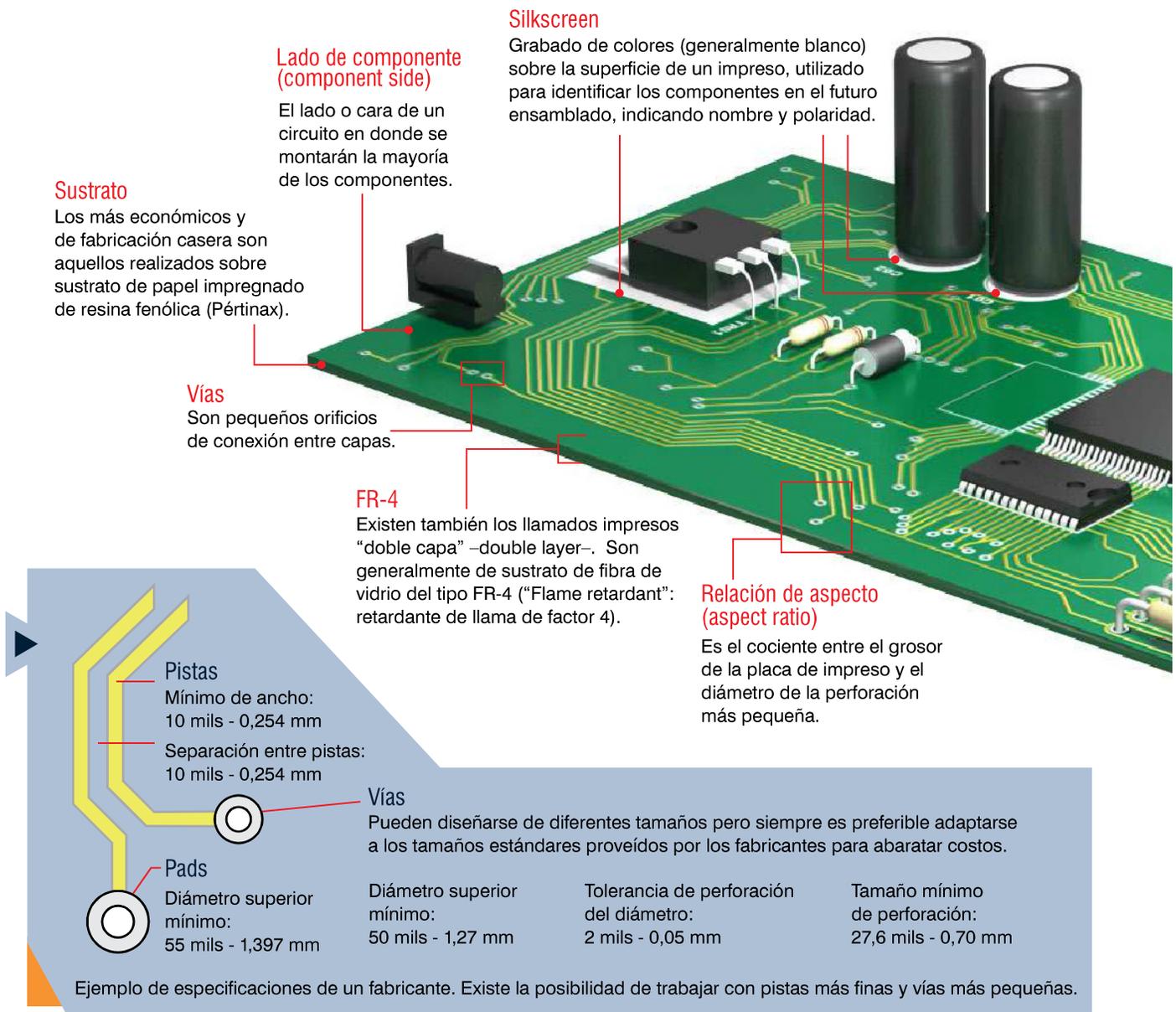
ATACADO QUÍMICO



El atacado de la placa virgen se realiza de diferentes maneras y se utilizan ácidos para eliminar el cobre excedente. Existen métodos de galvanoplastia que funcionan de manera rápida, pero es necesario atacar con ácido la placa después del galvanizado. Los químicos más utilizados son: el cloruro férrico, el sulfuro de amonio, el ácido clorhídrico mezclado con agua y el peróxido de hidrógeno.

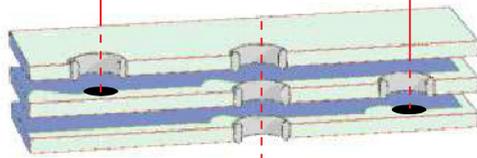
El circuito impreso

Un **PCB** (*Printed Circuit Board*) es una placa especialmente diseñada para el montaje, conexión eléctrica y soporte mecánico de los componentes de un circuito electrónico. En su composición básica está formado por una capa de cobre montada sobre un sustrato aislante (Pertinax o fibra de vidrio).



TIPOS DE VÍAS

Blind via
Son vías ciegas que conectan una capa exterior con una interior.



Inner via
Son conexiones internas en impresos multicapa. No son visibles en la superficie.

Pad
Área de material conductor en un PCB designado para el montaje de componentes. Puede ser una patita de un footprint de un componente SMD o una perforación metalizada para montar un componente (resistencia, capacitor, etc.) o un integrado through-hole.

Corona (annular ring)
Es el anillo circular remanente luego de la perforación de un pad. Es de sustrato conductor y superficie metalizada.

PTH (Plated Through Hole)
Perforación de cobre metalizado que atraviesa de lado a lado un impreso, con la finalidad de brindar conexión eléctrica entre los arreglos de pistas de ambas caras. Pueden corresponder a pads ó vías.

Footprints
Huellas de montaje para componentes de montaje superficial (SMT).

Signal layer
Generalmente esta capa externa se usa para ruteado general.

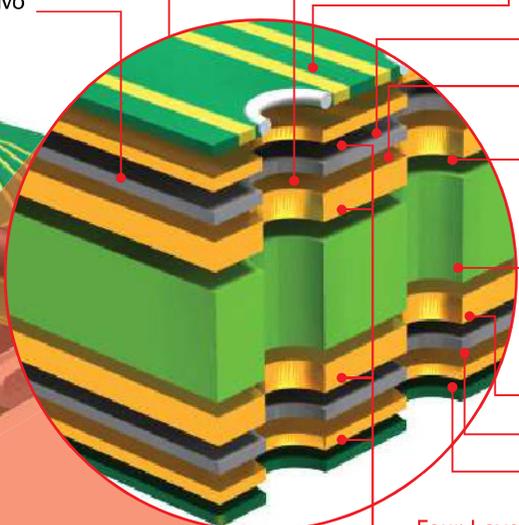
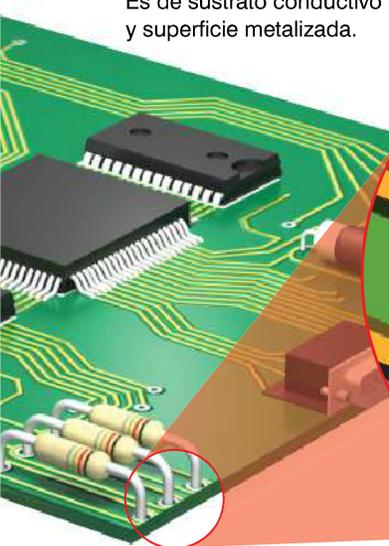
Prepreg
Es una delgada capa de fibra de vidrio impregnada de resina epoxi, aplicada entre 2 capas internas o "cores" de un PCB multilayer. Funciona como pegamento en el proceso de "laminación" del fabricante.

Internal layer
Capa interna de un PCB multicapa. En impresos de cuatro capas se las destina a planos de tierra o alimentación, aunque puede ser usada para ruteado general.

Core
Internal layer
Prepreg
Signal layer

Four-Layer PCB (PCB cuatro capas)

Es un impreso que cuenta con cuatro capas de interconexión. Generalmente se utilizan dos para ruteado general (las dos externas) y dos para planos de tierra y alimentación respectivamente (las internas).



Propiedades eléctricas		
Constante dieléctrica (Er)	4.7	1 Mhz
	4.35	500 Mhz
	4.34	1 Ghz
Resistencia eléctrica de la superficie (min)	2 x 10 ^ 5 Mohms	
Resistencia volumétrica (min)	2 x 10 ^ 7 Mohms	
Ruptura dieléctrica	55 kV	
Resistencia al arco	100 segundos	

Propiedades térmicas	
TG: Temperatura de transición del vidrio	135 °C
Coeficiente de expansion térmica	
Eje X:	14 ppm /°C Ambient to Tg
Eje X:	13 ppm /°C Ambient to Tg
Eje y:	175 ppm /°C Ambient to 288

Propiedades físicas	
Flamabilidad:	UL94-V-0
Absorción de humedad	<0.25%
Resistencia a la torsión	
1)	40000 psi LW
2)	50000 psi CW

Proceso de fabricación

Para fabricar el circuito impreso, se utilizan diferentes técnicas y métodos que están clasificados según el proceso por el cual sea removido el cobre excedente de nuestro diagrama de circuito, o bien, por el método de transferencia de la imagen del circuito a la placa.

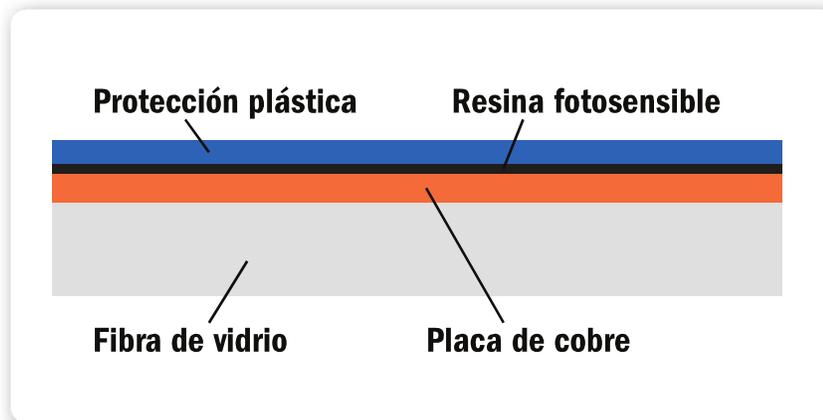


Figura 6. La estructura general de una placa o PCB está formada básicamente por una lámina aislante de baquelita y una lámina conductora de cobre.

Existen métodos caseros que nos permitirán realizar nuestros circuitos impresos con gran sencillez y siguiendo pocos pasos; al final, obtendremos una placa lista para montar nuestros componentes. Estos métodos son utilizados para proyectos de aficionados y de mediana escala, que no presenten demasiada complejidad. También, tenemos métodos industrializados que nos permiten realizar circuitos a gran escala con mayor precisión y complejidad, gracias a los que se pueden crear, por ejemplo, circuitos impresos de varias capas (conductores en diferentes planos).

Entre los diferentes métodos, es posible encontrar técnicas manuales o técnicas asistidas por software. El uso de una u otra dependerá, por lo general, de la cantidad de componentes que vamos a involucrar en el circuito, de la naturaleza del circuito –por ejemplo, RF o de control– y de los recursos disponibles.

La elaboración de una placa mediante ataque químico es el método que podemos realizar en el hogar, aplicado casi siempre por aficionados o estudiantes, para pequeños proyectos. Se lo puede considerar un método manual o artesanal.

Proceso de elaboración

A la hora de comenzar con la realización de nuestra placa, se deben definir los pasos por seguir, los cuales mencionamos a continuación.

Diseño: para iniciar, debemos primero tener el diseño de nuestro circuito electrónico. Esto va a depender de cuán complejo sea; lo podemos realizar en forma manual, distribuyendo nuestros componentes de acuerdo a algunos criterios o, de tratarse de un diseño más complejo, se podría realizar el diagrama mediante la ayuda de un software, respetando los criterios del programa. En la actualidad, se suele utilizar algún software para diseñar nuestra placa, como Multisim o Proteus, entre otros.

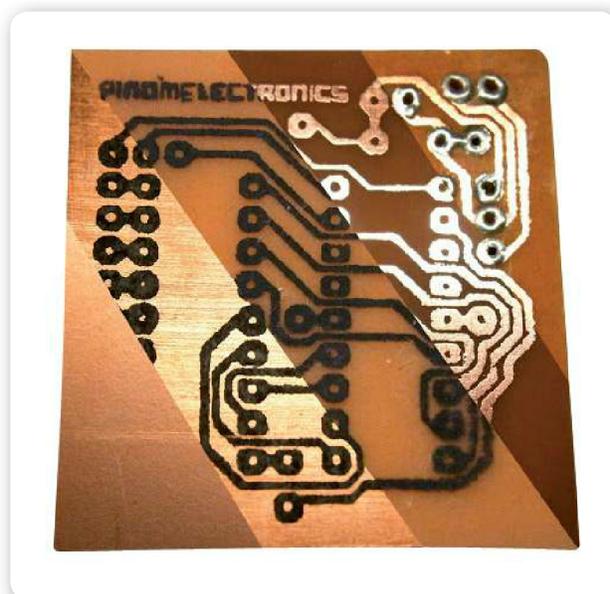


Figura 7. El dibujo de las pistas se crea a través del software PCB Wizard, útil herramienta para crear prototipos de placas impresas.

Cortado: una vez que sabemos el tamaño de nuestro circuito, vamos a proceder a cortar nuestra placa al tamaño adecuado.

Impresión en la placa de cobre: ya cuando nuestro circuito está listo, se procede a grabarlo en la placa. El procedimiento de grabar depende del método que estemos utilizando; el más sencillo y artesanal es aquel en el que dibujamos manualmente sobre nuestra placa el circuito. Un procedimiento un poco más elaborado es mediante el uso de papel transfer; consiste en pasar el dibujo del circuito a través de impresión o fotocopiado laser al papel transfer que permite,

por calor, ser desprendido y adherido a la placa de cobre. Es decir que, al calentarse el papel, este transferirá el tóner y quedará sobre la placa de cobre una gráfica de carbón que protegerá la parte deseada del circuito para el momento en que queramos remover el excedente.

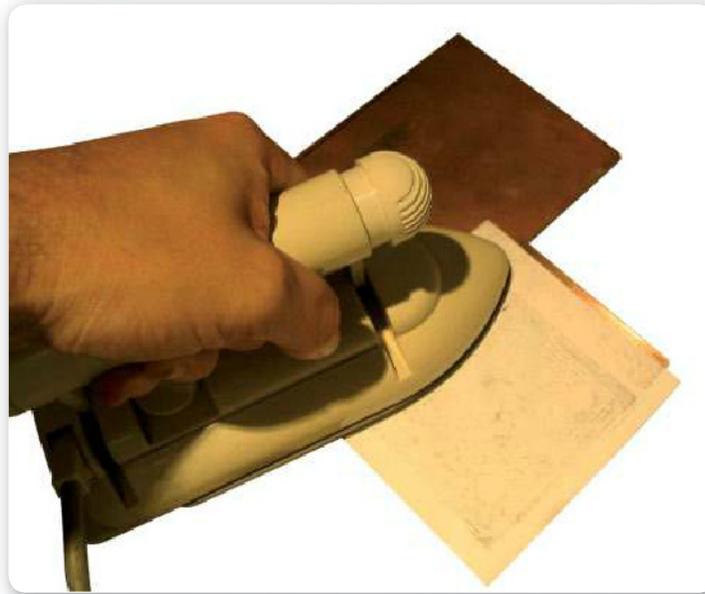


Figura 8. Los métodos caseros que podemos realizar, según nos convenga, son el grabado a mano o la transferencia con calor del dibujo a la placa.

Este método nos permite reducir el tiempo que nos lleva desarrollar la placa y tener mayor precisión en el diseño de pistas más pequeñas, para reducir al máximo el tamaño de nuestro diseño final. Existen otros métodos de grabado, como la serigrafía, que son utilizados para la producción en serie de plaquetas.

Atacado del cobre: se inserta la placa de cobre, previamente grabada, en soluciones ácidas; por esta razón, se lo considera un método por ataque químico, ya que utilizamos soluciones que eliminan el cobre no deseado. Las soluciones o ácidos más utilizados son el cloruro férrico, sulfuro de amonio, ácido clorhídrico mezclado con agua y peróxido de hidrógeno. Se usará una u otra dependiendo del tipo de circuito que se realizará. Por lo general, el químico más utilizado es el cloruro férrico, y cabe destacar que se deben tomar precauciones al trabajar con este compuesto químico. Como sabemos, es corrosivo para metales ferrosos y no ferrosos, como el cobre; por lo tanto, se debe evitar

el contacto con metales. También puede provocar irritación y quemaduras en la piel, por lo que se aconseja el uso de guantes al manipularlo. Además, es tóxico al inhalarlo y se recomienda trabajar con mascarillas para nuestra protección.

Figura 9. Es fundamental trabajar con precaución en este paso y respetar las medidas de seguridad necesarias para prevenir cualquier accidente.



Limpieza y perforado: debemos realizar la limpieza de la placa luego de pasarla por el ácido, para eliminar todas las impurezas o restos de elementos no deseados que nos puedan llegar a causar alguna dificultad en los pasos siguientes. En caso de observar que alguna de las pistas o varias de ellas fueron atacadas por el ácido y quedaron cortadas, podríamos considerar realizar otra vez el paso anterior hasta obtener una placa limpia y sin errores.

Si, por el contrario, nuestra placa está en perfectas condiciones y nuestro circuito en cobre quedó sin ningún error, vamos a proceder a la perforación de la placa. Se realizarán los orificios en donde luego irán montados los componentes electrónicos de nuestro circuito.

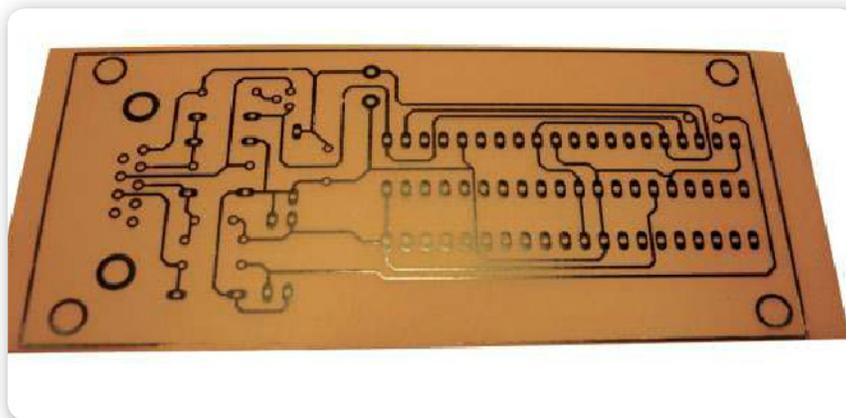


Figura 10. Una placa defectuosa nos obliga a realizar nuevamente el grabado. Esto puede ser ocasionado por exponer demasiado tiempo la placa al ácido corrosivo.

Este método detallado es considerado un método casero, es decir, sencillo, que puede ser realizarlo con elementos que podemos encontrar en nuestro hogar. Cabe destacar ahora sus limitaciones y lo impreciso que se puede tornar si queremos realizar circuitos de una gran complejidad. Por lo tanto, queda circunscripto a circuitos no muy elaborados y con un número acotado de componentes.

En el momento de crear un circuito impreso, se puede optar por seguir algunas normas de diseño que buscan mejorar el trabajo final:

- Los componentes electrónicos se colocarán paralelos a los bordes de la placa, y, como norma general, se dejarán una o dos décimas de pulgadas de patilla entre el cuerpo del componente y el punto de soldadura.
- No es aconsejable realizar pistas con ángulos de 90° cuando sea necesario hacer un giro en una pista. Se aconsejan ángulos de 135°.
- Cuando se necesite realizar una bifurcación en las pistas, esta se debe efectuar suavizando los ángulos con sendos triángulos en cada lado.
- El ancho de las pistas dependerá de la intensidad que circule por ellas. Se tendrá en cuenta que 0,8 mm puede soportar alrededor de 2 A; 2 mm, unos 5 A; y 4.5 mm, unos 10 A.
- Entre pistas próximas y entre pistas y puntos de soldaduras, se observará una distancia que dependerá de la tensión eléctrica que se prevea que exista entre ellas. Como norma general, se dejará una distancia de 0,8 mm o, en diseños complejos, una distancia de 4 mm.

En el ámbito industrial, surgen otros métodos que nos permiten fabricar una placa de circuito impreso. Debido al crecimiento de la ciencia y de la tecnología, se han creado máquinas completamente automatizadas y controladas por computadoras, que ahorran



PROCESO SERIGRÁFICO



Se utiliza para transferir una imagen diseñada a la placa con un bastidor que tiene una malla fina de nailon cubierta con una emulsión fotosensible. Se graba la imagen en positivo sobre el nailon. Una vez que el bastidor esté listo, se coloca sobre la placa virgen y, sobre la malla, la tinta serigráfica; luego, se cubre todo con la tinta y se quita el bastidor.

trabajo, tiempo y recursos a las empresas; además, aportan eficiencia en el producto final. en comparación con los métodos manuales de creación de plaquetas electrónicas.



Figura 11. En esta imagen, podemos ver una fresadora para realizar grabado en metal.

Una de las opciones en máquinas industriales es la fresadora CNC, que podemos encontrar en diferentes modelos y a variados precios en el mercado actual. Este método consiste en diseñar el circuito a través de un software especializado que va a generar el código que le ordenará a la máquina CNC dibujar sobre la lámina de cobre las pistas del circuito que deseamos hacer, para luego continuar con el taladrado respectivo en los



NORMAS DE DISEÑO



Al diseñar un circuito impreso, debemos recordar cuál será su finalidad y seguir las reglas estipuladas para esta labor. Además, se debe realizar el diseño basado en los valores de tensión y corriente con los que trabajaremos, y así lograr mayor fidelidad en el producto. No es lo mismo una pista de 0,8 mm que otra de 2 mm; cada una de ellas soporta diferentes niveles de corriente.

lugares donde irán montados los componentes electrónicos. Posee la ventaja de no utilizar componentes químicos contaminantes para el medio ambiente y peligrosos para el ser humano.



Figura 12. Grabadora láser para PCB. Es un sistema láser desarrollado para la producción en serie de circuitos.

Otra de las opciones que podemos encontrar en el sector industrial es la grabadora láser para circuitos impresos; esta es una herramienta de muy alto costo.

Este tipo de máquinas funciona también con un software en el cual se realiza el diagrama del circuito y luego se envía esta información a la grabadora láser. Luego, como su característica lo indica, se realiza el grabado completo del circuito sobre la placa de cobre mediante el uso de rayos láser.



DESCRIPCIÓN DE PLACAS



Es necesario saber qué placas podemos encontrar en el mercado. Según su estructura, hay circuitos impresos doble capa o multicapa; según el tipo de laminado, con fibra de carbono, con resina epoxi, epoxi-vidrio, entre otras; según su construcción, multicapa con taladro enterrado o taladro ciego, con circuitos secuenciales o con disipador de calor externo y especial para microonda.

Esta técnica no utiliza componentes químicos para remover el cobre indeseado; por lo tanto, se vuelve una excelente opción a la hora de cuidar el medio ambiente.

Este método nos permite lograr perfectos trabajos finales en tan solo algunos minutos y disminuye, en forma considerable, el tiempo de fabricación. También nos permite fabricar pequeñas series en poco tiempo. Si bien supera en precisión al método industrializado anterior con el de la CNC, es más costoso.

LOS PROCESOS
INDUSTRIALES SON
MÁS EFICIENTES
Y DISMINUYEN LA
CONTAMINACIÓN



Figura 13. Podemos observar una CNC router, que realiza el tallado del circuito sin uso de químicos.

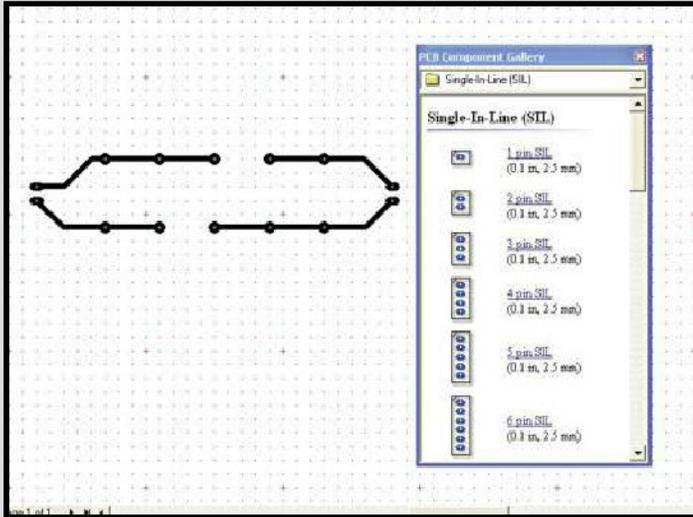
A continuación, en el **Paso a paso**, realizaremos la construcción de un circuito impreso utilizando una técnica casera: el método de ataque químico con impresión sobre la placa de cobre de forma manual. Los elementos que utilizaremos son: placa de cobre virgen, cloruro férrico concentrado, fibra indeleble, papel carbónico, recipiente de plástico, guantes de látex, esponja de aluminio fina (tipo Virulana).

El circuito con el que vamos a trabajar es un circuito mixto que combina las conexiones serie y paralelo entre resistencias.

PAP: FABRICACIÓN DE UN CIRCUITO IMPRESO



01 Cree el diagrama del circuito con PCB Wizard. También lo puede realizar a mano, ya que no es un circuito complejo.

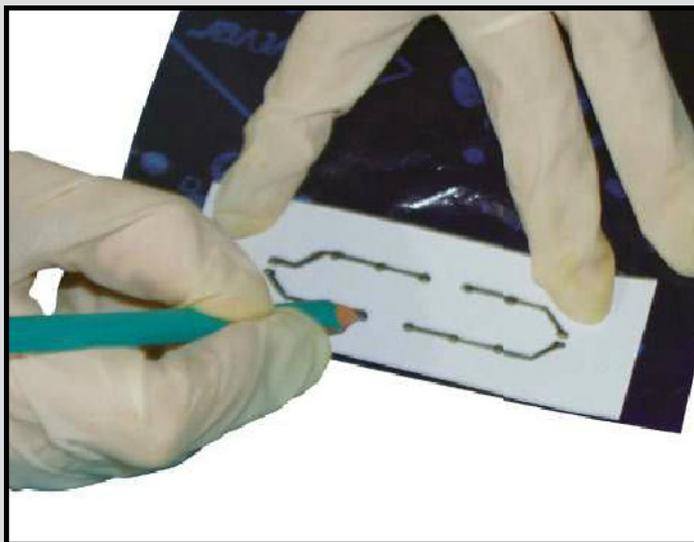


02 Corte y, luego, limpie la placa virgen con ayuda de una esponja de aluminio para quitar todas las imperfecciones y la suciedad.



03

Proceda a grabar el diagrama en la placa virgen con ayuda de un papel carbónico y un lápiz, así quedan marcadas las pistas.

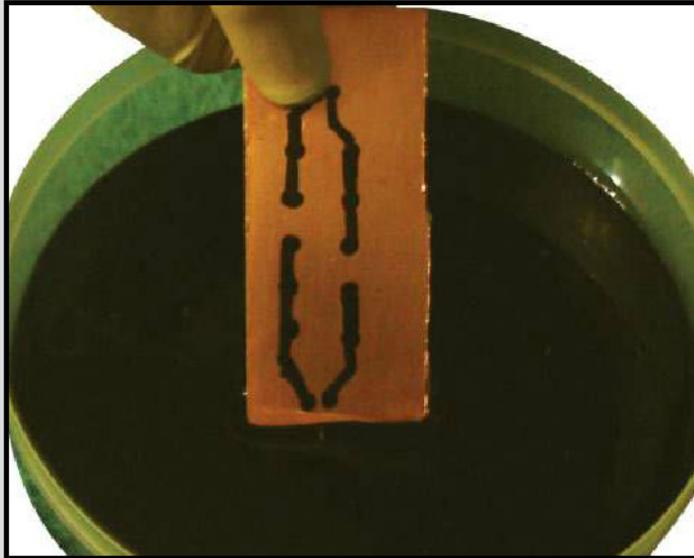
**04**

Remarque las pistas con un marcador indeleble, que impedirá que el ácido corroa esa parte del cobre. Se recomienda el uso de guantes.



05

Coloque el cloruro férrico en un recipiente de plástico donde, luego, introducirá la placa para el ataque químico al cobre. Después, quite la placa del ácido y lávela con abundante agua. Corrobore que no tenga errores y proceda al perforado.



➤ Circuito impreso universal

Un **circuito impreso universal** es un circuito impreso de uso general, que sirve para ensamblar en él prototipos de circuitos o proyectos electrónicos, sin requerir de la etapa de diseño y fabricación de un circuito impreso específico. Por esta razón, su estructura exterior es similar a la del protoboard o placa de pruebas.

Los circuitos impresos universales tienen diferentes tamaños y configuraciones, pero, en general, poseen columnas con tres o más perforaciones, separadas a una distancia de 0,1" (2,54 mm), lo que permite insertar circuitos integrados normales, transistores, resistencias, diodos, entre otros componentes. También tienen pistas de circuito impreso a lo largo de la tarjeta que sirven como buses o líneas para conectar los voltajes de alimentación. En el mercado, no existe un único modelo de estos circuitos impresos universales, sino

varios de ellos con configuraciones, tamaños y características diferenciadas para poder cubrir las necesidades de los diferentes usuarios o proyectos electrónicos.

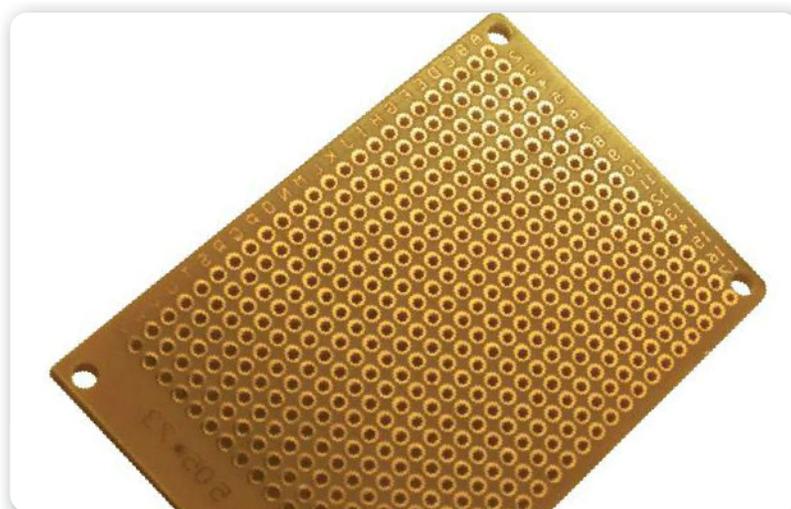


Figura 14. Estas placas están distribuidas de forma similar a los protoboards; incluyen columnas con varias perforaciones y líneas o buses para conectar la alimentación.

Constitución

Respecto a su parte constitutiva, el circuito impreso universal está fabricado con importantes recursos tecnológicos que garantizan el logro de aplicaciones de mejor desempeño y presentación. Entre las principales características técnicas que presentan, se encuentran:

- Capa de blindaje en cobre para evitar interferencias.
- Pads recubiertos de aleación de estaño-plomo, para evitar la oxidación atmosférica y garantizar una soldadura de máxima calidad.
- Película de antisolder verde que recubre el cobre en las áreas donde no se debe soldar; a su vez, lo protege de la oxidación y de cortocircuitos por soldaduras.
- Huecos de 3 mm para la ubicación de los tornillos, que permiten un eficaz anclaje a un chasis o caja contenedora.
- Circuito impreso de fibra de vidrio, que proporciona máxima resistencia a impactos, torsiones y, por sobre todo, a deformaciones por manipulación.

Por otro lado, cabe destacar que los circuitos impresos universales suelen aparecer en distintas presentaciones, en función de las capas de cobre con las cuales son provistas.

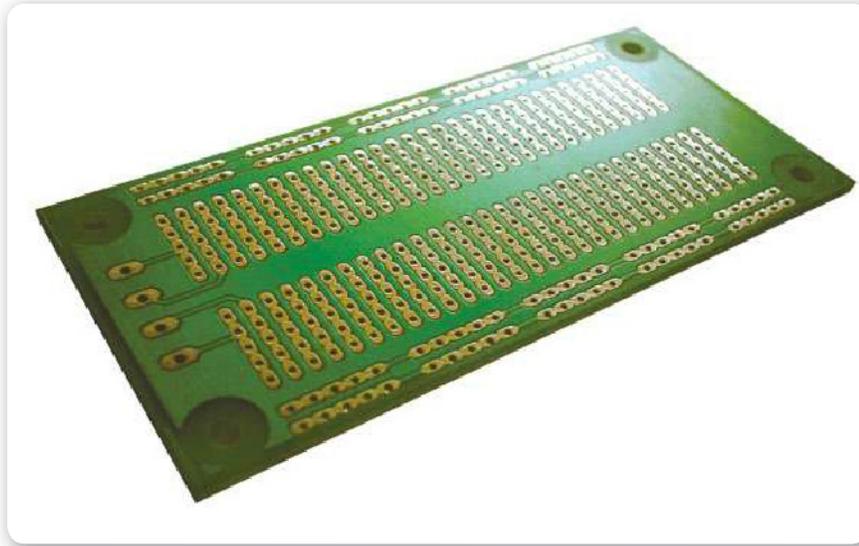


Figura 15. Las características técnicas de las cuales disponen los UPC garantizan el logro de aplicaciones y proyectos electrónicos de mejor desempeño y presentación.

Circuitos impresos universales de una capa

Son aquellos cuyo circuito impreso posee una única capa o faz de cobre, apoyada sobre un sustrato de material FR2, CEM1 o FR4 (fibra de vidrio, baquelita o teflón). En concreto, es el circuito más básico para su fabricación y se lo ofrece en el mercado en diferentes acabados y tecnologías, para brindar a los usuarios una mayor variedad.

Circuitos impresos universales de doble capa

Un circuito impreso universal bicapa o de doble capa consiste en dos placas conductoras de cobre, una a cada lado del sustrato material FR4 (fibra de vidrio y resina epoxi con dos capas exteriores de cobre). Mediante unos agujeros metalizados llamados **taladros**, se pueden relacionar las dos capas conductoras, lo que resulta de gran utilidad para evitar conexiones externas.

Circuitos impresos universales multicapa

La estructura clásica del circuito multicapa consta de los núcleos constituidos por las caras internas de masa y señal, y las caras de componentes y soldaduras convencionales en el exterior.

Los núcleos están formados por una lámina de material FR4 (fibra de vidrio y resina epoxi con dos capas exteriores de cobre).

El núcleo tiene entidad propia dentro del proceso de fabricación hasta el momento del prensado, es decir, pasa por el proceso de laminado, insolado y tratamiento químico, para acabar creando una estructura única que combina los núcleos con láminas de prepreg (láminas de fibra de vidrio impregnadas con resina epoxi) y láminas de cobre por ambas caras en el exterior.

Esta unión se consigue mediante un prensado a alta temperatura. Una vez prensada, esta estructura recibe el mismo tratamiento que un circuito bicapa.

Lo que debe quedar en claro es que los circuitos impresos universales son un componente intermedio entre la placa protoboard y un circuito impreso específico, ya que no es simplemente un banco de pruebas, sino un circuito en el cual se puede trabajar y plasmar, de manera definitiva, un prototipo o proyecto electrónico.

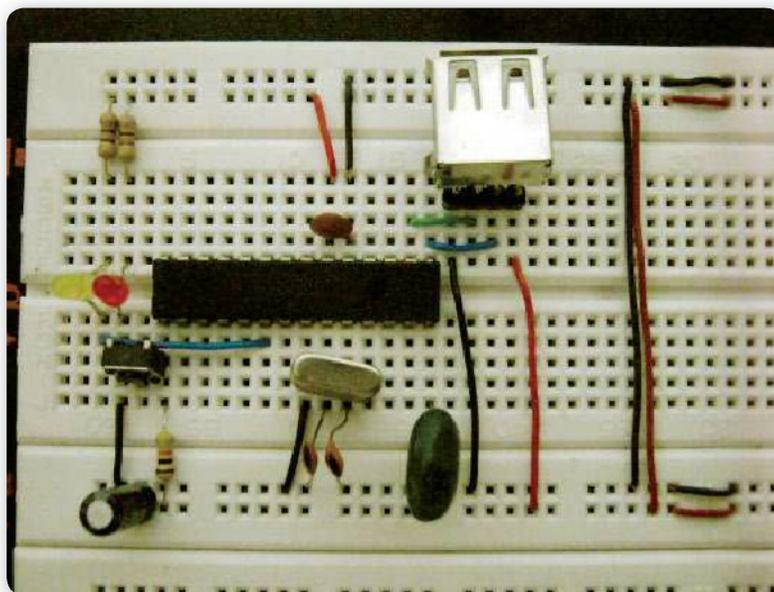


Figura 16. Un circuito impreso universal multicapa atraviesa un notable proceso de elaboración para brindar un gran desempeño y presentación del proyecto electrónico montado.

Montaje

Con respecto al montaje de un diagrama esquemático que dará origen a un circuito electrónico sobre estas plataformas (circuitos impresos universales), especificamos que dependerá, puntualmente, del modelo seleccionado de circuito impreso universal. Por ello, es imprescindible familiarizarnos con su estructura y analizar muy bien cada uno de los modelos disponibles en el mercado.

Los componentes que van unidos y, por consiguiente, conformarán el circuito de nuestro proyecto electrónico, se deben insertar en las perforaciones de una misma columna. Cuando esto es imposible, dada la disposición de los pines o porque los elementos están muy separados, se puede utilizar, para realizar puentes y conexiones, alambre telefónico calibre 20 o 22, del mismo que se emplea para hacer los puentes conectivos en el protoboard, o bien el material sobrante que obtenemos al cortar las resistencias.

De esta forma, solo se debe efectuar una buena distribución de los componentes y, luego, proceder a soldar los terminales.

Debido a que estos circuitos impresos (en especial, los de una capa o faz) poseen una gran variedad de puntos de cobre expuestos al aire, estos tienden a oxidarse fácilmente, hecho que dificulta el proceso de soldadura. Por esta razón, se recomienda limpiar muy bien los puntos donde se van a insertar los pines de los componentes.

Implementación

Los nodos largos horizontales son utilizados, por lo general, para conectar los cables de alimentación. Por conformidad: positivo con cable rojo y negativo (tierra) con cable negro. El canal central, del que ciertos UPC disponen, se emplea convenientemente para separar las



EL TAMAÑO ÓPTIMO



El circuito impreso universal para prototipos cuenta con el tamaño óptimo para todo tipo de aplicaciones, proyectos o experimentos. Los componentes electrónicos corrientes se acoplan perfectamente, y sus dos líneas para borneras de tornillo facilitan las conexiones de alimentación, salidas o entradas. El mercado cuenta con diseños que cubren las necesidades de todos los usuarios.

hileras de pines de los circuitos integrados. La conexión entre nodos de distintas hileras se realiza mediante cables.

Algunas recomendaciones importantes son las siguientes:

- Emplear cables aislados para impedir cortocircuitos con otros cables o terminales.
- Evitar cables innecesariamente largos.
- Verificar la implementación de los componentes electrónicos antes de alimentar el circuito (polaridades, asignación de los pines de los circuitos integrados, etcétera).

La soldadura

La **soldadura** es un proceso por el cual se unen dos o más materiales, fundiendo sus superficies de contacto gracias a la aplicación, de manera controlada, de calor o presión. La soldadura producida les da una unión permanente, por lo que las partes que se soldaron se vuelven una sola.

La unión de soldadura puede ser más fuerte que los materiales originales si se utiliza un metal de relleno que tenga, como propiedad característica, una mayor resistencia que los materiales originales, y si, a su vez, se utiliza una técnica de soldado adecuada para el tipo de material a soldar.

Tipos de soldadura

Dependiendo de la técnica y el equipamiento utilizados, podemos definir dos tipos de soldadura, que explicaremos a continuación:



UN POCO DE HISTORIA



En la Edad Media, se utilizaba la soldadura de fragua, en la cual golpeaban y calentaban el metal hasta lograr la unión. En 1800, Sir Humphry Davy descubrió el arco eléctrico. En 1900, en Gran Bretaña, se creó un electrodo de metal recubierto, que permite una soldadura por arco más estable. La soldadura térmica se inventó en 1893 y, ese mismo año, también la soldadura por gas.

- **Soldadura heterogénea:** es la que se efectúa entre materiales de distinta naturaleza con o sin metal agregado en el proceso de unión, o entre materiales iguales, pero con metales de aportación diferentes. A su vez, estos se dividen en soldadura blanda y soldadura fuerte.
- **Soldadura homogénea:** los materiales que se van a unir y el material de aportación –si lo hay– son de la misma naturaleza. Puede ser soldadura eléctrica (por arco o por resistencia) o por acetileno. Si no hay metal de aportación, la soldadura pasa a llamarse **autógena**.

Soldadura blanda

La soldadura blanda se realiza a temperaturas por debajo de los 400 °C. El metal de aportación que más se utiliza es una aleación de estaño y plomo que se funde a 230 °C, aproximadamente, dependiendo del porcentaje que contenga de cada uno de sus componentes.

Las aplicaciones en las que se destaca este tipo de soldadura las encontramos principalmente en electrónica, ya que se utiliza para soldar componentes en las placas de circuitos impresos. Otro de sus usos es en plomería, para unir tuberías de plomo o reparar grietas existentes en ellas. También se utiliza para soldar cables eléctricos y chapas de hojalata.

Este tipo de soldadura es muy fácil de realizar, aunque presenta el inconveniente de que su resistencia mecánica es menor respecto a la de los metales soldados; además, da lugar a fenómenos de corrosión.

Soldadura fuerte

También llamada **dura** o **amarilla**. Es similar a la blanda, solo que alcanza temperaturas de hasta 800 °C. El metal de aportación que se suele utilizar son las aleaciones de plata y estaño o de cobre y zinc. Como material fundente para cubrir las superficies y protegerlas de la oxidación, se emplea el bórax.

Un soplete de gas aporta el calor necesario para la unión. Este tipo de soldadura se utiliza cuando se exige una resistencia considerable en la unión de dos piezas metálicas, o bien para obtener uniones que vayan a resistir esfuerzos muy elevados o temperaturas excesivas. Por lo general, una soldadura fuerte es más resistente que el mismo metal que une.

Soldadura por gas

El calor que aporta este tipo de soldadura se debe a la reacción de combustión del acetileno, que puede alcanzar temperaturas del orden de los 3500 °C.

Una vez producida la combustión en el soplete, se pueden distinguir distintas zonas en las llamas. Estas son las siguientes: una zona fría, a la salida de la boquilla del soplete, que es donde se mezclan los gases; luego, le sigue la zona que se llama **dardo**, que es la parte más brillante de la llama y tiene forma de cono. Posteriormente, se encuentra la zona que se denomina **reductora**, que es la parte más importante de la llama ya que, en ella, se concentra la mayor temperatura. Y, por último, se ubica la zona llamada **penacho**, que es la envoltura exterior de la llama.

A su vez, dependiendo del porcentaje que haya de oxígeno y acetileno en la mezcla, puede haber diferentes tipos de llamas, lo que produce distintos fenómenos en ellas. Ahora detallaremos algunas. Si la llama tiene exceso de oxígeno, se la denomina **oxidante**; es una llama corta, azulada y ruidosa. Esta llama es la que alcanza mayor temperatura. Luego está la llama contraria a la anterior, la que presenta menor cantidad de oxígeno; tiene una forma alargada, es de color amarillo y alcanza menores temperaturas de trabajo. Por último, se encuentra la que llamamos **neutra** o **normal**, que es la ideal para soldar acero.

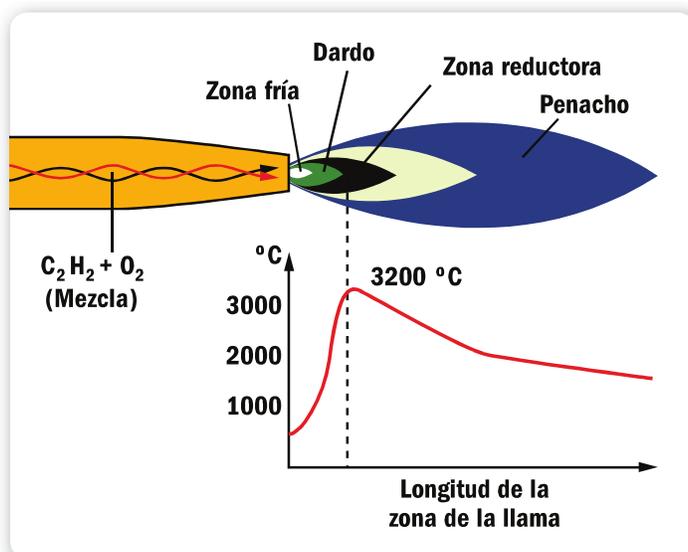


Figura 17. Podemos observar las distintas zonas de la llama de un soplete de gas y una gráfica de la longitud de la llama en función de la temperatura.

Para llevar a cabo este tipo de soldadura, es necesario cierto equipamiento específico que cumpla con las normativas de seguridad vigentes. Se necesita lo siguiente: una botella que contenga acetileno disuelto en acetona, lo que evita explosiones no deseadas. Esta botella viene con una válvula de seguridad, una llave de cierre y reducción la presión, y un manómetro para su visualización.

Otra botella, pero esta vez de oxígeno a alta presión, provista con un manómetro para el control de la presión y una válvula de seguridad. Como metal de aportación, se utilizan varillas metálicas de la misma composición que el material que se desea unir. El desoxidante que se utiliza depende de los metales que se van a soldar. Suele venir como un polvo que recubre las varillas del metal de aportación.

Las tuberías que se utilizan para conducir el acetileno y el oxígeno, por lo general, son de goma y permiten que se pueda mover con facilidad a la hora de soldar. Vienen en distinto color para poder diferenciar cada componente de la mezcla. Por último, se encuentra el soplete, que es el que permite realizar la combustión de la mezcla de los dos componentes, la cual se regula adecuadamente gracias a dos válvulas que se encuentran en su empuñadura. Este puede presentar distintas boquillas, dependiendo del trabajo por realizar.



Figura 18. Equipamiento específico para soldar. Se trata de uno de los dispositivos más comunes para realizar esta tarea.

Soldadura por arco eléctrico

Este es un proceso de soldadura de bajo costo, de fácil y rápida utilización y que da excelentes resultados; se puede aplicar en toda clase de metales.

La soldadura por arco funciona de la siguiente manera: lo primero que hay que hacer es provocar la fusión de los bordes que se desean unir mediante el calor intenso originado por un arco eléctrico. Dichos bordes, al fundirse junto con el material fundido que se separó del electrodo, se mezclan en el proceso de soldadura y forman, al enfriarse la zona, una pieza de resistencia similar al material unido, la cual tiene una forma homogénea. Esto se debe a que, al poner en contacto los polos opuesto de un generador, se genera una corriente eléctrica de gran intensidad. Si esta corriente es la necesaria en el área en la que se va a soldar (que es la que está en el medio de los dos polos), esta zona presenta la mayor resistencia, por lo cual se pone incandescente.



Figura 19. Equipo para soldadura por arco eléctrico.

Esto provoca una ionización del aire que rodea a la zona de contacto, por lo que este se vuelve conductor; de esta manera, al separar los polos, el paso de la corriente eléctrica se sigue manteniendo. Lo primero que debe hacerse antes de comenzar a soldar es fijar bien las piezas sobre una mesa o un banco de trabajo diseñado para cada

situación, de manera que, durante todo el trabajo, las piezas por unir queden fijas y no haya movimiento alguno.

El electrodo se tiene que mantener inclinado siempre con respecto al plano que se desea soldar. Esta inclinación debe ser aproximadamente de unos 15° . A su vez, hay que transferirle un movimiento circular al electrodo a medida que se va soldando para lograr una distribución uniforme del metal que se aporta del electrodo.

Si no se tiene cuidado, el mismo arco puede generar un agujero en el material. Esto se debe a que es fundamental tener en cuenta la longitud del arco eléctrico, o sea, la distancia entre la punta del electrodo y la superficie por soldar. Si la distancia del arco es demasiado pequeña, la pieza puede resultar dañada debido a la penetración del calor recibido, y dar como resultado un agujero en la pieza.

En cambio, si la distancia es excesiva, el calor se dispersa mucho más, haciendo que la penetración sea insuficiente, por lo que el soldador deberá manipular hábilmente esta distancia para poder realizar con éxito la soldadura.

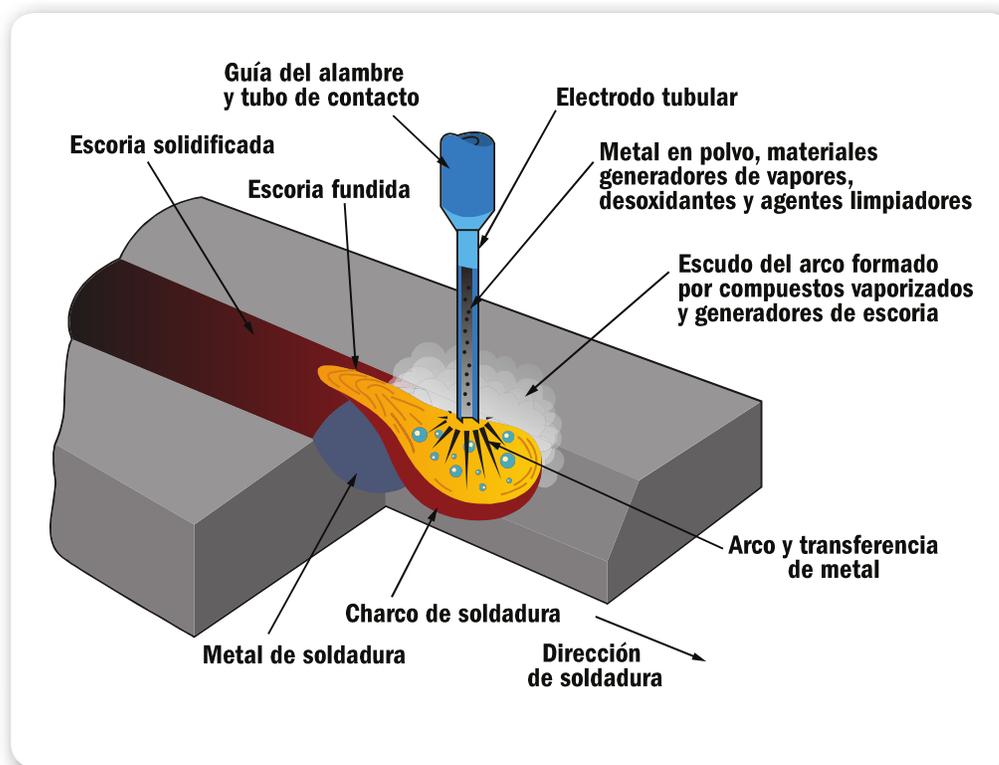


Figura 20. Partes que componen una soldadura por arco eléctrico y descripción de un electrodo tubular.

Soldadura por resistencia eléctrica

Esta soldadura se basa en el efecto Joule. El calor se produce al circular una corriente eléctrica a través de la unión de los materiales. Este calor esta dado por la siguiente expresión matemática:

$$Q = 0.24 \times I^2 \times R \times t$$

Q = calor (en calorías).

I = intensidad de corriente eléctrica (en amperes).

R = resistencia (en ohms) al paso de la corriente eléctrica.

t = tiempo (en segundos).

De todas las maneras en que se puede soldar por resistencia, la que más se destaca es la soldadura por puntos. La soldadura por puntos es aquella en la que las piezas –por lo general, chapas o láminas finas– quedan soldadas por pequeñas zonas circulares parecidas a una lenteja. Los materiales que se van a unir se sujetan mediante los mismos electrodos encargados de pasar la corriente eléctrica para que se fundan esos mismos puntos de sujeción. Cuando estos se enfrían, la pieza queda unida por esos pequeños puntos, y su número dependerá de las aplicaciones en las cuales se vaya a utilizar y de las dimensiones de dichas chapas.

Este tipo de soldadura es de gran importancia en la industria automovilística, ya que se emplea en la fabricación de la carrocería y otras piezas del automóvil. A su vez, también se utiliza para ciertos electrodomésticos, pero su uso no se limita solo en esos aspectos, ya que hay infinidad de aplicaciones posibles.

LA SOLDADURA
BLANDA SE
REALIZA A
TEMPERATURAS
MENORES A 400 °C



LOS SOLDADORES ELÉCTRICOS MANUALES



Hay dos tipos de soldadores eléctricos que se destacan: el soldador de resistencia y el de pistola. En el de resistencia, la punta de cobre o de cerámica se calienta con una resistencia eléctrica, lo que la mantiene a temperatura constante. Sus puntas pueden variar dependiendo del trabajo por realizar. El soldador de pistola, en cambio, se calienta rápidamente al presionar un botón.

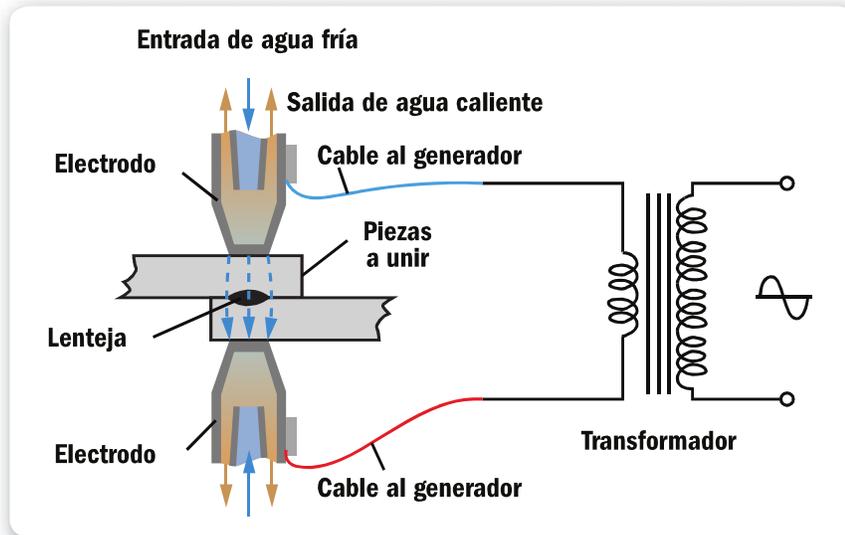


Figura 21. Conexión de un soldador por resistencia eléctrica.

El estaño, nuestro fiel amigo

La aleación del estaño y plomo es la más utilizada de todas.

Cada elemento de la aleación tiene un punto elevado de fundición, pero dicha aleación presenta uno mucho menor a sus componentes. El estaño tiene un punto de fundición de 450 °F, y el plomo, de 620 °F.

Técnicas de soldado

Una técnica implica una cantidad definida de pasos que se deben seguir y que nos aseguran la resolución de una o varias tareas, en forma apropiada.

Lo que veremos a continuación, son técnicas de soldado de componentes e integrados through hole y SMD.



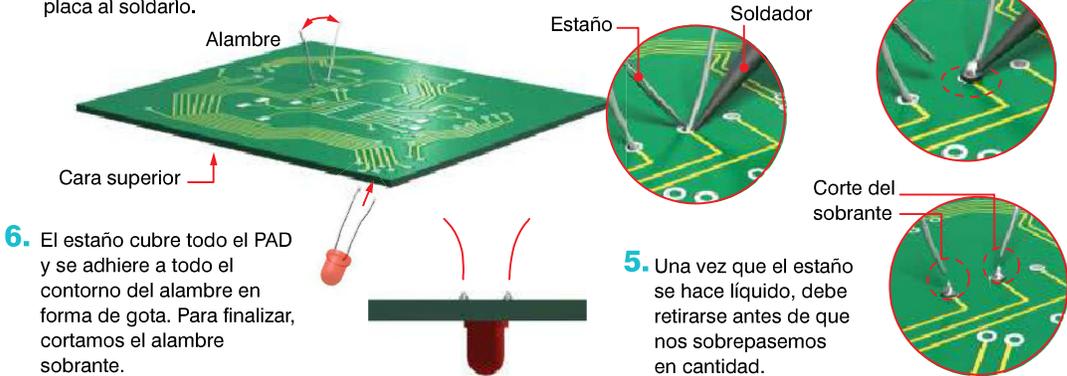
CONSEJOS A LA HORA DE SOLDAR



Se recomienda hacerlo en un ambiente tranquilo y controlado; ser ordenado con los componentes, las herramientas y todos los accesorios; usar soportes para el soldador, luz y lupa; hacer los puentes con alambre envainado. En cuanto a la lectura de los códigos de los componentes, es mejor tomar un punto de referencia, así, al tomar la plaqueta, se puedan leer todos y cada uno de esos códigos al mismo tiempo.

SOLDADO DE COMPONENTES THROUGH HOLE

1. Se inserta el componente sobre la cara. Se flexionan los alambres del componente, para que no se caiga de la placa al soldarlo.
2. Se debe precalentear el PAD y la base del alambre donde se llevará a cabo la soldadura.
3. Soldado: el estaño debe apoyarse sobre el PAD y la cara opuesta a la punta del soldador.
4. Se debe rodear el PAD con el soldador, para que el estaño derretido se adhiera al alambre.

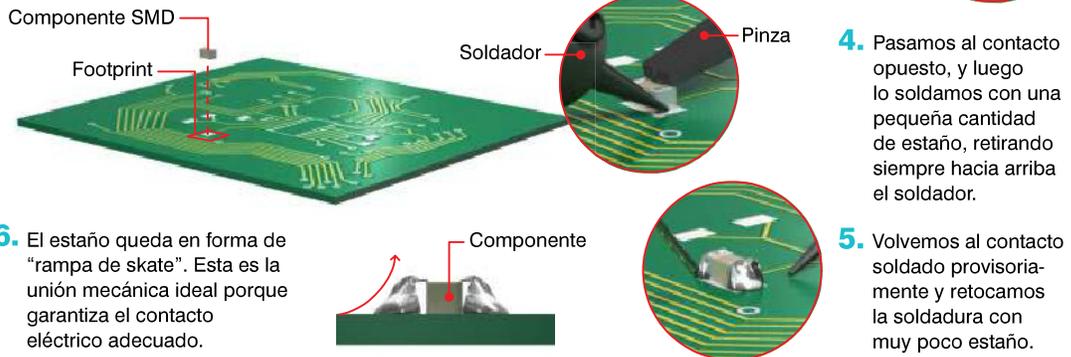


6. El estaño cubre todo el PAD y se adhiere a todo el contorno del alambre en forma de gota. Para finalizar, cortamos el alambre sobrante.

5. Una vez que el estaño se hace líquido, debe retirarse antes de que nos sobrepasemos en cantidad.

SOLDADO DE COMPONENTES SMD

1. Se calienta el footprint SMD donde se soldará el componente. Una delgada película de estaño quedará adherida sobre él.
2. Estañamos apenas la punta del soldador, y depositamos una pequeña cantidad de estaño sobre uno de los contactos del componente.
3. Apoyamos el componente sobre el footprint y lo presionamos levemente con la pinza. Aplicamos el soldador sobre el contacto para que el componente quede unido.



6. El estaño queda en forma de "rampa de skate". Esta es la unión mecánica ideal porque garantiza el contacto eléctrico adecuado.

4. Pasamos al contacto opuesto, y luego lo soldamos con una pequeña cantidad de estaño, retirando siempre hacia arriba el soldador.

5. Volvemos al contacto soldado provisoriamente y retocamos la soldadura con muy poco estaño.



PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR

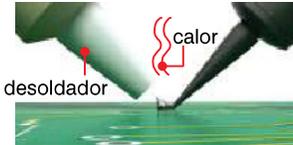


Limpiar las superficies, tanto mecánica como químicamente; es decir, desengrasarlas y sacarles el óxido. A continuación, calentar las superficies con un soldador y, cuando alcanzan la temperatura de fusión, aplicar el estaño. Este moja las superficies y se endurece cuando se enfría; así, se da por concluido el proceso de soldado.

TÉCNICAS DE DESOLDADO DE DISTINTOS TIPOS DE COMPONENTES

DESOLDADO DE COMPONENTES E INTEGRADOS THROUGH - HOLE

Es necesario, antes que nada, calentar bien el punto por desoldar; fundir el estaño y succionarlo con el desoldador. A veces hay que derretir una pequeña cantidad de estaño sobre el soldado anterior.



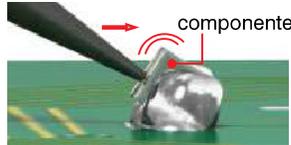
Deberemos retirar velozmente la punta del desoldador y succionar el estaño. El estaño succionado restante se irá liberando por el pico cada vez que se accione la corredera del desoldador. El PAD queda finalmente abierto y sin dañarse por sobretemperatura.



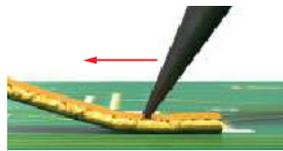
En general se procede de la misma manera pin por pin. Lo mejor es calentar toda la hilera de pines y usar una pinza de fuerza para extraer el componente en cuestión.

DESOLDADO DE COMPONENTES SMD

Con la punta del soldador preestañada o aplicando una pequeñísima cantidad de estaño sobre las soldaduras, derretimos cada unión una vez, hasta asegurarnos de que el estaño fluya de manera correcta.



Mientras lo hacemos, ejercemos presión sobre los costados para mover el componente. Podemos sujetar el componente con la pinza fina por su cuerpo, pero quizás dificulte la maniobra dependiendo del circuito. Lo más fácil es trabajar simplemente con el soldador.



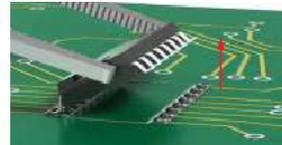
Hay que calentar ambas uniones, derretiendo una y pasando rápidamente a la otra. Luego de quitar el componente, conviene limpiarlo con cinta de desoldar.

DESOLDADO DE INTEGRADOS SMD

Aplicamos flux sobre las hileras soldadas de pines. Puede depositarse un poco de estaño para ayudar a derretir el estaño sólido cuando se aplique el soldador.



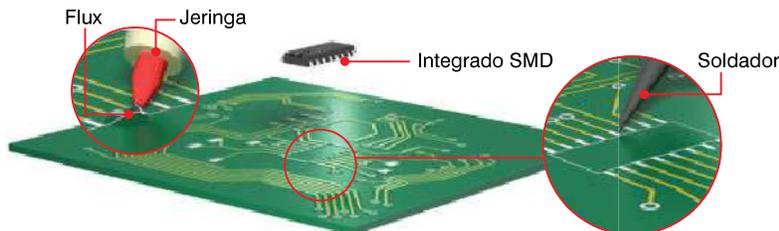
El impreso debe estar afirmado para poder hacer fuerza con una pinza de sujeción. Se debe intentar calentar toda la hilera al mismo tiempo, utilizando la mayor área posible del soldador. A medida que afloja el estaño, se debe levantar primero una hilera y luego, la otra.



Para finalizar el proceso, luego de quitar el integrado conviene limpiar el footprint con cinta de desoldar (solder wick) para eliminar así excesos de estaño en la superficie.

SOLDADO DE INTEGRADOS SMD

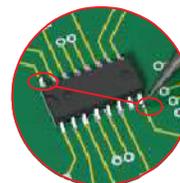
1. Debemos limpiar bien el footprint con alcohol isopropílico y luego aplicar el flux en gel.
2. Debe preestañarse la superficie de los pads depositando una delgada capa de estaño en la punta del soldador.
3. Se barren las dos hileras en forma de pinceladas. No debemos excedernos en la cantidad de estaño.
4. Luego de limpiar otra vez con alcohol y aplicar flux, se debe colocar el componente SMT sobre el footprint, ejerciendo una ligera presión.



6. Se aplica flux y se realiza el soldado definitivo depositando una pequeña gota de estaño sobre el primer pin de una hilera. Luego se esparce sobre los demás usando el soldador como un pincel.



5. Se sueldan dos pines diagonalmente opuestos, apenas apoyando el soldador. El preestañado se fundirá debajo de los pines.



Soldadura de componentes en UPC

Para realizar este tipo de soldadura, lo primero que debemos hacer es limpiar la plaqueta que vamos a utilizar. Para ello, es recomendable frotar con una lana de acero hasta que el cobre quede con mucho brillo. Luego, le pasamos un algodón con alcohol para terminar de limpiar la superficie. Al momento de disponer los componentes en la plaqueta, es importante recordar que siempre vamos a soldar de menor a mayor, ya que, de esa manera, se facilita el proceso del ensamble de la plaqueta.

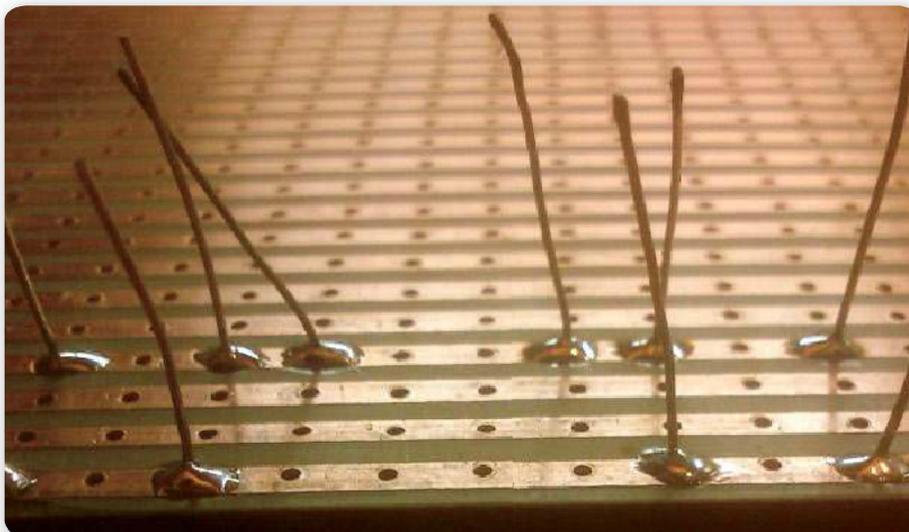


Figura 22. Limpiamos la punta del soldador y soldamos los componentes de una misma especie.

Luego, utilizamos un alicate de corte recto y eliminamos el sobrante de cada componente. Una vez terminado el proyecto, pasamos flux (resina) para protegerlo del paso del tiempo y mejorar su conductibilidad.



RESUMEN



En este capítulo, repasamos los diferentes métodos de fabricación de circuitos impresos, que nos permitirán desarrollar y crear placas electrónicas según nuestra necesidad. Aprendimos qué es lo primero que hay que tener en cuenta a la hora de soldar: qué vamos a soldar, cómo lo vamos a hacer y con qué material realizaremos la soldadura. Esas son las preguntas básicas que todo técnico se tiene que efectuar a la hora de realizar un proyecto.

Actividades

TEST DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué son los **circuitos impresos** o PCB y para qué son utilizados?
- 2 ¿Cuáles son los componentes electrónicos básicos y los materiales que componen los **circuitos impresos** o PCB?
- 3 ¿Para qué se utilizan los **circuitos multicapa**?
- 4 ¿Cuáles son los pasos a seguir a la hora de fabricar una placa PCB?
- 5 ¿Cuáles son las normas de diseño más convenientes para crear un circuito impreso?
- 6 ¿Qué es un **circuito impreso universal**?
- 7 ¿Cuáles son las **características técnicas** que ofrece?
- 8 ¿Qué diferencias existen entre los impresos universales de una capa, de doble capa o multicapa?
- 9 ¿Qué tipos de **soldadura** podemos identificar y qué diferentes aplicaciones pueden tener?
- 10 ¿Qué secretos no debemos olvidar cuando soldamos?



PROFESOR EN LÍNEA

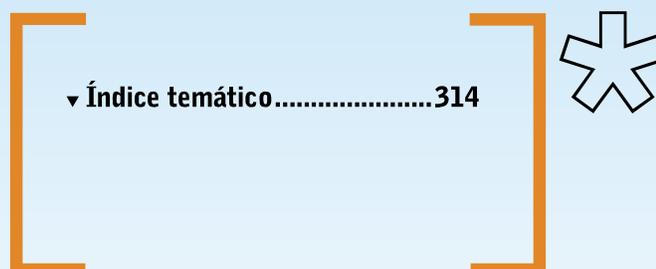


Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



Servicios al lector

A continuación, presentamos un índice temático que nos será de gran ayuda a la hora de buscar información en este manual, de manera rápida y precisa.



Índice temático

#

14 segmentos	203
16 segmentos	203
3D	214, 219

A

Absorción	19
Acumuladores	49, 58
Aislante	20, 100
Alicate	135
Altium Designer	259
Ampere (A)	97
Amplitud de la señal	68
Ancho de banda	148
Ánodo	43, 46, 61, 169
Arduino	188
Arco eléctrico	24
Assembler	259
Átomo	17, 19

B

Banda de tolerancia	113
Banda de valencia	20, 96
Batería recargable	61
Baterías de ion-litio	60
Baterías de níquel-cadmio	60
Baterías	58
Bobina de Tesla	92
Bohr	18

C

CAD (Computer-Aided Design)	228
CADSoft	228, 231, 239, 248
Capacitor	101
Carga eléctrica	19, 28, 96
Cargador de baterías	188
Cátodo	43, 46, 61, 169
Celda de Daniell	45
Celda de zinc-carbón	46
Celda electroquímica	47
Celdas solares	53
Célula fotovoltaica	52
CircuitLab	257
Circuito esquemático	229
Circuito impreso	228, 278
Circuito impreso universal	296

C

Circuito mixto	107
Circuito paralelo	107
Circuito serie	105
Circuitos integrados	15, 185
Código ensamblado	259
Conductor	20, 100
Conexión en estrella	72
Conexión en triángulo	72
Conexiones trifásicas	74
Conversión de voltaje	41
Coolers	188
Corriente alterna (CA)	40, 66, 70, 77, 81
Corriente continua (CC)	38, 45, 48, 55, 66
Corriente eléctrica	96
Corriente trifásica	71, 75
Corrientes parásitas	90
CRT (Cathode Ray Tube)	199, 210
Culombio	24, 38, 96

D

D'Arsonval	141, 145
Daniell, John Frederic	45
De Forest, Lee	14
Destornillador	136
Diferencia de potencial	61
Dinamos	51
Diodo de vacío	14
Diodo	168
DipTrace	238
Diseño de circuitos	228, 265
Disipadores	188
Disparo	149
Displays electromecánicos	196
Dispositivo electrónico	57
Disyuntor	133
DLP (Digital Light Processing)	201

E

EAGLE	228, 231, 239, 248
Edison, Thomas Alva	14, 41
Electricidad dinámica	24
Electricidad estática	19, 23
Electricidad	19
Electrodos	49

E

Electroimán	32
Electrolito	46, 49, 61
Electromagnetismo	27, 102
Electrones	18
Electrónica analógica	16
Electrónica digital	16
Emisión	19
Encapsulados	187, 237
Energía eléctrica	67
Energía fotovoltaica	52
Energía mecánica	67
Energía solar	45
Energías renovables	80
Estaño	137
Estator	51
ExpressPCB	230, 234

F

Factor de potencia	98
Faraday, Michael	28
Faradio (F)	101
Fase	68
FET (Field Effect Transistor)	175, 182
Fleming, John Ambrose	14
Flip-disc	207
Flujo de cargas eléctricas	19
Flujo de electrones	19
Fotones	19
Fotovoltaico	53
Frecuencia angular	68
Frecuencia	68
FreePCB	229, 234
Frotamiento	23
Fuentes de alimentación	57, 89
Fuentes de corriente continua	39
Fuerza eléctrica	28
Fuerza electromagnética	18
Fuerza electromotriz (FEM)	38, 42, 67

G

Georges Leclanché	46
Germanio (Ge)	164

H

Hoja de diseño	261
Hojas de datos	188
Holografía	200, 220, 222
Holograma	220

I

Inducción electrostática	23
Inductancia	103
Inductor	102
Intensidad de corriente	97
Intensidad	111
Interruptor	133
ISIS	257, 263
Isótopo	18

L

LCD (Liquid Crystal Display)	200, 209, 212
Led	126
Ley de Ampère	31
Ley de Coulomb	24
Ley de Faraday	29, 31, 67
Ley de Gauss	30
Ley de Joule	114
Ley de Kirchhoff	117
Ley de Lenz	29
Ley de Lorentz	27
Ley de Ohm	115, 142, 189
Lightguide	198
Longitud de onda	68

M

Magnitudes físicas	96
Material aislante	132
Material conductor	19, 97
Material tipo N	165
Material tipo P	165, 167
Materiales semiconductores	164
Matriz de LEDs	206
Microelectrónica	15
Microprocesador	15
Modelado	256
Multicapa	283
Multímetro	145

N

Nanoelectrónica	16
Neutrones	18
Nodo	240
Núcleo	17

O

Óhmetro	112
OrCAD	257
Osciloscopio analógico	147
Osciloscopio de almacenamiento digital	147
Osciloscopio	146

P	Pad	235
	PCB	233, 245, 278, 284
	Pentodos	15
	Período (T)	68
	Pila alcalina	46, 48, 59
	Pila de Volta	40, 43
	Pila eléctrica	45
	Pila recargable	41
	Pila seca	46, 47
	Pilas botón	59
	Pilas de litio	59
	Pines	185
	Pinza	138
	Polaridad	169
	Potencia activa (P)	98
	Potencia aparente (S)	98
	Potencia reactiva (Q)	98
	Potencia	97
	Potenciómetros	112
	Principio de inducción	78
	ProSPICE	258
	Protoboard	154
	Protones	17

R	Rayos catódicos	199
	Receptores	83
	Rectificación	41
	Resina natural	137
	Resistencia derivadora	143
	Resistencia eléctrica	142
	Resistencia multiplicadora	142
	Resistencia	112
	Resistividad	101
	Resistor	100
	Retroiluminación	211
	Ruteo	236, 247

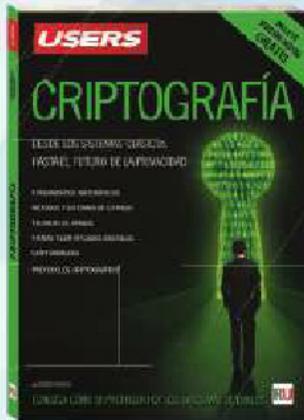
S	Semiconductores	15, 20, 164
	Señal cuadrada	67
	Señal senoidal	66, 67
	Señal triangular	66
	Señales analógicas	149
	Señales digitales	149
	Separador	46
	Silicio (Si)	164
	Simulación	255, 259, 268

S	Soldador	136
	Soldadura	301, 310
	SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)	254
	Superconductores	21

T	Tasa de refresco	209, 213
	Tensión	76, 97
	Tensión alterna	70
	Teorema de Kennelly	74
	Teorema de Norton	123
	Teorema de superposición	120
	Teorema de Thevenin	122
	Termistores	104
	Termocupla	44
	Termopar	44
	Tetrodos	15
	Tinta electrónica	216
	Transformador	86, 89, 91, 134
	Transistor	15, 173, 176
	Triodo	14, 15, 174
	Tubos Nixie	197
	TV 3D	214

V	Valor eficaz	70
	Valor instantáneo	69
	Valor medio	70
	Valor pico	70
	VDF (Vacuum Fluorescent Display)	198
	Visualizadores (displays)	196
	Volta, Alessandro	24, 39
	Voltaje de ruptura	171
	Voltaje	109
	Voltímetro	109
	Voltio (V)	42, 45, 97
	Volumétricos	222

W	Watt (W)	97
	Weber (Wb)	103
	WLED	211



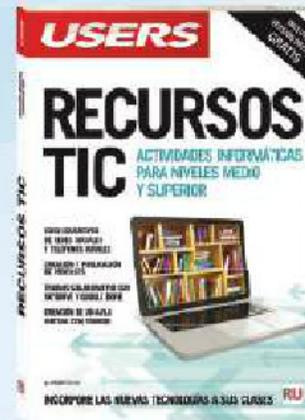
Una obra única que analiza la protección de datos y su evolución, desde la criptografía clásica a los algoritmos modernos.

→ 208 páginas / ISBN 978-987-1949-35-9



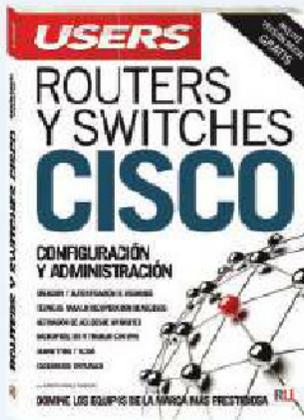
Herramientas, conceptos y consejos fundamentales para la instalación y configuración de redes cableadas e inalámbricas.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-46-5



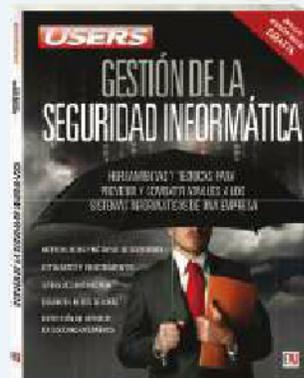
Esta obra invita a reflexionar sobre el lugar que deben ocupar las TICs en las aulas de los niveles Medio y Superior.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-33-5



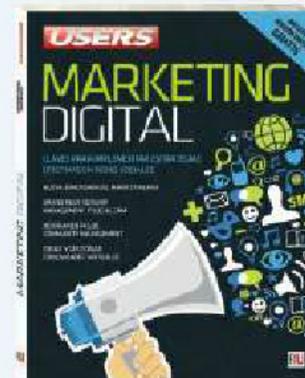
Capacítense para obtener una certificación Cisco y amplíe sus oportunidades laborales en el rubro de las telecomunicaciones.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-34-2



Conozca herramientas y técnicas necesarias para prevenir y combatir ataques a los sistemas informáticos de una empresa.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-30-4



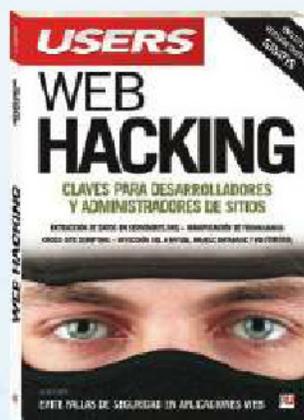
Este libro revela técnicas y herramientas indispensables a la hora de encarar una estrategia de marketing en medios sociales.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-32-8



Con los mismos datos, puede obtener resultados muy diferentes: implemente herramientas interactivas de inteligencia empresarial.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-29-8



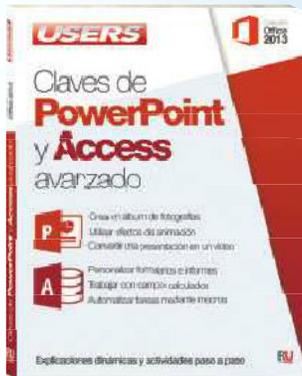
Indispensable para desarrolladores y administradores de sitios, este libro explica las técnicas de ataque utilizadas por los hackers.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-31-1



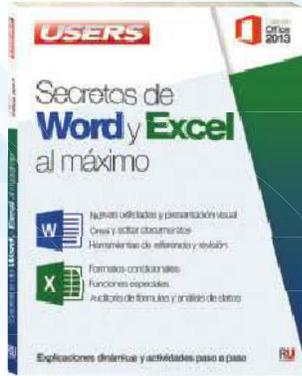
El libro indicado para quienes buscan aprender a confeccionar y administrar bases de datos en Microsoft Access desde cero.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-27-4



Aproveche la versatilidad de PowerPoint para crear presentaciones y especialícese en el manejo de bases de datos con Access.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-28-1



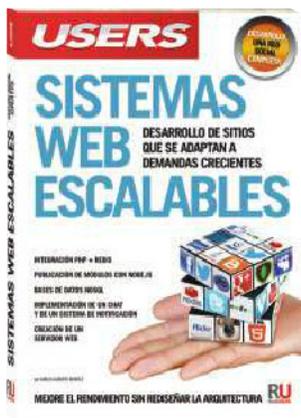
Manténgase actualizado: conozca las nuevas herramientas de Word y trabaje con las funciones avanzadas de Excel

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-26-7



Aprenda a utilizar Excel 2013 y desarrolle planillas adaptadas a sus necesidades de registro y seguimiento de información.

→ 192 páginas / ISBN 978-987-1949-25-0



Cree su propia red social e implemente un sistema capaz de evolucionar en el tiempo y responder al crecimiento del tráfico.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-20-5



Conozca la integración con redes sociales y el trabajo en la nube, en aplicaciones modernas y más fáciles de utilizar.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-21-2



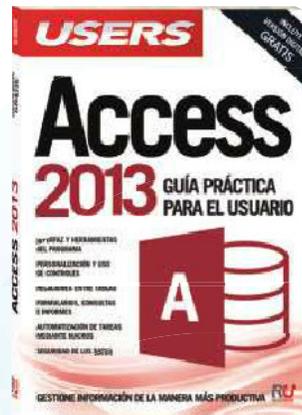
Conozca claves y herramientas más potentes de esta nueva versión de Excel y logre el máximo de efectividad en sus planillas

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-18-2



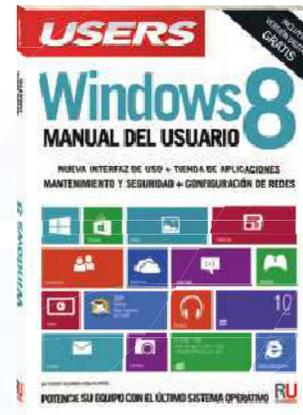
Consejos y secretos indispensables para ser un técnico profesional e implementar la solución más adecuada a cada problema

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-19-9



Simplifique tareas cotidianas de la manera más productiva y obtenga información clave para la toma de decisiones.

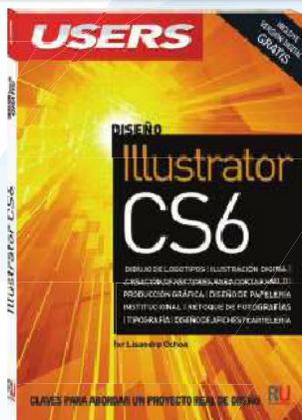
→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-17-5



Acceda a consejos indispensables y aproveche al máximo el potencial de la última versión del sistema operativo más utilizado.

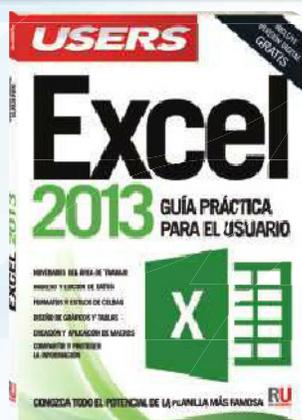
→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-09-0





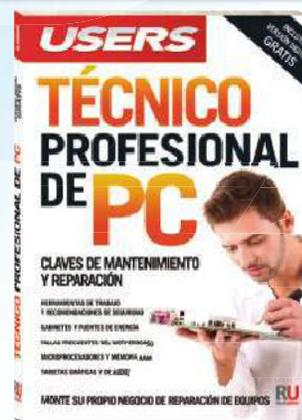
La mejor guía a la hora de generar piezas de comunicación gráfica, ya sean para web, dispositivos electrónicos o impresión.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-04-5



Aprenda a simplificar su trabajo, convirtiendo sus datos en información necesaria para solucionar diversos problemas cotidianos.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-08-3



Acceda a consejos útiles y precauciones a tener en cuenta al afrontar cualquier problema que pueda presentar un equipo.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-02-1



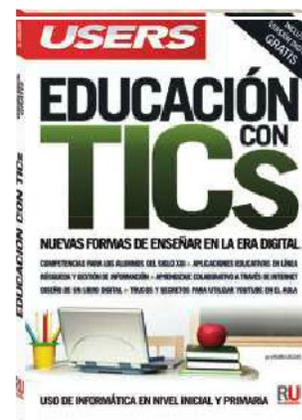
El libro indicado para enfrentar los desafíos del mundo laboral actual de la mano de un gran sistema administrativo-contable.

→ 352 páginas / ISBN 978-987-1949-01-4



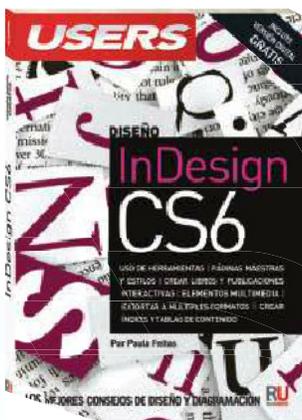
Un libro ideal para ampliar la funcionalidad de las planillas de Microsoft Excel, desarrollando macros y aplicaciones VBA.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-99-9



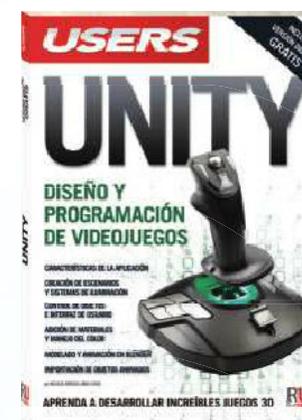
Un libro para maestros que busquen dinamizar su tarea educativa integrando los diferentes recursos que ofrecen las TICs.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-95-1



Libro ideal para introducirse en el mundo de la maquetación, aprendiendo técnicas para crear verdaderos diseños profesionales.

→ 352 páginas / ISBN 978-987-1857-74-6



Esta obra reúne todas las herramientas de programación que ofrece Unity para crear nuestros propios videojuegos en 3D.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-81-4



Esta obra nos enseña sobre el diseño y prueba de circuitos electrónicos, sin necesidad de construirlos físicamente.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-72-2

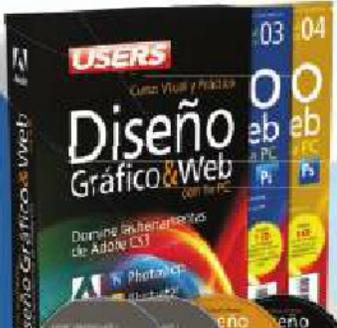




CURSOS

CON SALIDA LABORAL

Los temas más importantes del universo de la tecnología, desarrollados con la mayor profundidad y con un despliegue visual de alto impacto: explicaciones teóricas, procedimientos paso a paso, videotutoriales, infografías y muchos recursos más.



- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 2 DVDs / 2 Libros

Curso para dominar las principales herramientas del paquete Adobe CS3 y conocer los mejores secretos para diseñar de manera profesional. Ideal para quienes se desempeñan en diseño, publicidad, productos gráficos o sitios web.

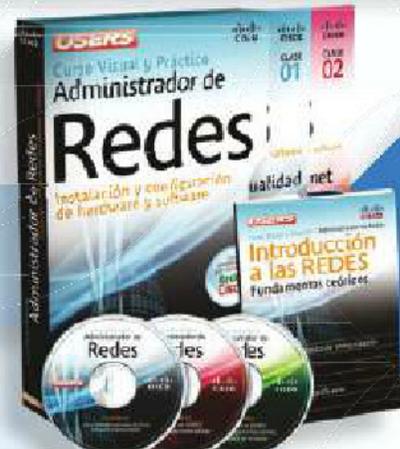


- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 4 CDs

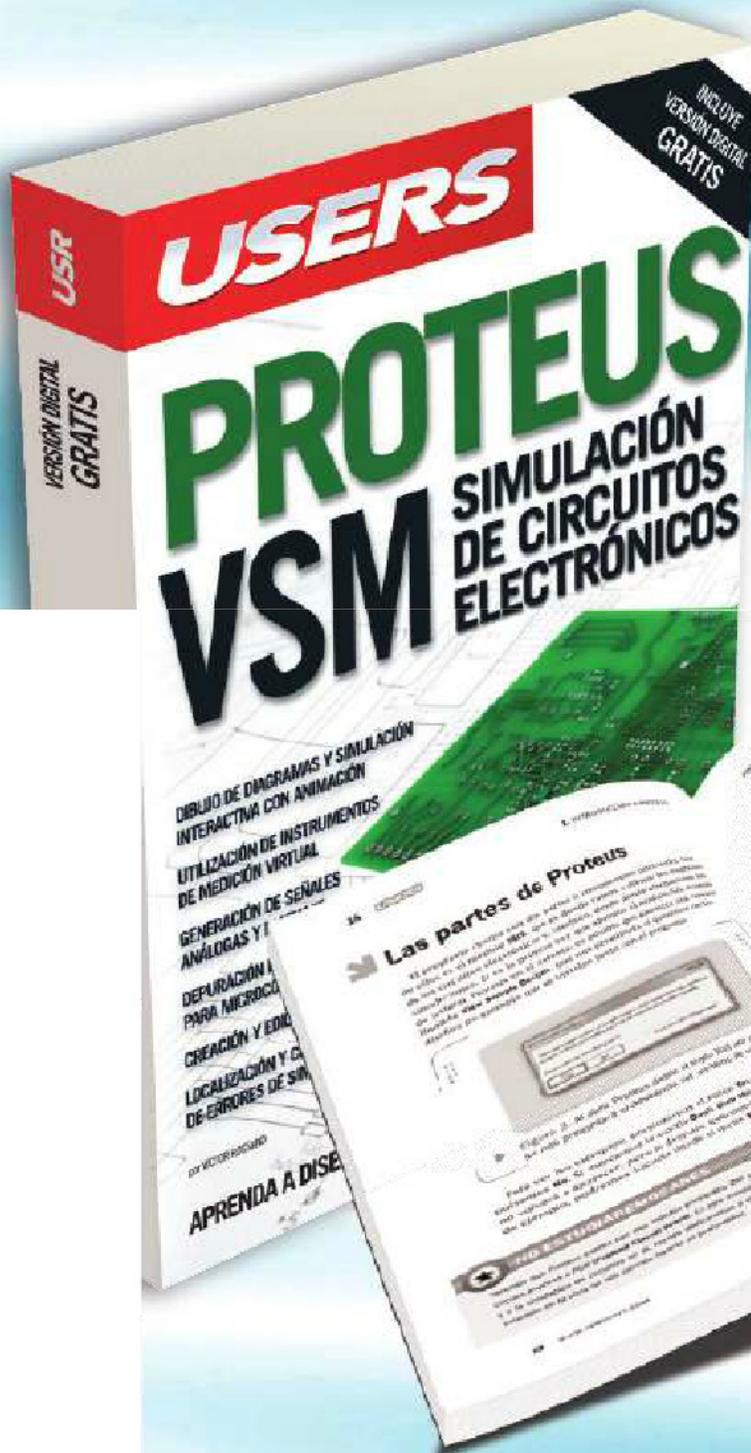
Obra ideal para ingresar en el apasionante universo del diseño web y utilizar Internet para una profesión rentable. Elaborada por los máximos referentes en el área, con infografías y explicaciones muy didácticas.

Brinda las habilidades necesarias para planificar, instalar y administrar redes de computadoras de forma profesional. Basada principalmente en tecnologías Cisco, busca cubrir la creciente necesidad de profesionales.

- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 3 CDs / 1 Libros



CONÉCTESE CON LOS MEJORES LIBROS DE COMPUTACIÓN



Esta obra nos enseña sobre el diseño y prueba de circuitos electrónicos, sin necesidad de construirlos físicamente.

- » ELECTRÓNICA / HARDWARE
- » 320 PÁGINAS
- » ISBN 978-987-1857-72-2

LLEGAMOS A TODO EL MUNDO VÍA  OCA* Y  DHL**

MÁS INFORMACIÓN / CONTÁCTENOS

 usershop.redusers.com  +54 (011) 4110-8700  usershop@redusers.com

*SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA // **VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA



ELECTRÓNICA

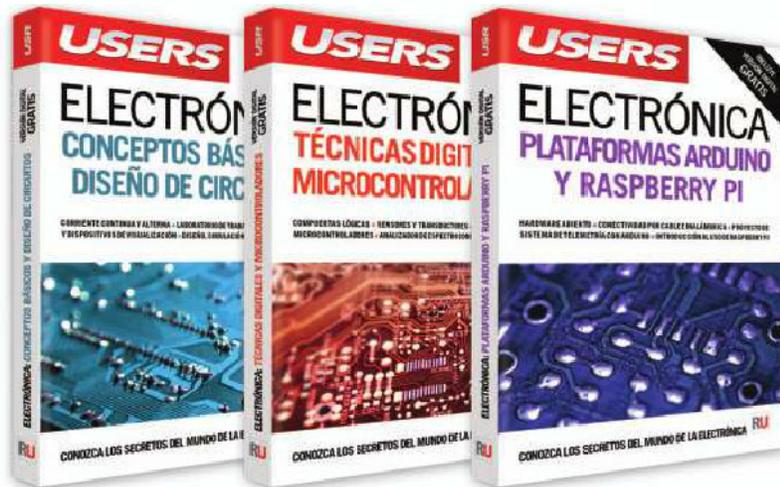
CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO DE CIRCUITOS



Este libro es el primer tomo de la colección *Electrónica* y resulta ideal para los principiantes en la materia que decidan emprender la desafiante tarea de armar circuitos y dispositivos electrónicos, y capacitarse en reparaciones de equipos. Los temas son presentados mediante explicaciones teóricas y ejemplos paso a paso en los que se desarrollan técnicas para comprender los conceptos de un modo simple y práctico. Se incluye material gráfico complementario, como infografías y guías visuales, que facilita el aprendizaje.

* EN ESTE LIBRO ENCONTRARÁ:

Fundamentos: introducción a la electricidad. Campos electromagnéticos. / **Corriente continua:** conceptos básicos. Generación de corriente continua. Fuentes y baterías. / **Corriente alterna:** conceptos básicos. Generación de corriente alterna. El transformador. / **Principios de electrónica:** magnitudes y componentes básicos. Los circuitos y sus leyes. / **El laboratorio:** espacio de trabajo. Instrumentos analógicos y digitales. Protoboard. / **Semiconductores:** diodos, transistores y circuitos integrados. / **Tecnologías de visualización:** tecnologías de uso frecuente. Visualización moderna. / **Diseño de circuitos impresos:** software de diseño de circuitos. Área de trabajo. Uso práctico de EAGLE. / **Simulación de circuitos:** simulación de lógica funcional. ISIS y prácticas de simulación. / **Construcción de circuitos:** circuitos impresos. Proceso de fabricación. Circuito impreso universal. Soldaduras.



COLECCIÓN ELECTRÓNICA

El contenido de esta colección fue publicado previamente en los fascículos del curso visual y práctico *Técnico en electrónica*.



REDUSERS.com

En nuestro sitio podrá encontrar noticias relacionadas y también participar de la comunidad de tecnología más importante de América Latina.

PROFESOR EN LÍNEA

Ante cualquier consulta técnica relacionada con el libro, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com.

ISBN 978-987-1949-54-0



9 789871 949540 >