



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
“ARAGÓN”**

**“DISEÑO DE UN UPS PARA EL RESPALDO  
DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO  
DE ELECTRÓNICA”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**(AREA ELECTRICA - ELECTRÓNICA)**

**P R E S E N T A :**

**IVAN GASPAR HIDALGO**



**ASESOR: ING. ENRIQUE HERRERA HIDALGO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

**IVAN GASPAR DELGADO**  
**Presente**

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Facultad, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO: "DISEÑO DE UN UPS PARA EL RESPALDO DE ENERGIA EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA"

ASESOR: Ing. ENRIQUE HERRERA HIDALGO

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

**Atentamente**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
San Juan de Aragón, México, 28 de octubre de 2008.

LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica  
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
C p Asesor de Tesis

LTG/AIR/ma

# AGRADECIMIENTOS

## **A mis padres:**

Toda mi admiración y cariño por todo el apoyo y amor incondicional que me han brindado a través de todos estos años y que si tratara de plasmarlo con palabras esta misma tesis no sería suficiente para describirlo. A ellos que por medio de su ejemplo y educación me han formado, y han sido mis maestros en todos los sentidos.

## **A mi hermana:**

Por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas. Sabes que también te quiero y te admiro y que no hacen falta muchas palabras entre nosotros.

## **A mi asesor:**

Como parte fundamental de esta tesis, que gracias a su tiempo y conocimientos hemos llevado a cabo, como maestro y amigo como pocos.

## **A mis sinodales:**

Adrián, Esteban, Noé y Ramón por su colaboración en la realización de este proyecto.

# INDICE

<b>Capítulo 1</b>	<b>1</b>
<b>Definición de un UPS – SAI</b>	
1.1 ¿Qué es un UPS – SAI?	2
1.2 ¿Cómo trabaja un SAI?	2
1.3 Componentes principales por los cuales está constituido un SAI	6
1.4 Tipos de Topologías en un SAI	6
<b>Capítulo 2</b>	<b>24</b>
<b>Pilas de Plomo</b>	
2.1 Introducción	25
2.2 Principios de funcionamiento	29
2.3 Características, propiedades y forma de utilización de las pilas	30
2.4 Clasificación de las pilas	33
2.5 Batería de Plomo – Acido	40
<b>Capítulo 3</b>	<b>45</b>
<b>Inversor de Potencia de Pulso Resonante</b>	
3.1 ¿Qué es un inversor?	46
3.2 Inversores resonantes en serie	50
3.3 Inversor resonante paralelo	55
3.4 Control de voltajes en inversores resonantes	56
3.5 Inversor resonante clase E	59
3.6 Rectificador resonante clase E	61
3.7 Convertidores resonantes de conmutación a voltaje cero (ZVS)	62
3.8 Convertidores resonantes de conmutación a corriente cero (ZCS)	64
3.9 Inversores resonantes de enlace CD	72
<b>Capítulo 4</b>	<b>74</b>
<b>Diseño</b>	
4.1 Problemas eléctricos, cortes, micro cortes que deben resolverse	75
4.2 Antecedentes históricos de los microprocesadores y microchips	85
4.3 Potencia que consume el sistema	89
4.4 Diseño	92
4.5 Diagrama a bloques	93

<b>Capitulo5</b>	<b>96</b>
<b>Conclusiones</b>	
<b>Apéndice A</b>	<b>100</b>
<b>Apéndice B</b>	<b>103</b>
<b>Apéndice C</b>	<b>107</b>
<b>Glosario</b>	<b>112</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>115</b>

## OBJETIVO

Proponer un sistema de alimentación ininterrumpida para su implementación dentro de los laboratorios de electrónica en el edificio L3 de la FES Aragón.

Comprender la importancia de los elementos básicos de la electrónica y electricidad como los diodos, capacitores, resistencias, inductores y transformadores para así poder armar nuevos sistemas y entender el funcionamiento de estos.

Ampliar los conocimientos que ya se tienen acerca de los inversores, la modulación por ancho de pulso, los convertidores de voltaje y corriente, los rectificadores, los filtros y las pilas.

Aplicar la electrónica de potencia para los puentes inversores el conocimiento de las curvas que se forman a partir de estos puentes y de la modulación por medio de ellos.

Modificar circuitos básicos para la implementación de una fuente de alimentación ininterrumpida más eficaz con menores pérdidas, menor gasto y mayor tiempo de vida.

Conocer que es un sistema de alimentación ininterrumpida, como funciona, cuales son sus componentes, sus características eléctricas y sus diferentes topologías.

Mejorar el rendimiento del equipo de laboratorio evitando los cortes de energía, descargas que provoquen mal funcionamiento o la interrupción o suspensión de las prácticas de los laboratorios.

Terminar con las prácticas de los laboratorios que quedan inconclusas debido a las fallas o cortes de energía que al termino de esta tesis se siguen teniendo en los laboratorios con la justificación de que se le esta dando mantenimiento a la línea de alimentación.

## JUSTIFICACIÓN

Durante mi estancia en los laboratorios de electrónica y en general en todo el tiempo que pase por los diferentes laboratorios del edificio L3 hubo complicaciones y retrasos de las prácticas principalmente por la falta de energía eléctrica, fallas en el suministro eléctrico o cortes de la misma.

Principalmente en época de lluvias los registros donde se encuentran el cableado se mojaba y hacían corto y para repararlo tardaban mínimo un día y hubo unas ocasiones en que tardaron hasta semanas en las que no solo yo sino muchos de mis compañeros perdieron prácticas.

Debido a esto, las prácticas quedaban inconclusas, se alargaba el tiempo de laboratorio, se tenía que reprogramar la práctica para otro día o en el peor de los casos no se terminaba con el temario y se evaluaban con las prácticas vistas; es por esto que se hace la propuesta de adquirir un sistema de alimentación ininterrumpida para que los alumnos no sigan retrasando, interrumpiendo o perdiendo su tiempo de practica debido a la ausencia de energía para conectar el equipo de laboratorio (Generador, Fuente y/u Osciloscopio) y no realizar sus pruebas de laboratorio.

Principalmente para los alumnos que cursan el laboratorio de Dispositivos Electrónicos es muy importante la realización de sus pruebas porque es donde se les enseña el uso y manejo de la fuente, el generador, el osciloscopio y el multímetro y en caso de que pierdan o retrasen sus prácticas debido a la falta de energía les puede llevar a el mal uso, la falta de experiencia en el manejo del equipo y en próximas asignaturas les sea difícil manejar un equipo mas complejo y no sepan prevenir errores o accidentes en futuras prácticas.

# **CAPITULO**

# **1**

# **DEFINICION**

# **DE UN UPS –**

# **SAI**

### 1.1 ¿QUE ES UN UPS -SAI?

Un Sistema de Alimentación Ininterrumpible o Uninterruptible Power Supply (por sus siglas en ingles), es un equipo cuya función principal es evitar una interrupción de voltaje en la carga, aún cuando no haya suministro en la red. Para tal efecto incorporan baterías, cargador de baterías e inversor, la finalidad de este último, es convertir la corriente directa procedente de las pilas, en corriente alterna, de iguales características que la red, pero exenta de los problemas de ruidos y variaciones que la afectan. Las prestaciones más generales que deben aportar dichos equipos son: aislar la carga que se alimenta de la red, estabilizar el voltaje y la frecuencia de salida, evitar picos y efectos parásitos de la red eléctrica. Almacenar energía en las baterías, las cuales la suministrarán por un periodo fijo de tiempo, cuando haya un corte de corriente.

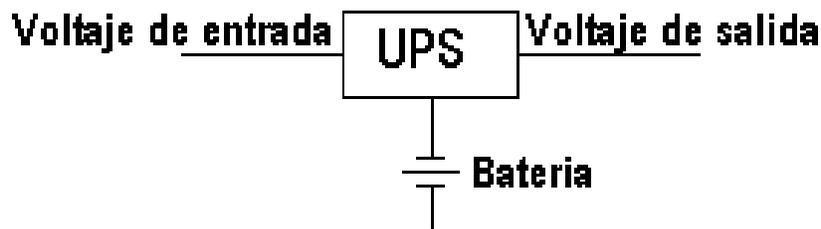


FIGURA 1.1 Diagrama a bloques de un UPS (SAI)

En la figura 1.1, observamos el voltaje de alimentación del SAI y la Batería, ambas son las dos fuentes de energía para la salida del SAI. El SAI tomará energía de la batería en caso de que haya ausencia del voltaje de entrada y de esta manera se podrá seguir dando voltaje a la Carga. La Carga esta constituida por los aparatos a ser alimentados por el voltaje de salida del SAI y de los cuales no deseamos se interrumpa la energía.

### 1.2 ¿CÓMO TRABAJA UN SAI?

Un sistema de alimentación ininterrumpible (SAI) es un dispositivo conectado entre la fuente de energía y una carga para asegurarse de que el flujo eléctrico no está interrumpido. Los dispositivos de la SAI utilizan las baterías para proteger la carga y poder funcionar por un período del tiempo después de un apagón. No debe ser confundido con los generadores por que no proporcionan la protección contra una interrupción momentánea de la energía, o que pueden dar lugar a una interrupción momentánea de la energía cuando se cambian en servicio, ya sea manualmente o automáticamente. Los dispositivos de la SAI proporcionan generalmente la

protección contra las oleadas de la energía, las caídas de voltaje de larga duración y la línea ruido también.

Estos son algunos de los nombres más comunes que reciben este tipo de equipos:

UPS: Son las iniciales en inglés, "Uninterruptible Power Supply"  
No Break: Que significa sin interrupción  
SFI: Por Sistema de Fuerza Ininterrumpible  
SAI: Por Sistema de Alimentación Ininterrumpible

Algunos ejemplos en lo cuales puede utilizarse un SAI son:

- Computadoras
- Equipo médico
- Equipo de Telecomunicaciones
- Conmutadores telefónicos
- Cajeros automáticos de Bancos
- Equipos de radar en aeropuertos
- Sistemas contra incendios
- etc.

### El Inversor

Del diagrama a bloques observamos que en caso de ausencia de voltaje a la entrada del SAI, este toma energía de la batería y sigue alimentando la carga. Pero la batería es de corriente directa y en la carga necesita ser corriente alterna. Es aquí donde toma importancia un elemento que se encuentra en todo tipo de SAI y este es el inversor. El inversor se encarga de tomar la corriente directa de la batería y la convierte en corriente alterna para alimentar la carga. Esta corriente alterna obviamente tiene que ser de 127 volts y una frecuencia de 60 Hz.

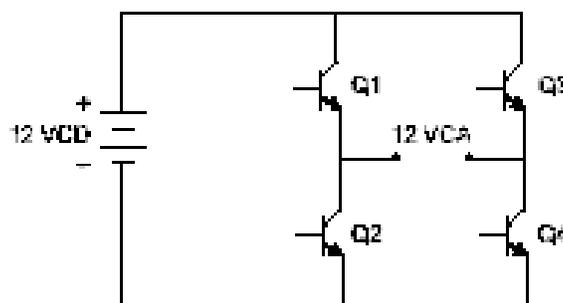
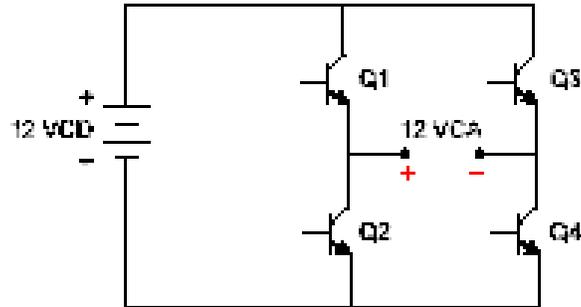


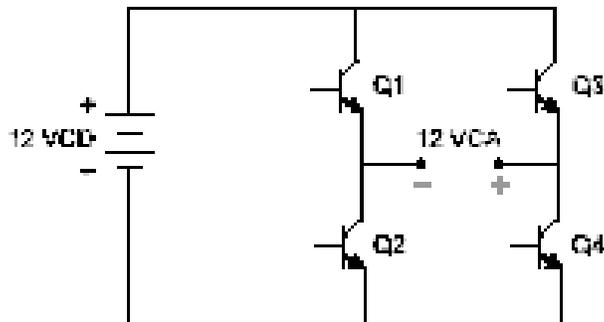
FIGURA 1.2 Puente inversor con cuatro transistores

En el diagrama 1.2 observamos que hay cuatro transistores bipolares en configuración de Puente Inversor. Cuando se encienden los transistores Q<sub>1</sub> y Q<sub>4</sub> simultáneamente el voltaje en os terminales de salida es +/-



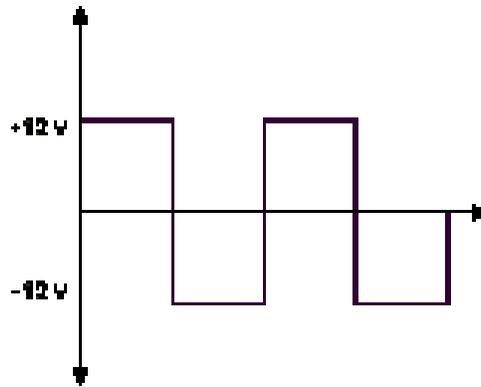
**FIGURA 1.3** Puente inversor con T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> encendidos

Ahora si apagamos los transistores Q<sub>1</sub> y Q<sub>4</sub> y encendemos Q<sub>2</sub> y Q<sub>3</sub>, logramos que el voltaje en terminales de salida sea -/+. Es así como se logra la alternancia en polaridades. Si este cambio de polaridad se efectúa 60 veces por segundo, estaremos generando un voltaje de 12v de corriente alterna a 60Hz.



**FIGURA 1.4** Puente inversor con T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> encendido

De tal manera que la forma de onda del voltaje generado sería:



**FIGURA 1.5** Forma de onda de un puente inversor

Las señales de disparo de los transistores pueden ser generadas a partir de un circuito inversor de 60 Hz. De tal manera que en el circuito positivo se mande encender los transistores Q<sub>1</sub> y Q<sub>4</sub> y cuando la señal sea cero, se encienden los transistores Q<sub>2</sub> y Q<sub>3</sub>.

Este voltaje generado de 127 volts CA. si lo alimentamos a un transformador de 12:127, nos daría en secundario del transformador 127 volts CA.

La forma de onda cuadrada generada de ejemplo, no es recomendada para usarse en equipo electrónico ya que puede provocar calentamiento excesivo a los componentes de ciertos equipos y su correspondiente daño prematuro. Para equipo electrónico o de cómputo, es mejor utilizar la forma de onda "cuasi senoidal" o la forma senoidal, las cuales abordaremos más a fondo cuando hablemos específicamente del inversor.

### **1.3 COMPONENTES PRINCIPALES POR LOS CUALES ESTA CONSTITUIDO UN SAI**

#### **Rectificador**

Este es el encargado de convertir la corriente alterna de la línea en corriente directa para a su vez cargar la batería. Las interrupciones de energía afectan solamente el proceso de carga de la batería porque ésta está siendo cargada por el rectificador.

#### **Batería**

Almacena la energía para el uso cuando se interrumpe la fuente de energía, y determina la longitud del tiempo que la SAI apoyará el equipo.

#### **Inversor**

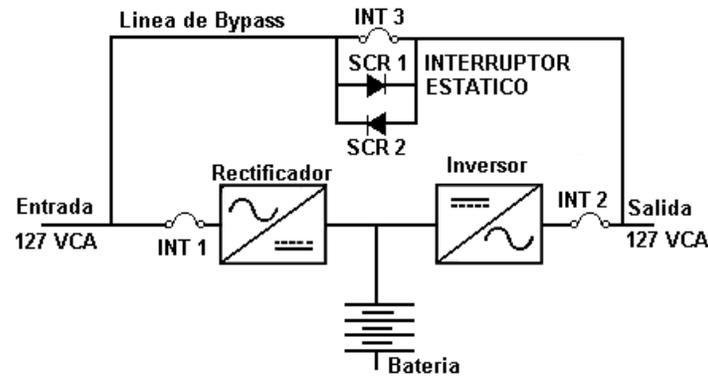
Convierte la potencia CD de la batería en CA para el equipo. El inversor provee energía continua al equipo apenas mientras que la batería proporciona energía ininterrumpida al inversor. El funcionamiento de una SAI se especifica en términos de VA. Generalmente para las PC requiere una potencia de 500VA y proporciona la reserva de la batería por alrededor 15 minutos. Los sistemas interrumpidos del sistema de alimentación se pueden clasificar en tres categorías: fuera de línea, fuera de línea con regulación de voltaje y en línea.

### **1.4 TIPOS DE TOPOLOGIAS EN UN SAI**

Existen diversos tipos de Topología de SAI y cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas, es necesario conocerlas si deseamos aprender a reparar un SAI ó si deseamos tener los suficientes conocimientos para seleccionar el equipo más adecuado para nuestras necesidades. A continuación enumeraremos cada una de estas topologías y daremos una amplia definición sobre cada una de ellas.

#### **ON-LINE (EN LÍNEA)**

Este tipo de equipos es llamado "En Línea" debido a que el Inversor se encuentra dentro de la línea principal de energía ya que siempre se encuentra operando. Esta tecnología es la más cara de todas pero es la que ofrece el mayor nivel de protección. A continuación el diagrama a bloques:



**FIGURA 1.6** Diagrama a bloques de un UPS On Line

Esta topología es muy diferente a las anteriores. El voltaje de Entrada pasa por medio del Interruptor “INT1” al primer bloque que es el rectificador.

**Rectificador.-** El Rectificador del SAI On Line consiste de la etapa de rectificación con SCR generalmente con el objeto de poder variar el ángulo de disparo de los SCR y de esta manera poder regular el voltaje de CD a obtener a la salida, obviamente después de ser rectificado el voltaje de entrada se filtra con capacitores para obtener un voltaje continuo y regulado. El voltaje regulado de corriente directa obtenido en el rectificador, tiene dos objetivos:

El primero es mantener las baterías en flotación e incluso recargarlas después de un corte de energía.

El segundo es alimentar al Inversor para que este a su vez convierta la corriente directa del rectificador en corriente alterna.

**OPERACIÓN MODO NORMAL:** En el Modo Normal, “INT1” está cerrado alimentando el Rectificador, éste a su vez proporciona un voltaje de CD Regulado para alimentar el Inversor y a su vez mantener las Baterías en flotación. El voltaje del Rectificador es convertido por el Inversor en un voltaje de Corriente Alterna Regulado en Voltaje y en Frecuencia para por medio de “INT2” alimentar la carga. En este instante el “INT3” está abierto y el “Interruptor Estático” está apagado. Como podemos observar, el voltaje de la Línea Comercial es descompuesto al ser convertido en Corriente Directa y cualquier variación de Voltaje, Frecuencia, Pico de Voltaje, etc. es eliminado durante la conversión a Corriente Directa.

El Inversor a partir de esta Corriente Directa genera una nueva señal de voltaje de 127 Volts C. la cual es totalmente diferente a la que entró al SAI de la Línea

Comercial y es por eso que aún y cuando haya en la entrada todo tipo de problemas de variación de voltaje ó picos de voltaje, en la salida no se verán reflejados porque el voltaje de salida es un voltaje nuevo creado por el Inversor. En el diagrama siguiente podemos observar la trayectoria de la corriente, la línea más gruesa representa el camino por el cual circula la corriente hacia la carga y la línea más delgada representa la corriente de flotación para mantener cargadas las baterías.

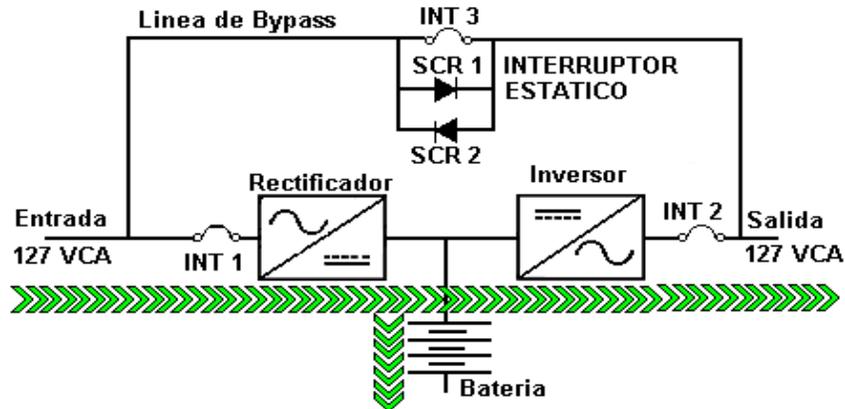


FIGURA 1.7

**MODO BATERÍAS:** Cuando el voltaje a la entrada del rectificador es lo suficientemente alto ó bajo como para que ya no pueda seguir entregando un voltaje de CD regulado, el Rectificador se apaga pero están conectadas en paralelo las baterías y el Inversor sólo detecta cuando el voltaje baja ya que está operando ahora la batería; sin embargo esa variación de voltaje no importa ya que el Inversor regula el voltaje y en la carga el voltaje permanece sin variación e incluso no hay ningún instante en el que se interrumpa el voltaje como sucede en la topología Off-Line. Si el corte de energía se prolonga tanto de tal manera que las baterías se descarguen completamente, entonces el SAI se apaga al no tener ya manera de seguir alimentando la carga.

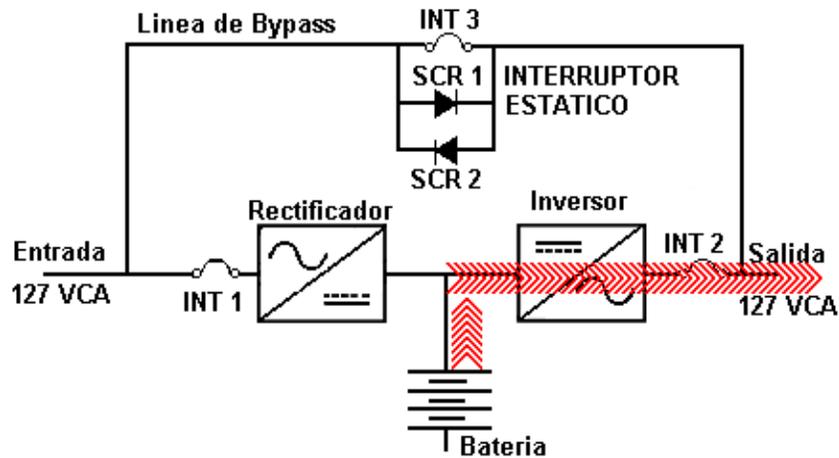


FIGURA 1.8

Si antes de que se terminen las baterías, el voltaje de entrada del Rectificador vuelve a la normalidad; entonces el Rectificador enciende y alimenta nuevamente el Inversor y a la vez comienza a recargar las baterías. Este cambio de operación Baterías a operación Normal también es transparente para la carga y permanece en todo momento alimentado sin interrupción alguna.

En el diagrama anterior se puede observar el camino de la corriente desde las baterías pasando por el Inversor y hacia la carga, el rectificador se representa en color gris para hacer notar que está apagado

**MODO BYPASS:** Existe la posibilidad de que por algún motivo el Inversor no pueda seguir alimentando la carga, las principales razones son las siguientes:

- Hay un daño en el Inversor
- Hay una sobrecarga en el Inversor
- Hay sobre temperatura en el equipo
- Hay un daño en la lógica del equipo

Por tal motivo, el UPS On-Line incorpora lo que se llama la línea de Bypass que no es más que una forma de alimentar la carga con la Línea Comercial. Cuando el UPS está en Bypass el "INT2" se encuentra abierto para desconectar el Inversor de la carga, el "INT3" está cerrado para alimentar la carga directamente de la Línea Comercial. Cuando la lógica detecta que por alguno de los motivos mencionados anteriormente el Inversor no puede seguir alimentando la carga, ejecuta una transferencia de la carga a Bypass de la manera siguiente:

- Manda encender el Switch Estático el cual consiste en dos SCR en paralelo inverso para poder conducir CA.
- Manda cerrar INT<sub>3</sub> el cual consiste en un interruptor operado por Motor.
- Manda apagar el Switch Estático.
- Manda abrir INT<sub>2</sub> que también consiste en un interruptor operado por Motor.

Ahora la carga está soportada por la Línea Comercial a través de INT<sub>3</sub> y no a través del Inversor.

Es importante hacer notar que cuando se transfiere a Bypass en un instante quedan en paralelo Inversor y Línea Comercial eso para evitar desconectar el voltaje a la carga. Además hay que notar que siempre va a haber sólo un interruptor cerrado al mismo tiempo INT<sub>2</sub> ó INT<sub>3</sub> con excepción de cuando se hace una transferencia. Cuando se requiere transferir a Bypass se necesita una gran velocidad y por ello se utiliza el Interruptor Estático el cual al ser electrónico es de muy alta velocidad.

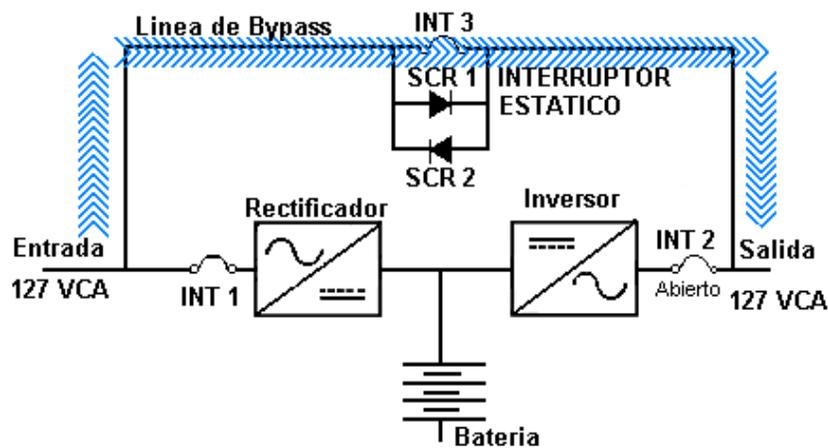


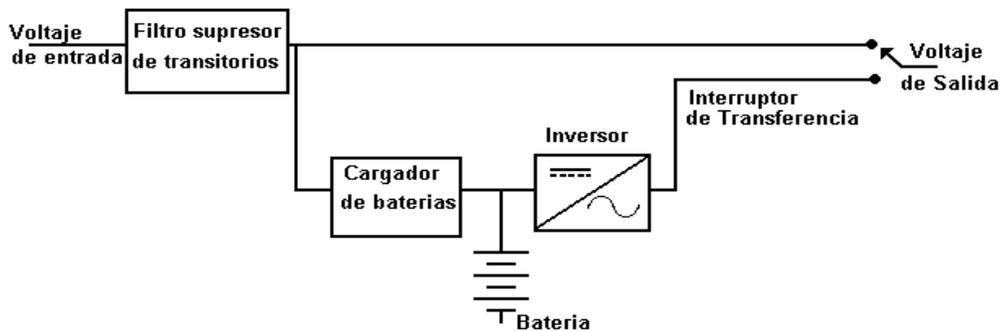
FIGURA 1.9 SAI en modo bypass

En el diagrama anterior se puede observar la trayectoria de la corriente en Modo Bypass, el Rectificador y el Inversor pueden o no estar encendidos. Cuando el SAI está en el modo Bypass, no hay protección alguna para la carga. El modo Bypass lo utiliza el SAI para evitar al máximo que el voltaje se vea interrumpido en la carga, por tal razón inmediatamente manda una alarma para alertar que se está en modo Bypass y que la carga esta desprotegida incluso si hay corte de energía no habrá protección de Baterías en virtud de que la carga no está por el Inversor.

## OFF LINE (FUERA DE LÍNEA) Ó STAND-BY

Se le llama Off-Line porque el Inversor se encuentra fuera del camino principal de la corriente, y se le llama Stand-By porque el Inversor se encuentra apagado "en espera" de que sea requerido para encender.

El UPS Off-Line es el tipo de UPS más económico ya que integra muy pocos componentes, el nivel de protección obtenido con este tipo de equipos también es muy limitado pero en general es muy adecuado para la protección de una computadora en el hogar.



**FIGURA 1.10** Diagrama a bloques de un UPS off-line

Componentes de un UPS off-line:

**Filtro y Supresor de Transitorios:** El Filtro de Línea reduce las variaciones transitorias de voltaje debidas al encendido y apagado de ciertos aparatos como por ejemplo motores eléctricos, además reduce el ruido eléctrico que viene con el voltaje de alimentación del SAI para que aparezca en niveles más seguros en la carga. Cabe hacer la aclaración que el filtro de línea sólo reduce problemas de variación de voltaje que son de tiempo muy corto; por el rango de los milisegundos y nanosegundos. No es su función regular el voltaje. El filtro de línea consiste en bobinas las cuales rechazan voltajes de alta frecuencia y capacitores conectados a tierra para que cualquier alta frecuencia sea drenada a tierra.

El Supresor de Transitorios lo que hace es recortar los picos de voltaje que aparecen en la línea a niveles más seguros. Un Transitorio de voltaje usualmente anda por el orden de los milisegundos a los nanosegundos y en valor, puede alcanzar desde los

200 hasta varios miles de volts. Esta etapa consiste generalmente en la utilización de los llamados Varistores de Oxido Metálico (MOV). Al Supresor de Picos se le llama comúnmente TVSS que significa Supresor de Voltaje Transitorio por sus siglas en inglés (Transient Voltage Surge Suppressor). El nivel de protección del filtro de Entrada de este tipo de equipos es limitado.

La Batería: La batería es uno de los componentes más importantes en un SAI, es la que va a hacer posible que nuestra computadora continúe encendida aún y cuando haya un corte de energía. La mayoría de las baterías utilizadas en los SAI son del tipo Selladas ó tipo Gel.

Una batería sellada funciona de la misma manera que una de auto, consiste en placas de Plomo y Antimonio sumergidas en un electrolito que en este caso es ácido sulfúrico. La batería tiene un voltaje de 2.0 volts por cada celda y si es una batería de 6 celdas, entonces es de 12 volts.

Cuando la batería está desconectada y medimos su voltaje con un multímetro, veremos dicho valor de 12 volts. Sin embargo la batería tiene una corriente de fuga entre las placas de tal manera que su valor con el paso de las horas va a ir disminuyendo y entonces cuando requiramos utilizarla, no nos dará el tiempo suficiente ya que no está cargada al 100%. Por tal razón requerimos aplicarle un voltaje llamado de flotación y es para baterías tipo Gel ó selladas de 2.25 VPC (Volts Por Celda) así es que para nuestra batería de 12 volts, requerimos aplicarle un voltaje de 13.50 volts de manera constante para asegurar que siempre la batería esté cargada.

Una vez que empezamos a tomar corriente de la batería, su valor de voltaje irá bajando con cierta rapidez desde los 13.50 volts hasta llegar al valor de voltaje nominal que es de 12.0 volts y entonces el valor permanecerá casi constante; cuando el tiempo de respaldo de la batería vaya terminando, el voltaje irá bajando de los 12 volts lentamente hasta llegar a los 1.75 voltaje pico que para este caso de batería de 12 volts, serían 10.50 volts. Si seguimos descargando la batería, llegará un momento en que el voltaje bajará rápidamente e incluso los fabricantes recomiendan que no se descargue la batería a menos de este valor ya que se corre peligro que la batería no se pueda recargar nuevamente y por consiguiente la batería está dañada y hay que reemplazarla. En resumen el voltaje de la batería inicia en 2.25 volts pico (batería cargada al 100%) y termina en 1.75 volts pico (batería totalmente descargada).

Físicamente la batería es un vaso ó cubierta de plástico donde se pueden observar las 6 válvulas en el caso de una batería de 12 volts y 3 válvulas en el caso de baterías de 6 volts; además se puede observar las dos terminales de voltaje, una de ellas marcada con color rojo ó con un símbolo (+) y la otra marcada con color negro ó un símbolo (-).

El Cargador de Baterías.- El cargador de baterías es una fuente de voltaje que tendrá dos funciones:

- 1.- Dar a la batería el voltaje de flotación necesario para asegurar que la batería está cargada al 100%.
- 2.- Recargar la batería después que fue utilizada al haber un corte de energía. Es decir, al regresar la energía comercial, el cargador de baterías aplicará el mismo voltaje de flotación y la batería se empezará a recargar; una vez que la batería esté recargada completamente la corriente que fluya del cargador de baterías hacia la batería será mínima.

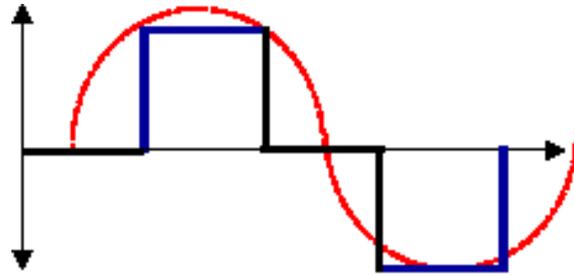
Hay otros tipos de cargadores muy utilizados en la actualidad que no siempre están dando voltaje a la batería sino que están encendiendo y apagando a intervalos y de esta manera logran aumentar la vida útil de la batería. Físicamente el cargador de Baterías consiste en un devanado adicional del transformador de Salida además de un puente de diodos para convertir la CA en CD y un Mosfet el cual conecta y desconecta la "Carga" a las baterías y esto comandado por la tarjeta de Control. El Mosfet generalmente tiene disipador de calor.

El Inversor.- El Inversor se representa por un bloque donde le entra Corriente Directa y sale Corriente Alterna:



**FIGURA 1.11** Representacion de un inversor

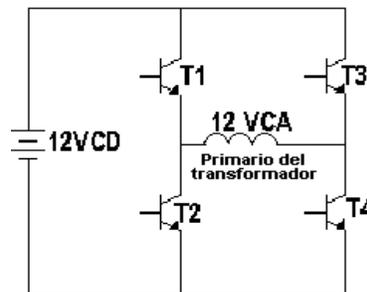
La conversión de Corriente Directa a Corriente Alterna se realiza mediante el "switching" de 4 transistores en configuración tipo Puente Inversor. La forma de Onda que se utiliza en un SAI del tipo Off-Line es la cuasi senoidal y es de la siguiente forma:



**FIGURA 1.12** Forma de onda de un SAI tipo off-line

La forma de onda Cuasi senoidal es la de color más oscuro y se antepuso una senoidal para que se puedan comparar ambas ondas. Esta forma de onda es recomendada para equipo electrónico y de cómputo aunque si el equipo es muy delicado por ejemplo para equipos PLC se recomienda que la forma de onda del inversor sea Senoidal

Como este tipo de SAI es económico, se utiliza siempre la Forma de Onda Cuasi senoidal.



**FIGURA 1.13**

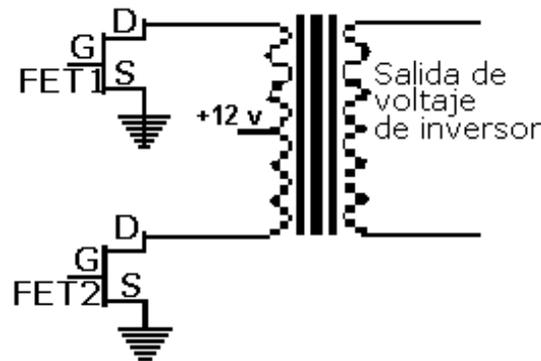
Recordando el diagrama del Inversor, para generar el semiciclo positivo de la onda, se tiene que mandar encender el transistor T1 y T4, después hay un tiempo en que no hay voltaje (aprox. 4 mseg.) Y en este caso los 4 transistores se encuentran apagados. Después generamos el semiciclo negativo encendiendo los transistores T2 y T3 y otra vez requerimos apagarlos para obtener un tiempo de voltaje cero.

Si generamos el semiciclo positivo durante 4 mseg. después 4 mseg. de voltaje cero, después 4 mseg. de voltaje negativo y finalmente 4 mseg. de voltaje cero; esta es la descripción de un ciclo en una forma de onda a 60Hz.

Para obtener un voltaje de 127 volts del inversor, basta con alimentar la onda obtenida a un transformador elevador (en el diagrama se representa sólo el primario de dicho transformador). El Voltaje de Pico de la señal obtenida deberá ser de 127 volts por 1.41 que es la raíz cuadrada del número dos. Es decir que para obtener 127 volts a la salida el pico de la señal obtenida deberá ser de  $\pm 170$  volts.

En equipos más sofisticados, se regula el voltaje del inversor ya que el voltaje puede variar al estar bajando el voltaje de la batería y esto se logra aumentando un poco el ancho de los pulsos de voltaje y disminuyendo de la misma manera el ancho de los pulsos de voltaje cero para conservar el mismo tiempo de 16.6 mseg. Por cada ciclo a 60Hz.

Hay además otros diseños más sencillos de Inversor donde se utilizan tan solo dos transistores incorporando un transformador.



**FIGURA 1.14** Inversor simple

En el diagrama anterior, si encendemos FET1, se hace pasar corriente en un sentido en el primario del transformador, y si encendemos FET2, hacemos pasar la corriente en el sentido contrario. De esta manera se consigue obtener la corriente Alterna en el secundario del transformador y con sólo dos transistores.

Para este tipo de equipos, el Inversor generalmente incorpora MOSFET's ya que son más eficientes, es decir que producen menos calor. Si se necesita obtener más

potencia de un Inversor, es práctica muy común que cada Mosfet en realidad consista de dos, tres, ó hasta 10 ó mas MOSFET's en paralelo para poder manejar más corriente. El Inversor lo podemos identificar en un SAI porque consiste de varios transistores ó MOSFET's montados con su disipador de calor de grandes dimensiones ya que el Inversor es el elemento que genera más calor en el SAI. En ocasiones se incorpora un ventilador para ayudar al enfriamiento del Inversor.

El Interruptor de Transferencia.- Cuando hay un corte de energía ó el voltaje es muy alto ó muy bajo a niveles inadecuados para seguir operando la carga, requerimos desconectar el voltaje de Entrada que en este momento va hacia la carga y ahora requerimos encender el Inversor y rápidamente conmutar el voltaje de Inversor a la carga. Esto tiene que ser muy rápido para que la carga no se dé cuenta que el voltaje se interrumpió, esta es la función del interruptor de transferencia que generalmente es un relevador; el tiempo de transferencia típicamente es de 4 mseg.

Pero en ocasiones dependiendo del fabricante puede ser hasta de 10 mseg.; Estos valores de tiempo de transferencia se consideran adecuados para la mayoría de las cargas electrónicas. Sin embargo hay cargas muy delicadas que aún un tiempo tan corto de interrupción puede hacer que operen incorrectamente por lo que este tipo de SAI no es adecuado para este tipo de cargas.

FUNCIONAMIENTO MODO NORMAL: En el modo Normal de operación, el voltaje de alimentación es de un nivel tal que no hay necesidad que entre el Inversor a funcionar; por lo tanto el voltaje de Entrada pasa por el filtro y después energiza la carga a través del interruptor de Transferencia el cual está Normalmente cerrado tomando en cuenta que es un relevador.

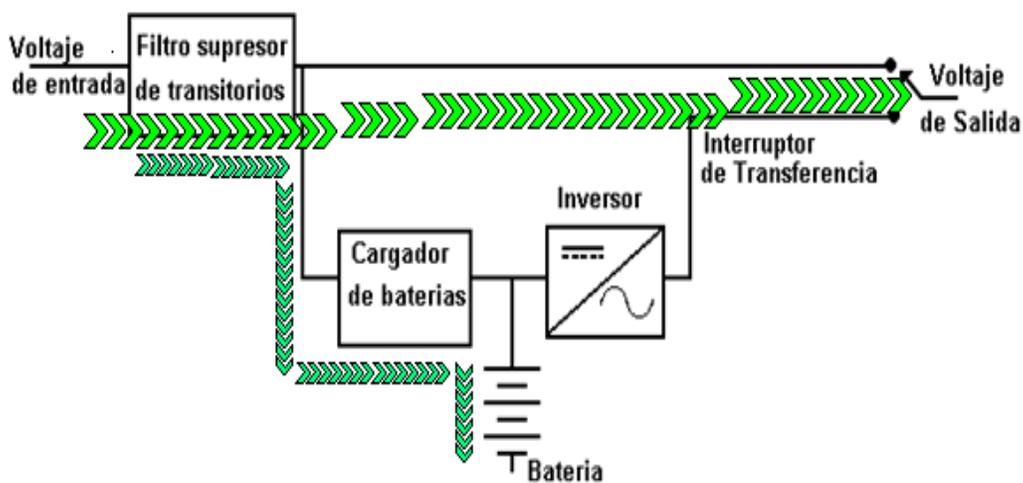
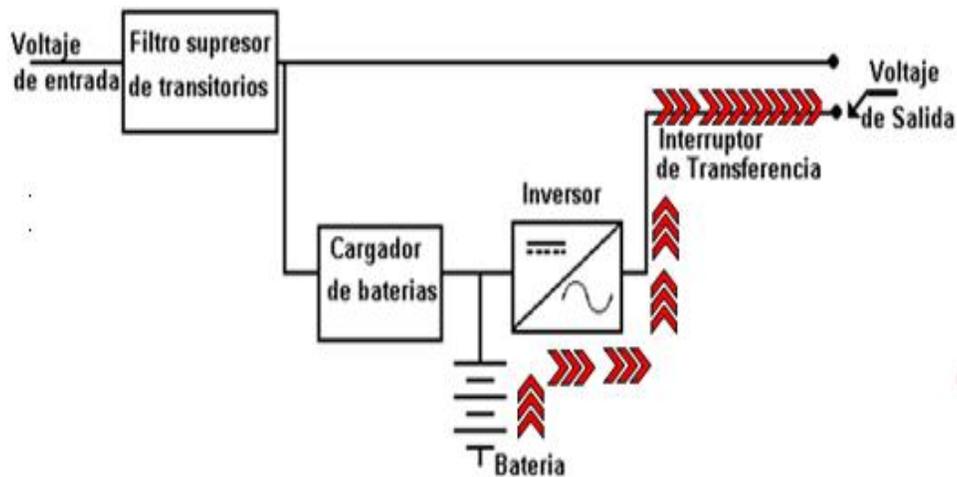


FIGURA 1.15

La corriente fluye desde la Entrada y hacia la carga y una pequeña cantidad de corriente es rectificadora por el cargador de baterías y utilizada para mantener la batería en "flotación". El Inversor se encuentra apagado (en stand-by).

**MODO BATERIAS:** Cuando el voltaje de alimentación del UPS se sale de la ventana predeterminada de operación, el SAI se va a Modo Baterías. El voltaje de Entrada tiene una ventana "aceptable de operación" que suele ser de un  $\pm 15\%$  aproximadamente, esta ventana se escoge tomando en cuenta que voltaje es adecuado para alimentar la carga. Siendo el voltaje nominal de 127 volts, la ventana iría desde 102 volts y hasta 138 volts, dentro de este rango de voltaje, el SAI entregará ese mismo voltaje a la salida solamente acondicionado por el Filtro. Si el voltaje de Entrada es menor a 102 volts ó mayor a 138 volts, entonces el Control del SAI enciende inmediatamente el Inversor al mismo tiempo que manda energizar el relevador de transferencia, cuando el relevador conmuta el Inversor ya está encendido y listo para energizar la carga. Es importante hacer notar que el voltaje del Inversor es regulado y entrega un voltaje de 127 VCA  $\pm 3\%$  a 60.0 Hz (la frecuencia controlada por cristal) aún y cuando inicialmente el voltaje de baterías inicia en unos 14.0 volts y cuando la batería está totalmente descargada el voltaje es de 10.5 volts. (Esto para en caso de que la batería del SAI sea solamente una de 12 volts).



**FIGURA 1.16**

**REGRESO A OPERACION NORMAL:** Una vez que el voltaje regresa a los límites permitidos, interruptor de transferencia ó relevador de transferencia se desenergiza y el SAI regresa a operación Normal donde la carga es nuevamente alimentada por el

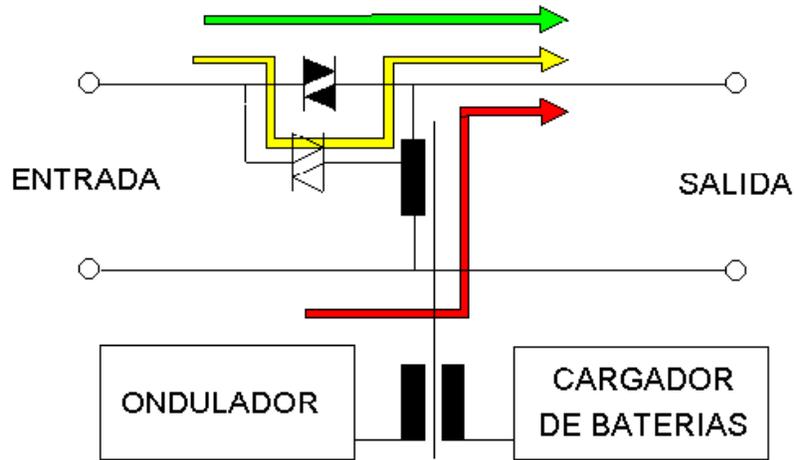
voltaje de Entrada. El Inversor se apaga al mismo tiempo y la batería se comienza a recargar hasta que llegue nuevamente a su estado de cargada al 100%. El tiempo que tarde en recargarse al 100% la batería depende del tiempo que el equipo duró en baterías y generalmente es de 10 veces el tiempo que duró la descarga, es decir que si el SAI estuvo por 5 minutos en baterías la batería estará casi totalmente recargada en unos 50 minutos. Esto varía un poco dependiendo del fabricante del SAI.

## **VARIANTES OFF-LINE**

Tal y como se ha comentado anteriormente, pese a que la topología OFF-LINE, es mucho más económica que la ON-LINE, sus prestaciones y características, distan de ser las necesarias para realizar una efectiva protección de sistemas informáticos o críticos, sobre todo en lugares problemáticos, desde un punto de vista de suministro eléctrico, es por ello, que se van introduciendo variantes a la estructura básica OFF-LINE, a fin de mejorar sus características técnicas y por tanto prestaciones, intentándolas acercar al ON-LINE a costo de OFF-LINE. Las técnicas actuales, para reducir los tiempos de transferencia, mantienen al ondulator en funcionamiento, aún en condiciones de red correcta, a fin de intervenir rápidamente cuando falla ésta, existen fabricantes que nombran a esta estrategia con nombres vistosos comercialmente, como "interactive" etc. pero no representan ninguna ventaja, puesto que la estrategia es muy común y extensamente utilizada.

### **Boost**

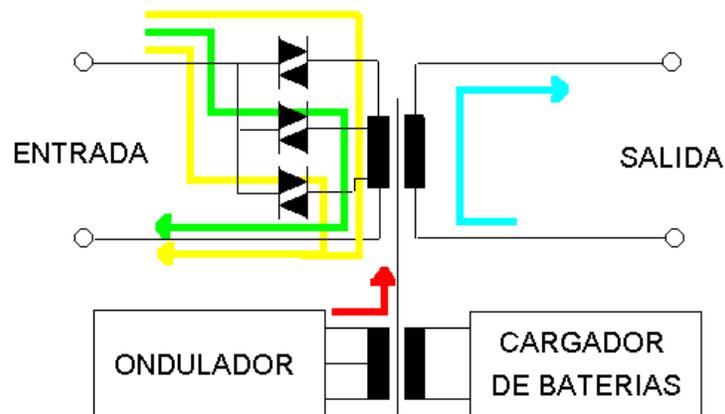
Consiste en ampliar el margen de trabajo en modo red, con el fin de que la batería se utilice más tarde, en cuanto a límite de tensión de red se refiere, de lo que sería en un OFF-LINE convencional, donde normalmente se interviene entre 180-190V de red (según fabricantes), momento en que el SAI, considera a ésta baja. Un equipo OFF-LINE boost, aporta un auto transformador, que es activado, al detectar la red baja (180-190V), elevando éste la tensión de red un porcentaje tal, que permite a la salida situarse de nuevo sobre los 220V nominales. Se consigue en definitiva una elevación o "estabilización" en red baja y por tanto retrasando hasta unos 165-175V la intervención del ondulator. La aplicación es útil en zonas donde hay usualmente bajas tensiones de red, sin embargo se mantiene la limitación típica de los OFF-LINE, protección básicamente frente cortes de red.



**FIGURA 1.17**

### Estabilizador

En la vía de red, se intercala un estabilizador, de modo que la tensión de salida, proveniente de la red, es estabilizada un cierto porcentaje, tanto por exceso como por defecto, reduciendo pues, la variación de tensión proveniente de red, previa los límites de intervención del ondulator. Si al estabilizador, se le dota de un transformador separador o de aislamiento, dispondremos del equivalente en prestaciones, más próximo de una topología ON-LINE



**FIGURA 1.18**

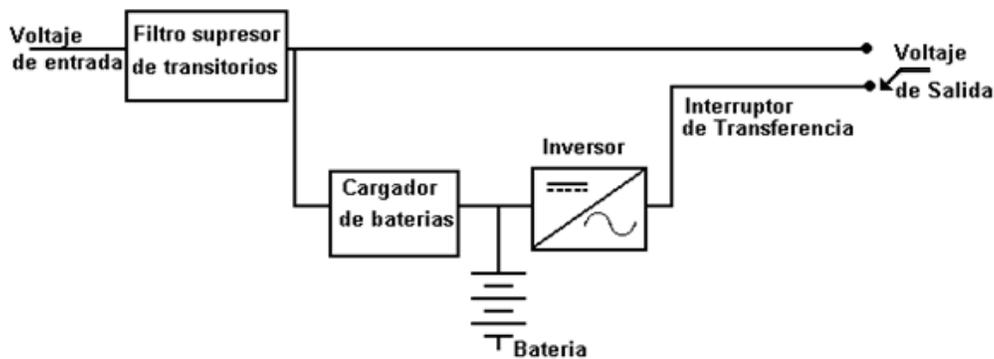
A continuación listamos las ventajas y desventajas del SAI Off-Line:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es muy económico</li> <li>- Consume muy poca energía</li> <li>- Es ligero</li> <li>- Es el mas adecuado para el usuario personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No tiene regulación de voltaje</li> <li>- No tiene regulación de frecuencia</li> <li>- La protección a la carga es limitada</li> <li>- La vida de la batería es corta (de 2 a 4 años)</li> <li>- Hay una interrupción en el voltaje de 4 a 10 milisegundos cuando se va a baterías.</li> <li>- La forma de onda cuasi senoidal no es compatible para todo tipo de cargas</li> </ul>

**STAND-BY (ESPERA) CON REGULACIÓN DE VOLTAJE.**

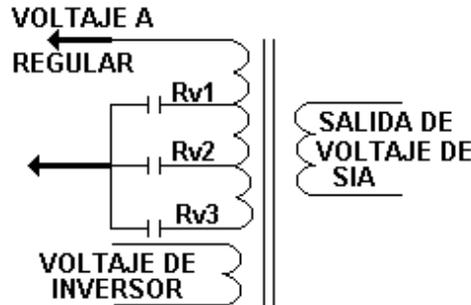
Este tipo de equipos es muy similar al Stand-By pero con la característica adicional de que incorpora además una etapa de regulación de voltaje por lo que se obtienen dos ventajas:

- A) Se alimenta a la carga un voltaje regulado por lo que está más protegida
- B) El rango de voltaje de Entrada que acepta el SAI sin ir a baterías es mayor



**FIGURA 1.19** SAI Stand-By con regulación de voltaje.

Si comparamos el diagrama anterior observaremos que es muy similar al SAI Stand-By y la única diferencia es la etapa de regulación de voltaje. Dicha etapa consiste en un transformador con varios “taps” de entrada y uno de salida de la siguiente forma:



**FIGURA 1.20**

Como se puede observar, el transformador tiene dos devanados primarios, uno con taps para realizar la regulación de voltaje y el otro primario es el que se va a alimentar con el voltaje de Inversor para elevarlo y obtener los 127 VCA.

Refiriéndonos a la regulación de voltaje, existe un común en la alimentación que va conectado al neutro de entrada y después tenemos los tres “taps” del transformador cada uno de los cuales está alimentado por el contacto normalmente abierto de un relevador. Aquí para la explicación utilizamos relevadores pero también se pueden utilizar Triacs en lugar de los relevadores. Si cerramos el contacto del relevador  $Rv_2$ , la relación de vueltas entre primario y secundario es de 1 lo que quiere decir que el voltaje que entra es el mismo que obtendremos a la salida. Si cerramos el relevador  $Rv_3$ , la relación ahora es menor a 1 de tal manera que el voltaje de salida será menor al de entrada. Finalmente si cerramos el relevador  $Rv_1$  la relación de vueltas ahora es un poco mayor a 1 y el voltaje de salida será un poco mayor que el de entrada.

Obviamente sólo un relevador puede estar energizado al mismo tiempo. Si el voltaje de Entrada está en niveles desde 115 hasta 125 volts (valores de ejemplo) se considera que el voltaje es adecuado y entonces se energiza el relevador  $Rv_2$  para que el voltaje de Entrada sea igual que el de Salida. Si el voltaje de Entrada baja y llega a ser menor a 115 volts, entonces se des energiza  $Rv_2$  y se energiza  $Rv_1$  y de esta manera el voltaje de salida lo elevamos para obtener un valor más cercano a los 127 volts. Ahora si el voltaje de entrada sube hasta ser mayor a 125 volts, entonces se energiza  $Rv_3$  y el voltaje que obtenemos a la salida es menor aproximándose a los 127 volts.

De tal manera que el control está constantemente “censando” el voltaje de entrada para decidir si energizamos  $Rv_1$ ,  $Rv_2$  ó  $Rv_3$ ; el relevador que sea necesario para obtener a la salida un voltaje lo más cercano al nominal de 127 volts.

¿Qué sucede si el voltaje baja aún más que aún con el Tap más alto no podemos obtener un voltaje adecuado?

¿Qué sucede si el voltaje sube tanto que aún y con el Tap más bajo no podemos obtener un voltaje adecuado? En cualquiera de ambos casos se apagan los tres relevadores y enciende el Inversor, es decir que el SAI se va a modo de baterías.

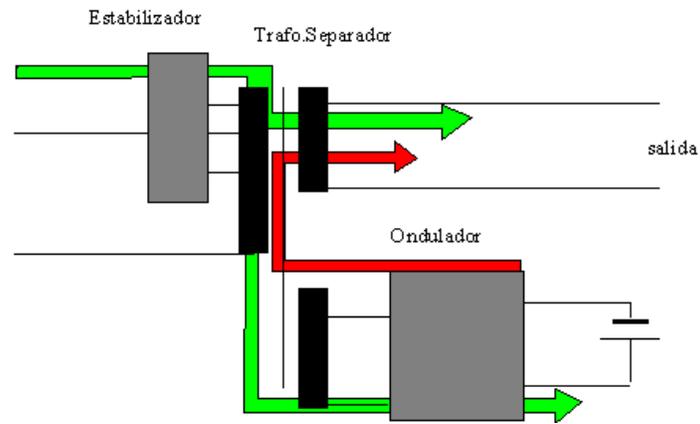
Como verán, el funcionamiento de este tipo de SAI es muy similar al anterior pero como tenemos regulación de voltaje incorporada, si varía el voltaje primero que nada lo regulamos mediante los Taps del transformador y si el voltaje se sale completamente del rango en que podemos regularlo ya sea para arriba ó para abajo, entonces entra el Inversor para seguir protegiendo la carga. Hay equipos Stand-By con regulador tan económicos que para simplificar el diseño no incorporan regulación por alto voltaje, sólo por bajo voltaje. Incluso hay equipos "Stand By" y "Stand-By con regulador" de ciertos fabricantes en los cuales el SAI no se va a baterías por alto voltaje. Es decir que estos equipos tienen protección de baterías por bajo voltaje mas no por alto voltaje; y eso es grave porque si hay una elevación en el voltaje nuestra computadora no estará protegida y pudiera dañarse.

Hay un tipo de topología que incorpora un Inversor "bidireccional" llamado Línea Interactiva, hay en realidad pocos equipos de esta tecnología en el mercado pero se ha creado un poco de confusión ya que al equipo Stand-By con regulador le llaman Línea Interactiva. Por ello cuando veamos que un fabricante le llama a su equipo Línea Interactiva, en realidad lo más seguro es que se trate de un equipo Stand-By con Regulador. Este tipo de equipos es muy popular en capacidades desde 500 VA hasta 5 KVA y realmente son buenos equipos recomendados incluso para alimentar servidores y equipo delicado. Hay incluso equipos "Línea Interactiva" (Stand-By con regulador) en los que la forma de onda del Inversor es senoidal, son un poco mas caros pero vale la pena ya que la onda senoidal es compatible con cualquier tipo de carga.

## **IN-LINE**

Es una nueva técnica, de conocimiento reciente, cuyo origen es de una firma americana, quien lo aplicó a equipos de elevada potencia, a fin de mejorar la fiabilidad y expectativas de vida. Comercialmente se utiliza como si de ON-LINE se tratara, por ello existen marcas que al ON-LINE auténtico lo nombran como "verdadero" o "doble conversión". Originariamente, si está correctamente construido, las prestaciones y características que aporta, son prácticamente de ON-LINE. El sistema se basa en utilizar un ondulador reversible, capaz tanto de generar, como de rectificar para cargar la batería. Manteniendo al ondulador en marcha y variando la tensión y la fase generada por éste, se logra cargar adecuadamente la batería. Una etapa estabilizadora en la entrada, es obligada, para mantener al ondulador en los límites tolerables de trabajo como cargador y un elaborado filtraje protegen al propio ondulador de picos de sobretensión, provenientes de la red, que

lo estropearían. Debe prestarse atención, al aislamiento eléctrico que pueda o no, incorporar el bypass.



**FIGURA 1.21**

# **CAPITULO**

## **2**

# **PILAS DE PLOMO**

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Una pila transforma la energía química en energía eléctrica; parte de esa energía química se transforma en calor (energía calorífica) y el resto en corriente eléctrica.

Se llama ordinariamente pila eléctrica a un dispositivo que genera energía eléctrica por un proceso químico transitorio, tras de lo cual cesa su actividad y han de renovarse sus elementos constituyentes, puesto que sus características resultan alteradas durante el mismo. Esta energía resulta accesible mediante dos terminales, llamados polos, electrodos o bornes. Uno de ellos es el polo positivo o ánodo y el otro es el polo negativo o cátodo.

En castellano ha venido siendo costumbre llamarla así, mientras que al dispositivo recargable o acumulador, se ha venido llamando *batería*. Tanto pila como batería son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas (en el primer caso uno encima de otro, "apilados", y en el segundo adosados lateralmente, en batería) como se sigue haciendo actualmente, para así aumentar la magnitud de los fenómenos eléctricos y poder estudiarlos sistemáticamente. De esta explicación se desprende que cualquiera de los dos nombres serviría para cualquier tipo, pero la costumbre ha fijado la distinción.

La estructura fundamental de una pila consiste en piezas de dos metales diferentes introducidas en un líquido conductor de la electricidad o electrolito.

Existen dos clases de pilas: la primaria, cuya carga no puede renovarse cuando se agota, excepto reponiendo las sustancias químicas de que está compuesta, y la secundaria, que sí es susceptible de reactivarse sometiéndola al paso más o menos prolongado de una corriente eléctrica continua, en sentido inverso a aquél en que la corriente de la pila fluye normalmente.

### **Antecedentes**

La primera pila eléctrica fue dada a conocer al mundo por Volta en 1800, mediante una carta que envió al presidente de la *Royal Society* londinense, en la cual describió dos baterías. El primer diseño se trataba de una serie de pares de discos apilados de zinc y de cobre o también de plata, (al cual se le conoció como corona de copas "Crown of Cups" debido a que consistía en un grupo de copas dispuestas en un modelo circular), separados unos de otros por trozos de cartón o de fieltro impregnados de agua o de salmuera, que medían unos 3 cm. de diámetro. Cuando se fijó una unidad de medida para la diferencia de potencial, el voltio (en honor de Volta) se pudo saber que cada uno de estos elementos suministra una tensión de 0,75 V aproximadamente, pero ninguno de estos conceptos estaba disponible

entonces. Su apilamiento conectados en serie permitía aumentar la tensión a voluntad, (otro descubrimiento de Volta). El invento constituía una novedad absoluta y gozó de un éxito inmediato y muy merecido, ya que inició la era eléctrica en que actualmente vivimos, al permitir el estudio experimental preciso de la electricidad, superando las enormes limitaciones que presentaban para ello los generadores electrostáticos, únicos disponibles con anterioridad. Otra disposición también utilizada y descrita por Volta para el aparato estaba formada por una serie de vasos con líquido (unos junto a otros, en batería), en los que se sumergían las tiras de los metales, conectando externamente un metal con otro.

En el otro diseño que presentó Volta, los metales diferentes estaban dispuestos en forma de "pila", muy parecidos a una serie de monedas en un recipiente cilíndrico, con un pedazo de papel humedecido en sal que separaba las capas de metal alternativamente. Esta fue la idea original de la moderna celda de oblea o de placas planas.

Inmediatamente empezaron a hacerse por toda Europa y América innumerables pruebas con diversos líquidos, metales y disposiciones, tratando de mejorar las características del aparato original, cosa que pocas veces se consiguió, pero que originó una infinidad de distintos tipos de pilas, de los cuales no ha quedado memoria más que de los más notables.

La pila Daniell, dada a conocer en 1836 y de la que luego se han usado ampliamente determinadas variantes constructivas, está formado por un electrodo de Zinc sumergido en una disolución de sulfato de Zinc y otro electrodo de cobre sumergido en una disolución concentrada de sulfato de cobre. Ambos electrolitos están separados por una pared porosa para evitar su reacción directa. En esta situación la tensión de disolución del zinc es mayor que la presión de los iones  $Zn^{++}$  y el electrodo se disuelve, emitiendo  $Zn^{++}$  y quedando cargado negativamente, proceso en el que se liberan electrones y que recibe el nombre de oxidación. En la disolución de sulfato de cobre, debido a su gran concentración de iones  $Cu$ , se deposita  $Cu^{++}$  sobre el electrodo de este metal que de este modo queda cargado positivamente, mediante el proceso denominado reducción, que implica la incorporación de electrones. Esta pila presenta una diferencia de potencial de entre 1,07 y 1,14 V entre sus electrodos. Su gran ventaja respecto a otras de su tiempo fue la constancia del voltaje generado, debido a la elaborada disposición, que facilita la despolarización, y a la reserva de electrolito, que permite mantener su concentración durante más tiempo.

La pila Grove (1839) utiliza como despolarizador el ácido nítrico  $NO_3H$ . Su fuerza electromotriz es de 1,9 a 2,0 V. Originariamente utilizaba platino para el ánodo, pero Cooper y Bunsen lo sustituyeron luego por carbón; el cátodo era de zinc tratado con mercurio. Fue muy apreciado por su estabilidad y su mayor energía, a pesar del gran inconveniente que representa la emisión de humos corrosivos. El mismo Grove y en

el mismo año elaboró una pila que producía energía eléctrica por medio de la recombinación de hidrógeno y de oxígeno, lo que constituye el precedente de los generadores contemporáneos conocidos como pilas de combustible.

La pila Leclanché (1868) utiliza una solución de cloruro amónico en la que se sumergen electrodos de zinc y de carbón, rodeado éste último por una pasta de dióxido de manganeso y polvo de carbón como despolarizante. Suministra una tensión de 1,5 V y su principal ventaja es que se almacena muy bien, pues el zinc no es atacado más que cuando se extrae corriente del elemento.

Este tipo de pila sirvió de base para el importante avance que constituyó la pila denominada seca, al que pertenecen prácticamente todas las utilizadas hoy. Los tipos hasta ahora descritos eran denominados húmedos, pues contenían líquidos, que no sólo hacían inconveniente su transporte, sino que solían emitir gases peligrosos y olores desagradables. Las pilas secas, en cambio, estaban formadas por un recipiente cilíndrico de zinc, que era el polo negativo, relleno de una pasta electrolítica, y por una barra de carbón en el centro (electrodo positivo), todo ello sellado para evitar fugas. Previamente se habían realizado otro tipo de pilas secas, como la de Zamboni (1812), pero eran dispositivos puramente experimentales, que no proporcionaban ninguna corriente útil. La sequedad es relativa, en primer lugar porque un elemento rigurosamente seco no suministraría electricidad alguna, de modo que lo que se encuentra en el interior de las pilas es una pasta o gel, cuya humedad se procura por todos los medios conservar, pero además porque el uso y el paso del tiempo tienden a corroer el contenedor, de modo que la pila puede verter parte de su electrolito al exterior, donde puede atacar a otros metales. Por esta razón se recomienda extraerlas cuando no se utilizan durante mucho tiempo o cuando ya han trabajado mucho. Este inconveniente está muy atenuado en los productos de finales del siglo XX gracias a la utilización de recipientes de acero inoxidable, pero todavía se produce alguna vez.

Importantes en otro sentido han sido las pilas patrón, destinadas a usos de calibración y determinación de unidades, como la pila Clark (1870), de zinc y mercurio, cuya tensión era de 1,457 V, y la pila Weston (1891), de cadmio y mercurio, con 1,018 V. Estas tensiones se miden en vacío, es decir, sin tener ninguna carga externa conectada, y a una temperatura constante de 20° C.

En la mayor parte de los casos, las baterías se utilizaron con algunas variaciones del concepto de la corona de copas hasta alrededor de 1860, cuando Gastón Plante describió ante la Academia francesa de Ciencias una batería que utilizaba electrodos de plomo y óxido de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico. Esta, por supuesto, se convirtió finalmente en la batería de automóvil de hoy, que se ha diversificado en tamaños y tipos de acabados para gran cantidad de aplicaciones. La contribución de Plante fue particularmente notable ya que alcanzó niveles de alta potencia.

Trabajando al mismo tiempo otro francés, Georges LeClanche, concibió la idea de tener todo el electrolito de la batería absorbida por sus electrodos, de tal manera que esencialmente funcionaría como si éstos estuvieran secos. En 1868 LeClanche recibió una patente para dicha celda "seca" y emprendió su fabricación; él utilizó como uno de sus electrodos al dióxido de manganeso en su celda, así como una barra de carbón como colector de corriente. Una copa de zinc no sólo formaba el recipiente de la celda, sino que también servía como el Otro electrodo. La celda de LeClanche, por lo tanto, es el antepasado directo de las ahora familiares celdas secas utilizadas en los *flashes*, desarrollo éste, verdaderamente significativo ya que proporcionó una fuente realmente móvil de energía eléctrica, generando de esta manera el crecimiento de la industria de las baterías y de gran cantidad de dispositivos que las utilizan.

Actualmente se tiene un espectro muy amplio de dispositivos que producen energía eléctrica a partir de una reacción química controlada. Por su tamaño, van desde las celdas de "botón" diminuto de mercurio, como las empleadas en suministrar potencia a los dispositivos para la audición, hasta las celdas más grandes de plomo-ácido empleadas para proporcionar toda la potencia requerida, incluyendo la necesaria para impulsar los submarinos sumergidos. Una pequeña celda de botón (p.ej. del tamaño M5) tendrá un diámetro menor de 7.9375 cm., con una altura ligeramente superior a 0.3175 cm. y con un peso aproximado de 0.57 gramos. Una celda convencional para submarino será de aproximadamente 45.72 cm., de ancho por 45.72 cm. de largo y 167.64 cm. de altura, con un peso superior a una tonelada. La pequeña M5 tiene una capacidad de 36 mAh, mientras que su gigante prima utilizada en los submarinos tiene una capacidad medida en kilo ampere-horas.

No sólo existe una continuidad de tamaños casi completa entre estos dos extremos, sino que ahora también hay, como productos comerciales usuales, varios sistemas de celdas diferentes, cada uno de los cuales tiene una combinación diferente de propiedades para cada una de las necesidades específicas distintas. Además de las celdas de Plante y de LeClanche, se pueden utilizar las baterías de cadmio para un ciclo de vida mayor, las celdas de hierro-níquel para trabajo pesado, las de plata-zinc para alta potencia, las de mercurio para altas capacidades, las alcalinas para una flexibilidad sobresaliente, las secas de magnesio para una buena estabilidad en condiciones de calor, climas húmedos, y así sucesivamente. Además de los tamaños y tipos, se pueden obtener muy distintas propiedades de funcionamiento a partir de diferentes formas físicas básicas. Hay celdas de formas cilíndricas y rectilíneas (que emplean electrodos planos o tubulares). Entre otras formas se incluyen las celdas de oblea (redondas o rectangulares) para facilidad de apilamiento con objeto de generar altos voltajes y ahora, incluso, en forma de pila para apilarlas mejor y generar voltajes aún más altos. A pesar de esta variedad, los principios básicos sobre los que descansan las reacciones químicas que se utilizan para proporcionar energía eléctrica (o el proceso inverso en que la energía eléctrica se puede utilizar para generar reacciones químicas) puede entenderse muy fácilmente.

## 2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Aunque la apariencia de cada una de estas celdas sea simple, la explicación de su funcionamiento dista de serlo y motivó una gran actividad científica en los siglos XIX y XX, así como diversas teorías, y la demanda creciente que tiene este producto en el mercado sigue haciendo de él objeto de investigación intensa.

El agua que tenga sales disueltas, es decir, agua ordinaria o agua con sal añadida, es un ejemplo de electrolito, pues el agua pura es prácticamente un aislante eléctrico. El electrolito es conductor porque contiene iones libres, partículas dotadas de carga eléctrica que pueden desplazarse por su interior. Si se sumergen en él dos electrodos y se hace pasar una corriente eléctrica por el circuito así formado, se producen reacciones químicas entre las sustancias del conjunto. Este proceso es el conocido fenómeno de la electrólisis. Las pilas son el proceso inverso de la electrólisis, es decir, en ellas los elementos están dispuestos de tal modo que la reacción química que se produce entre sus constituyentes cuando se cierra el circuito genere una diferencia de potencial en los electrodos, de modo que se pueda suministrar corriente eléctrica a una carga externa.

El funcionamiento de una pila se basa en el potencial de contacto entre un metal y un electrolito, esto es, el potencial que se produce al poner en contacto un metal con un líquido.

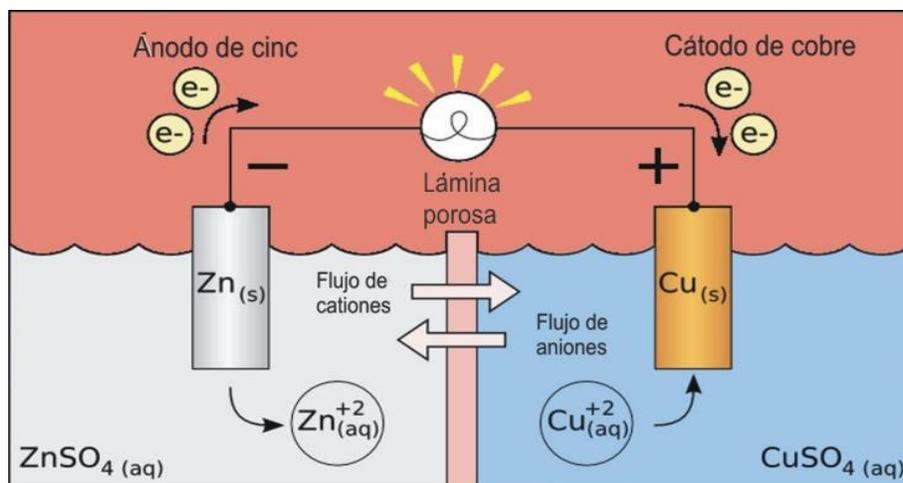


FIGURA 2.1 Funcionamiento básico de un pila

Así, al introducir una placa de zinc (Zn) en agua, el zinc se disuelve algo en forma de iones Zn<sup>++</sup> que pasan al líquido; esta emisión de iones hace que la placa adquiera una carga negativa respecto al líquido, pues tiene ahora un exceso de electrones, creándose entre ambos una diferencia de potencial. Los iones que están en el líquido ejercen una presión que se opone a la continuación de la disolución, la cual se

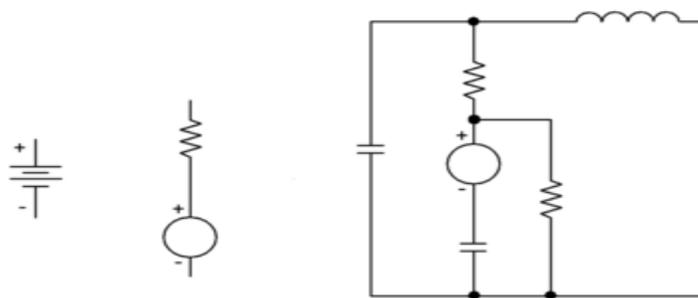
detendrá cuando se alcance un valor determinado, llamado tensión de disolución. Cuando se cierra el circuito externo, los electrones del zinc retornan a través de él al polo opuesto, mientras que en el interior del electrolito se reanuda la corriente de iones que circula en sentido contrario. La imagen precedente muestra el esquema electroquímico de una celda Daniell, que se describe luego con más detalle (incidentalmente, obsérvese que las denominaciones de ánodo y cátodo se utilizan sobre la base del flujo de electrones por el circuito externo y no en el sentido habitual, según el cual la corriente va del polo positivo al negativo).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS, PROPIEDADES Y FORMA DE UTILIZACIÓN DE LAS PILAS

#### Voltaje

El voltaje, tensión o diferencia de potencial que produce un elemento electroquímico viene determinado completamente por la naturaleza de las sustancias de los electrodos y del electrolito, así como por su concentración. Walther Nernst obtuvo el premio Nóbel de química de 1920 por haber formulado cuantitativamente y demostrado las leyes que rigen este fenómeno. La conexión de elementos en serie permite multiplicar esta tensión básica cuanto se quiera.

Las propiedades puramente eléctricas de una pila se representan mediante el modelo adjunto. En su forma más sencilla está formado por una fuente de tensión perfecta (es decir, con resistencia interna nula) en serie con un resistor que representa la resistencia interna. El condensador de la versión más compleja es enormemente grande y su carga simula la descarga de la pila. Además de ello entre los terminales también aparece una capacitancia, que no suele tener importancia en las aplicaciones de corriente continua.



**FIGURA 2.2** Símbolo de una pila (izquierda); modelo eléctrico simplificado (centro); modelo más elaborado (derecha).

Una vez fijada la tensión, la ley de Ohm determina la corriente que circulará por la carga y consecuentemente el trabajo que podrá realizarse, siempre naturalmente que esté dentro de las posibilidades de la pila, que no son infinitas, viniendo limitadas fundamentalmente por el tamaño de los electrodos —lo que determina el tamaño externo de la pila completa— y por su separación. Estos condicionamientos físicos se representan en el modelo de generador como una resistencia interna por la que pasaría la corriente de un generador ideal, es decir, de uno que pudiese suministrar una corriente infinita al voltaje predeterminado.

Conforme la célula se va gastando, su resistencia interna va aumentando, lo que hace que la tensión disponible sobre la carga vaya disminuyendo, hasta que resulte insuficiente para los fines deseados, momento en el que es necesario reemplazarla. Para dar una idea, una pila nueva de las ordinarias de 1,5 V tiene una resistencia interna de unos 0,35  $\Omega$ , mientras que una vez agotada puede tener varios. Esta es la razón de que la mera medición de la tensión con un voltímetro no sirva para indicar el estado de una pila; en circuito abierto incluso una pila gastada puede indicar 1,4 V, dada la carga insignificante que representa la resistencia de entrada del voltímetro, pero, si la medición se hace con la carga que habitualmente soporta, la lectura bajará a 1,0 V o menos, momento en que esa pila ha dejado de tener utilidad. Las actuales pilas alcalinas tienen una curva de descarga más suave que las previas de carbón; su resistencia interna aumenta proporcionalmente más despacio.

Cuando se necesita una corriente mayor que la que puede suministrar un elemento único, siendo su tensión en cambio la adecuada, se pueden añadir otros elementos en la conexión llamada en paralelo, es decir, uniendo los polos positivos de todos ellos, por un lado, y los negativos, por otro. Este tipo de conexión tiene el inconveniente de que si un elemento falla antes que sus compañeros, o se cortocircuita, arrastra irremisiblemente en su caída a todos los demás.

### **Capacidad total**

La capacidad total de una pila se mide en amperios x hora (A·h); es el número máximo de amperios que el elemento puede suministrar en una hora. Es un valor que no suele conocerse, ya que no es muy esclarecedor dado que depende de la intensidad solicitada y la temperatura. Cuando se extrae una gran corriente de manera continuada, la pila entrega menos potencia total que si la carga es más suave. También en esto las pilas alcalinas son mejores. Una de tipo D tiene una capacidad de entre 9 Ah —con una carga de 1 A— y 12 Ah —con una carga de 1 mA—, mientras que los correspondientes valores para una de carbón-zinc son 1 y 7,5, respectivamente.

### **Dependencia de la temperatura**

Como todas las reacciones químicas, las que se producen dentro de una pila son sensibles a la temperatura, acelerándose normalmente cuando ésta aumenta, lo que se traducirá en un pequeño aumento de la tensión. Más importante es el caso de la bajada, pues cuando se alcanzan las de congelación muchas pilas pueden dejar de funcionar o hacerlo defectuosamente, cosa que suelen advertir los fabricantes. Como contrapartida, si se almacenan las pilas refrigeradas, se prolongará su buen estado.

### **Duración fuera de servicio**

Lo ideal sería que las reacciones químicas internas no se produjeran más que cuando la pila esté en servicio, pero la realidad es que las pilas se deterioran por el mero transcurso del tiempo, aunque no se usen, pues los electrodos resultan atacados en lo que se conoce con el nombre de acción local. Puede considerarse que una pila pierde unos 6 mV por mes de almacenamiento, influyendo mucho en ello la temperatura. Actualmente esto no constituye un problema serio pues, dado el enorme consumo que hay de los tipos corrientes, las que se ofrecen en el comercio son de fabricación reciente. Algunos fabricantes han empezado a imprimir en los envases la fecha de caducidad del producto, lo que es una práctica encomiable.

### **Las pilas y el ambiente**

Los metales y productos químicos constituyentes de las pilas pueden resultar perjudiciales para el medio ambiente, produciendo contaminación química. Es muy importante no tirarlas a la basura (en algunos países no está permitido), sino llevarlas a centros de reciclado. En algunos países, la mayoría de los proveedores y tiendas especializadas también se hacen cargo de las pilas gastadas. Una vez que la envoltura metálica que recubre las pilas se daña, las sustancias químicas que contienen se ven liberadas al medio ambiente causando contaminación. Con mayor o menor grado, las sustancias son absorbidas por la tierra pudiéndose filtrar hacia los mantos acuíferos y de éstos pueden pasar directamente a los seres vivos, entrando con esto en la cadena alimenticia.

Estudios especializados indican que una micro pila de mercurio, puede llegar a contaminar 600.000 litros de agua, una de zinc-aire 12.000 litros y una de óxido de plata 14.000 litros.

Las pilas son residuos peligrosos por lo que desde el momento en que se empiezan a reunir, deben ser manejadas por personal capacitado que siga las precauciones adecuadas empleando todos los procedimientos técnicos y legales del manejo de residuos peligrosos.

## 2.4 CLASIFICACION DE LAS PILAS

## BATERÍA PRIMARIA

En la celda seca común (también conocida como celda de carbón-zinc o de LeClanche) se utiliza el dióxido de manganeso como cátodo y el zinc (Zn) como ánodo. El electrolito es una solución de cloruro de amonio y/o cloruro de zinc. Cuando el ánodo y el cátodo se conectan a través de un alambre de forma que permita a los electrones circular del ánodo al cátodo, la reacción entre el  $\text{MnO}_2$  y Zn puede llevarse a cabo, estableciendo una corriente eléctrica en el circuito externo y haciendo que la batería se descargue, como se muestra en la figura 2.1.

Durante la operación, el zinc se convirtió en óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), liberando dos electrones que circularán a través del circuito externo para llegar a estar disponibles para el  $\text{MnO}_2$ . Estos electrones son absorbidos entonces por el  $\text{MnO}_2$ , de manera que este último pasa a ser un óxido de manganeso menos (como el  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ). Se debe notar que los iones hidróxilo ( $\text{OH}^-$ ) y el agua entran en las reacciones, pero su participación neta se cancela. (Los iones hidróxilo son partículas en solución compuestas por átomos de hidrógeno y oxígeno que llevan una simple carga negativa) Como se verá, la batería puede seguir produciendo un flujo de electrones hasta que uno de los otros agentes químicos reactivos se agote, en cuyo caso se dice que la batería se ha descargado.

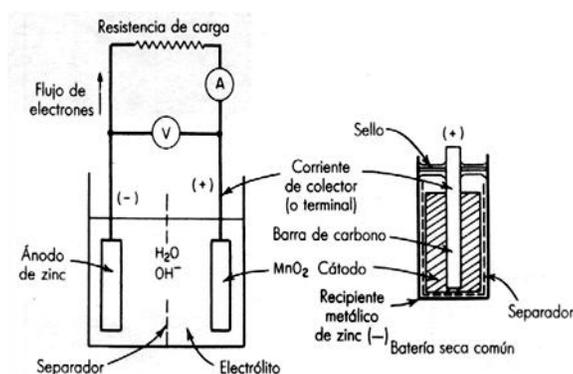


FIGURA 2.3 Funcionamiento básico de una batería seca (primaria).

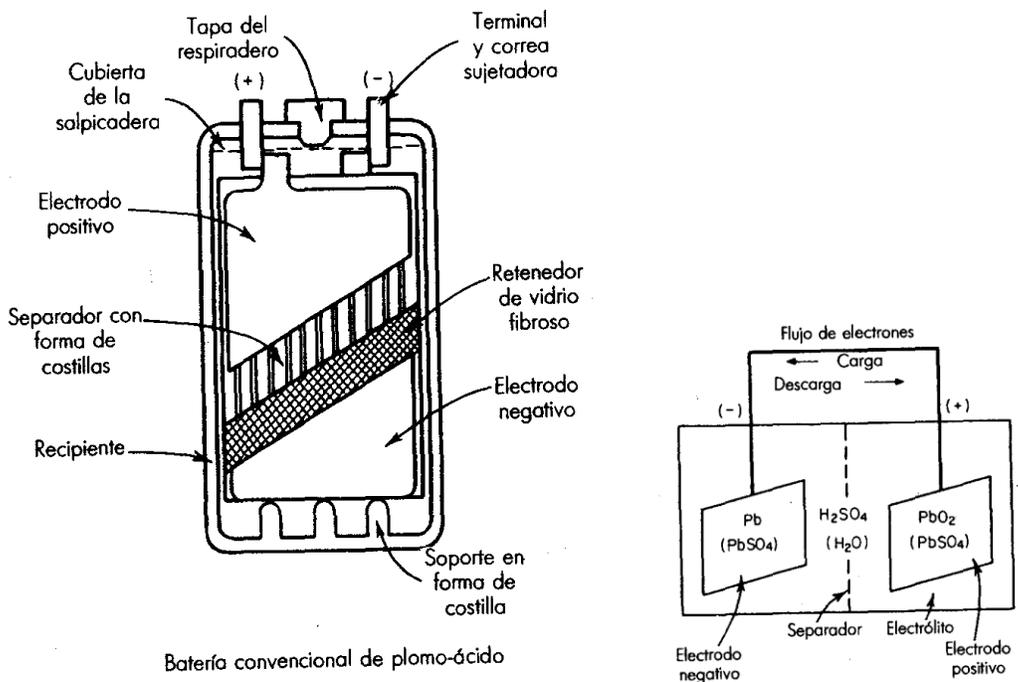
En resumen, una batería almacena sustancias químicas (no electricidad) y puede generar una reacción entre estas sustancias de modo que se produzca un flujo de electrones a lo largo de un circuito externo. El tipo de celda que se acaba de describir se clasifica como batería primaria debido a que las reacciones químicas que generan la corriente eléctrica no son fácilmente reversibles. Por conveniencia, como el flujo

de la corriente eléctrica se opone al flujo de electrones, se designa al cátodo como electrodo positivo, mientras que al ánodo se designa como negativo.

### **BATERÍA SECUNDARIA**

Cuando los materiales activos se agotan, una batería primaria no es capaz de generar ninguna energía eléctrica y en consecuencia se encuentra descargada. Otros sistemas de baterías utilizan materiales que se pueden restablecer en su estado químico original al invertir el flujo de la corriente, es decir, al proporcionar energía eléctrica a la celda a partir de una fuente externa. A este proceso se le conoce como carga, y una batería en la cual se pueden llevar a cabo varios ciclos de descarga-carga se conoce comúnmente como batería secundaria. Un ejemplo de batería secundaria es el sistema desarrollado a partir de ácido-plomo, ilustrado en la figura 2.2. Por definición, el ánodo en el proceso de descarga llega a ser el cátodo en la carga. De igual manera, el cátodo en la descarga llega a ser el ánodo en la carga. Sin embargo, las designaciones positiva y negativa de las terminales no cambian, ya que el flujo o circulación de la corriente se invierte cuando la función de los electrodos de las baterías secundarias se denominan con frecuencia positivos y negativos, y aun cuando esta designación también se puede utilizar para las baterías primarias, los electrodos de estas últimas generalmente se conocen como ánodos y cátodos.

En sus formas más comunes, tanto las baterías primarias como las secundarias son completamente funcionales a partir del momento en que se fabrican. Debido a esta característica, puede ocurrir un deterioro lento a consecuencia de que una pequeña cantidad reaccione espontáneamente o sufra una "acción local" que aparezca cuando se encuentren funcionando las baterías.



**FIGURA 2.4** Funcionamiento básico de una batería de plomo-ácido (secundaria).

**BATERÍAS DE RESERVA**

Cuando se desea que la batería tenga un tiempo extra de vida de almacenamiento (es decir, que sea capaz de generar energía eléctrica después de largo tiempo de almacenamiento), el electrolito se retiene en la batería y se toman algunas medidas para excluir la humedad, ya que el agua, en alguna forma, se suele necesitar para que se puedan llevar a cabo las reacciones locales. Este tipo de batería es extremadamente estable durante su tiempo de almacenamiento y se activa por medio de la presencia de un electrolito apropiado. Debido a que la potencia de este tipo de baterías se conserva de esta manera en reserva, con frecuencia se conocen como "baterías de reserva". Un tipo especial de batería de reserva se conoce también como batería de "carga seca". En este caso los electrodos de la batería se llevan al estado de carga completa en el momento en que se fabrican y después se desactivan al quitar el electrolito. El restablecimiento del electrolito en el momento y lugar en que la batería lo necesita da lugar a que virtualmente se pueda tener una batería de fabricación reciente. Gran cantidad de baterías para automóvil se transportan hoy en condiciones de cargado seco de tal manera que el vendedor debe añadirle el electrolito (ácido sulfúrico diluido) en el momento de su instalación.

Hay una clase especial de baterías de reserva que utilizan una sala electrolítica no acuosa o fundida. Estos tipos de electrolitos no contienen agua y utilizan líquidos orgánicos, o sales que llegan a ser conductivas cuando están fundidos. Este último tipo de electrolito se deberá licuar antes de que llegue al estado funcional y la batería, por lo tanto se activará por medio de calor. Esto se suele llevar a cabo por medio de un dispositivo que lo calienta, sin que llegue a estallar y funde el electrolito para que active la batería. A este tipo de batería se le conoce como batería de reserva tipo termal, batería de reserva activada por calor o simplemente batería térmica. Una batería térmica usual tendrá la forma de una pequeña celda tipo botón constituida por un ánodo de calcio o magnesio, un cátodo de cromato de plata y un electrolito compuesto por una mezcla de potasio, sodio y cloruro de litio. Este tipo de batería tiene una capacidad de almacenamiento indefinida, a diferencia de los tiempos de descarga que sólo son de algunos minutos en el mejor de los casos. Sin embargo, ha encontrado una aplicación especial cuando se utiliza como suministradora de potencia en fusibles o mechas colocadas próximamente. Algunas otras descripciones acerca de las baterías de reserva se harán después en este capítulo junto con Otros tipos especiales.

## **TIPOS CORRIENTES DE PILAS**

La distinción entre pilas que utilizan un electrolito y las que utilizan dos, o entre pilas húmedas y secas, son exclusivamente de interés histórico y didáctico, pues todas las pilas que se utilizan actualmente son prefabricadas, estancas y responden a tipos bastante fijos, lo que facilita su comercialización y su uso.

Las pilas eléctricas y algunos acumuladores se presentan en unas cuantas formas normalizadas. Las más frecuentes comprenden la serie A (A, AA, AAA, AAAA), B, C, D, F, G, I y N, 3R12, 4R25 y sus variantes, PP3, PP9 y las baterías de linterna 996 y PC926. Las características principales de todas ellas y de otros tipos menos habituales se incluyen en la tabla siguiente.

**TIPOS DE PILA ESTANDARIZADOS**

USA	IEC	ANSI	Otros	Forma	Voltaje
<b>PRISMA RECTANGULAR</b>					
			linterna, 996	prisma 68 mm × 68 mm × 115 mm	6 V (nota)
			radio, linterna, PC926	prisma 127 mm × 136,5 mm × 73 mm alto, terminales rosca	12 V (nota)
	3R12		GP312S	prisma 67 mm × 62 mm × 22 mm	4,5 V
	4R25X	908	radio, MN908	prisma 67,7 mm × 67,7 mm × 110 mm, terminales de muelle	6 V (nota)
	4R25	915	Radio	prisma 67,7 mm × 67,7 mm × 110 mm, terminales rosca	6 V (nota)
	4LR25-2	918A	MN918	prisma 127 mm × 136,5 mm × 73 mm, terminales rosca	6 V (nota)
PP3	6LR61	1604A	6F22, 6R61, MN1604, 9V	prisma 48 mm × 25 mm × 15mm	9 V (nota)
PP6	6F22	1602	6F50-2, Energizer 246	prisma 69,9mm × 34,5mm × 34,5mm	9 V (nota)
PP9	6F100	1603		prisma 51,6mm × 65,1 mm × 80,2 mm	9 V (nota)
A			alimentación de filamentos de receptores de radio antiguos	prisma de varios tamaños	6 V
B			alimentación de placa de receptores de radio antiguos	prisma de varios tamaños, a veces con tomas intermedias	45 V, 60 V, 90 V, etc.
C			polarización de rejilla de receptores de radio antiguos	prisma de varios tamaños, a veces con tomas intermedias	4,5 V, 6 V, 9 V, etc.
<b>CILINDRICAS</b>					
AAAA		25A	MN2500	cilindro L 42 mm, D 8 mm	1,5 V
AAA	LR03	24A	R03, MN2400, AM4, UM4, HP16, Micro	cilindro L 44,5 mm, D 10,5 mm	1,5 V

CAPITULO 2 "PILAS DE PLOMO"

1/3 AAA				cilindro, L 20,5mm, D 10,5mm	1,5V
2/3 AAA				cilindro, L 30mm, D 10,5mm	1,5V
4/3 AAA				cilindro, L 60mm, D 10,5mm	1,5V
5/3 AAA				cilindro, L 67mm, D 10,5mm	1,5V
1/4 AAA				cilindro, L 14mm, D 10,5mm	1,5V
5/4 AAA				cilindro, L 50mm, D 10,5mm	1,5V
AA	LR06	15A	R06, MN1500, AM3, UM3, HP7, Mignon	cilindro L 50 mm, D 14,2 mm	1,5 V
1/3 AA				cilindro, L 17,5mm, D 14,2mm	1,5V
2/3 AA				cilindro, L 28,7mm, D 14,2mm	1,5V
4/3 AA				cilindro, L 65,2mm, D 14,2mm	1,5V
4/5 AA				cilindro, L 43mm, D 14,2mm	1,5V
A				cilindro L 50 mm, D 17 mm	1,5 V
1/3 A				cilindro, L 21mm, D 17mm	1,5V
2/3 A				cilindro, L 28.5mm, D 17mm	1,5V
4/5 A				cilindro, L 43mm, D 17mm	1,5V
C	LR14	14A	R14, UM2, MN1400, HP11, Baby	cilindro L 46 mm, D 26 mm	1,5 V
2/3 C				cilindro, L 31mm, D 26mm	1,5V
Sub C				cilindro, L 43 mm, D 23 mm	1,5 V
2/3 Sub C				cilindro, L 28mm, D 23mm	1,5V
4/3 Sub C				cilindro, L 50mm, D 23mm	1,5V
4/5 Sub C				cilindro, L 34mm, D 23mm	1,5V

D	LR20	13A	R20, MN1300, UM1, HP2, Mono	cilindro L 58 mm, D 33 mm	1,5 V
1/2 D				cilindro, L 37mm, D 33mm	1,5V
4/3 D				cilindro, L 89mm, D 33mm	1,5V
F				cilindro L 87 mm, D 32 mm	1,5 V
G				cilindro L 105 mm, D 32 mm	1,5 V
J				cilindro L 150 mm, D 32 mm	1,5 V
N	LR1	910A	Lady y las de la calculadora HP-41	cilindro L 30,2 mm, D 12 mm	1,5 V
123				cilindro L 34,5 mm, D 16 mm	3 V
<b>BOTON GRANDE</b>					
CR 1616				botón, H 1,6mm, D 16mm	3V
CR 1620				botón, H 2mm, D 16mm	3V
CR 2016				botón, H 1,6mm, D 20mm	3V
CR 2025				botón, H 2,5mm, D 20mm	3V
CR 2032				botón, H 3,2mm, D 20mm	3V
CR 2430				botón, H 3mm, D 24,5mm	3V
CR 2450				botón, H 5mm, D 24,5mm	3V
<b>BOTON</b>					
	LR44		Alcalina	botón, H 5,4mm, D 11,6mm	1,5V
PX28			Oxido mercurico; ya no se fabrica	botón, H 25,2mm, D 13mm	6V
PX28S			Oxido de plata; sustituto de PX28	botón, H 25,2mm, D 13mm	6,2V
PX28L	L544		Iones de litio; sustituto de PX28	botón, H 25,2mm, D 13mm	6V

Las pilas de 6 V, 9 V y 12 V suelen fabricarse mediante múltiplos de elementos de 1.5 V en serie. Cuando se utilizan acumuladores (NiMH o NiCd), el voltaje total ha de multiplicarse por 0.83, ya que cada elemento suministra 1,24 V en vez de 1,5 V. Hay acumuladores alcalinos que suministran 1,5 V.

La norma europea aplicable es IEC 60086-1 *Primary batteries - Part 1: General* (Norma inglesa: BS397).

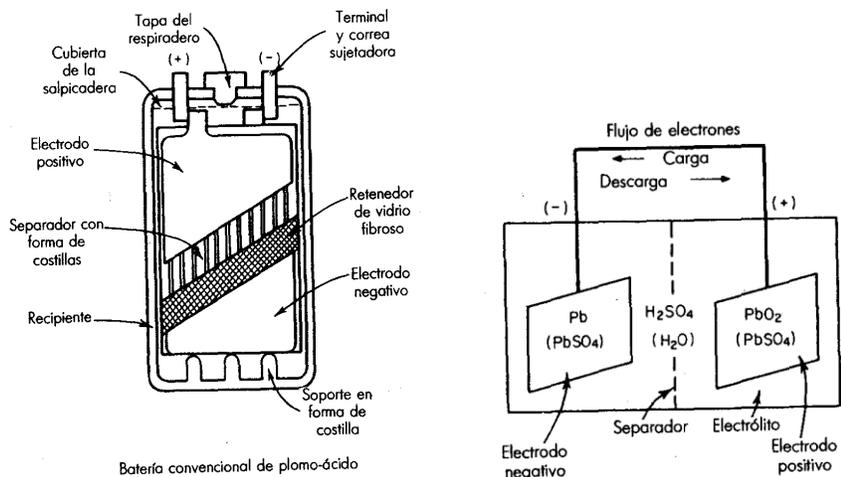
La serie LR-xx indica que son pilas alcalinas. Las de zinc-carbón no llevan "L": R-6, R-20, etc.

La norma norteamericana aplicable es ANSI C18.1 *American National Standard for Dry Cells and Batteries-Specifications*

## 2.5 BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO

El sistema de plomo-ácido es el más importante desde el punto de vista comercial y además está ampliamente distribuido. Se encuentra en el mercado en gran variedad de tamaños y formas para satisfacer las aplicaciones que necesitan una gama amplia de capacidades y niveles de potencia. En la tabla 2.9 se proporciona un interesante resumen de los tipos que hay en el mercado. Se deberá advertir que mientras los tamaños de las baterías están ordenados de acuerdo con el aumento de la capacidad, algunas de ellas son para 6 V (tres celdas), 12 V (seis celdas) o 2 V (una sola celda), de manera que la tabla abarca mucho más que lo que en principio aparenta. Se deberá advertir algo interesante que se refiere a las unidades de 50 y 100 Ah; ellas son aproximadamente del mismo tamaño y peso a pesar de que hay una diferencia de dos veces en la capacidad. Esto se explica por medio del hecho de que los dos tienen el mismo contenido de energía, 600 Wh (que se obtiene al multiplicar la capacidad en amperes-horas por el voltaje de la batería, como se indicó antes).

Es importante observar que la capacidad y las posibilidades de potencia de una batería recargable dependen en gran medida de su historia anterior. Una situación común sobre todo en las baterías de plomo-ácido, es que la capacidad creció durante la primera parte del ciclo de vida, después mantuvo un valor sustancialmente uniforme durante la mayor parte de la vida útil de la batería y finalmente decae (cada vez más rápidamente) a medida que se acerca el fin de su vida. A menos que ocurra un hecho accidental que termine con su vida, cómo puede ser un cortocircuito o la pérdida del electrolito a través de un recipiente fracturado, etc., el fin de la vida de una batería llegará cuando su capacidad decaiga por debajo de un nivel en el cual la aplicación ya no resulta útil. Para la mayor parte de las aplicaciones, este nivel será de aproximadamente el 60% de su capacidad original.



**FIGURA 2.5** Funcionamiento básico de una batería de plomo- ácido (secundaria).

## MANTENIMIENTO

A diferencia de las baterías primarias que no requieren atención especial, el mantenimiento de las baterías secundarias es de suma importancia, sobre todo cuando se desea obtener características máximas de vida útil y de comportamiento. El efecto de la carga tiene un papel muy importante desde este punto de vista, por lo que se han desarrollado varios métodos muy convenientes. El método de corriente constante simplemente devuelve la capacidad que ha sido descargada a una corriente fija durante cierto periodo fijo de tiempo, o hasta que el reflujó de la fem (es decir, el contra-voltaje) de la batería se eleva a algún valor predeterminado. Algunas veces, a este sistema se le denomina método de carga de tiempo controlado o de voltaje controlado. Este es tal vez el método más sencillo en términos del equipo de control necesario, pero no toma en consideración el hecho de que la batería tiene la capacidad de aceptar una carga rápida durante las primeras etapas de la recarga (sobre todo después de haberse efectuado una gran descarga), y que esta situación se invierte a medida que la batería se aproxima a la condición de plena carga.

Cuando la batería se aproxima a plena carga, la eficiencia con que acepta la carga decae muy rápidamente (alcanzando tal vez sólo el 4 o 5% a más o menos el 95% de plena carga). Esto produce una condición indeseable en el cargado a corriente constante, ya que es bastante lento al principio de la recarga (cuando la batería puede aceptar la carga con eficiencia) y bastante rápido hacia el final de la recarga (cuando la batería puede aceptar carga sólo muy lentamente). El despilfarro de la

descarga manifiesta por sí mismo un costo indeseable, y también una corrosión excesiva en la rejilla positiva (que dará por resultado una vida muy corta) y una frecuencia excesiva en el mantenimiento con agua.

Para mejorar esta situación, puede ser una ventaja el hecho de que el reflujo de la fem de la batería se eleva a medida que el estado de la carga aumenta. Muchos fabricantes distribuyen hoy sus dispositivos cargados, que utilizan un procedimiento modificado de potencial constante en donde las etapas iniciales de la recarga se llevan a cabo con una Corriente muy alta, pero Constante, cuyo valor es en esencia dependiente de la capacidad de potencia de la fuente- de carga. Cuando el reflujo de la fem de la batería alcanza un punto predeterminado, que es en la última parte de la recarga, unos Circuitos automáticos de interrupción cambian el Sistema a una recarga de potencial fijo, que se establece para que sea ligeramente más alto que el final de la carga del reflujo de la fem de la batería. Cuando el reflujo de la fem de batería se aproxima al potencial del circuito de carga, la corriente de carga cae a medida que decae la capacidad de la batería para aceptar carga. Esto tiende a ser eficiente no sólo en términos de tiempo y costo, sino también en el sentido de evitar la sobrecarga y reducir la frecuencia tan alta del mantenimiento con agua.

Además de la selección de un procedimiento adecuado de carga, el electrolito en las baterías de plomo-ácido se debe mantener en términos apropiados de concentración y nivel. Los electrodos negativos expuestos a la atmósfera a causa de un bajo nivel del electrolito probablemente faciliten una rápida oxidación, proceso que es parcialmente reversible durante el cargado, y produce varios grados de daño permanente del electrodo. Cuando se permite que el nivel de Concentración del ácido sulfúrico disminuya, la capacidad de la batería también se perjudica de manera considerable y con mucha rapidez debido a que los iones de sulfato son partícipes en las reacciones de descarga. Además, las placas negativas tienden a sulfatarse (es decir, forman un sulfato irreductible en la terminal) en condiciones de acidez en baja gravedad.

Por otra parte, si el electrolito se concentra en la batería, es probable que se corroan con más rapidez las rejillas positivas, especialmente durante los periodos de sobrecarga y de esta forma la vida de la batería saldrá perjudicada. Ya que el ácido sulfúrico de la batería no se pierde como resultado de las reacciones electrolíticas directas, sólo se deberá reemplazar periódicamente el agua para mantener el nivel y la composición del electrolito. Durante la sobrecarga, se desprenden gases a causa de la descomposición del agua, lo cual no sólo representa una pérdida de agua, sino que también causan la distribución de una capa de electrolito sobre las partes superiores de la celda. Esta capa de electrolito es extremadamente fina y rápidamente encuentra la salida de la celda a medida que se asocia con los gases que se están generando.

Si esto ocurriera, la parte superior de la batería se humedecerá muy probablemente con ácido sulfúrico, el cual, ya que es muy buen conductor eléctrico, permite el establecimiento de corrientes parásitas entre las celdas y entre cada una de las celdas y tierra. En efecto si la parte superior de la batería no está bien limpia, estas corrientes pueden alcanzar valores significativos y la batería se puede descargar muy rápidamente o incluso destruirse. Para evitar esto, algunos fabricantes han creado unas trampas para estas finas capas y las han incorporado en las tapas de los respiraderos. Sin embargo, una carga cuidadosa y apropiada elimina esta dificultad. En los lugares donde el electrolito ha alcanzado la parte exterior de la celda, es necesario neutralizarlo (se recomienda que se haga con ácido bórico o bicarbonato de sodio), para después lavar y secar completamente la parte exterior de la batería. Este procedimiento reducirá al mínimo los efectos destructivos de la corrosión en las partes externas de la batería, en las terminales y en los sujetadores. La pérdida de ácido sulfúrico a causa de la formación de la capa gaseosa perjudicará, por supuesto, la capacidad de la batería. Sin embargo, este ácido sulfúrico se puede reemplazar con ácido sulfúrico químicamente puro para elevar la concentración del electrolito (o gravedad específica) hasta el valor recomendado por el fabricante.

Al hacer esto, resulta muy conveniente extraer la mayor parte del electrolito libre al cual se le va a adicionar el ácido que se mezclará antes en un recipiente. La nueva mezcla de ácido se prepara adecuadamente tomando en cuenta su concentración, y luego se echa de nuevo a la batería. Si sólo se añade ácido nuevo a la batería, la densidad de este ácido quedará en la parte inferior de la batería y probablemente atacará los separadores en ese lugar. El efecto de añadir ácido sulfúrico nuevo genera también una cantidad considerable de calor y, por supuesto, el ácido sulfúrico concentrado también es difícil de manipular. Esta operación deberá, por consiguiente, realizarse considerando el material y empleo de ropa adecuada y con la supervisión calificada.

## **UNIDADES SELLADAS**

Con objeto de reducir al mínimo el mantenimiento de las baterías, algunas de las compañías que las fabrican las ponen a la venta como unidades "selladas" o "cerradas". Estas baterías suelen estar hechas con un sistema basado en una aleación de calcio, que tiene un reflujo extremadamente alto de fem (del orden de 2.8 a 3 V /celda cuando se aproxima a una condición de plena carga). Por esta razón se puede utilizar un equipo económico de control automático de carga para limitar la cantidad de sobrecarga. Esto, además de que las pérdidas por acción local debidas a almacenamiento son extremadamente pequeñas en las baterías con aleaciones de calcio, han dado como resultado una condición en la que se utiliza una cantidad mínima de agua durante el uso normal de la batería, y por otra parte no hay ninguna acumulación de gases o efectos de gasificación temporal. En estas condiciones, las celdas pueden estar prácticamente "cerradas" debido a que la necesidad de

reemplazar el agua se ha reducido hasta el punto de que se puede utilizar la celda durante toda su vida sin necesidad de agregarle más agua. El hecho de que se produzca muy poco gas, e incluso que éste sea solamente hidrógeno (un gas muy difícil de contener), permite que el gas se fugue muy despacio y en forma segura a través de diminutas fisuras en el sellado. Ya que estas baterías pueden, por consiguiente, vivir y funcionar sin ningún mantenimiento durante largo tiempo, su empleo, sobre todo en aplicaciones que requieren poca potencia y en automóviles ha aumentado considerablemente.

Debido a que gran cantidad de aplicaciones de potencia muy pequeña requieren cierto grado de portabilidad (p.ej., herramientas de potencia, etc.), también resulta conveniente tener un electrolito inmóvil. Esto se hace normalmente con la formación de una especie de "gel" en el electrolito con la adición de una gelatina de sílice (Sio<sub>2</sub> finamente dividido al electrolito, que absorbe el electrolito y permite que la batería pueda moverse, e incluso ponerse invertida, sin que haya ninguna reorientación del electrolito. Sin embargo, en los tipos sellados con electrolito inmovilizado, resulta muy deseable que la gelatina no se llegue a romper, lo que ocurriría si existiera una gasificación excesiva. Por lo tanto, estas baterías se deben recargar tal vez con un poco más de cuidado que en las que tienen el electrolito libre, aunque las reglas normales se sigan aplicando de manera general.

# **CAPITULO**

## **3**

# **INVERSOR RESONANTE PARALELO**

### 3.1 ¿QUE ES UN INVERSOR?

Un inversor, también llamado ondulator, es un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseadas.

El voltaje de salida podría ser fijo o variable, a una frecuencia fija o variable. Un voltaje variable de salida se puede obtener haciendo variar el voltaje de entrada de CD, manteniendo constante la ganancia del inversor. Por otro lado, si el voltaje de CD de entrada es fijo y no es controlable, se puede obtener un voltaje variable de salida haciendo variar la ganancia del inversor, lo que se consigue normalmente con control por modulación por ancho de pulso (PWM, de pulsewidth - modulation) dentro del inversor. La ganancia del inversor se puede definir como la relación entre el voltaje de salida de CA y el voltaje de entrada de CD.

Las formas de onda del voltaje de salida de los inversores ideales deberían ser sinusoidales. Sin embargo, las de los inversores prácticos no son sinusoidales y contienen ciertas armónicas. En aplicaciones de potencia baja e intermedia se pueden aceptar voltajes de onda cuadrada o de onda casi cuadrada, y para aplicaciones con alta potencia se requieren formas de onda sinusoidal con poca distorsión. Con la disponibilidad de los dispositivos semiconductores de potencia de alta velocidad, se pueden minimizar los contenidos de armónicas del voltaje de salida, o al menos reducirlos en forma importante, mediante técnicas de conmutación.

Los inversores son utilizados en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para manejar alta potencia. Los inversores también son utilizados para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Los inversores se usan mucho en aplicaciones industriales, como por ejemplo impulsores ("variadores", "reguladores" o "controles") de motor de CA y velocidad variable, o en calentamiento por inducción, fuentes de alimentación de reserva y fuentes de alimentación ininterrumpibles. La entrada puede ser una batería, una celda de combustible, celda solar u otra fuente de CD. Las salidas normales monofásicas son 1) 120V a 60 Hz, 2) 220V a 50 Hz y 3) 115V a 400 Hz. Para sistemas trifásicos de gran potencia, las salidas normales son 1) de 220 a 380V a 50 Hz, 2) 120 a 208 V a 60 Hz y 3) de 115 a 200 V a 400 Hz.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual es utilizado para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada.

Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal debería ser sinusoidal

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac's o los IGBT's.

Inversores más eficientes utilizan varios artificios electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda senoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda.

Se pueden clasificar en general de dos tipos:

1) inversores monofásicos

2) inversores trifásicos.

Condensadores e inductores pueden ser utilizados para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Además, es posible producir una llamada "onda senoidal modificada", la cual es generada a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de tierra. Un circuito lógico se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente. Inversores de onda senoidal modificada pueden causar que ciertas cargas, como motores, por ejemplo; operen de manera menos eficiente.

Inversores más avanzados utilizan la modulación por ancho de pulsos con una frecuencia portadora mucho más alta para aproximarse más a la onda seno o modulaciones por vectores de espacio mejorando la distorsión armónica de salida. También se puede predistorsionar la onda para mejorar el factor de potencia ( $\cos \Phi$ ).

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado IGBT (Insulated Gate Bipolar transistor ó Transistor Bipolar de Puerta Aislada).

Cada uno puede usar de y tipos controlados de encendido y apagado.

BJT: transistores bipolares de unión.

Mosfet: transistores de efecto de campo, de metal oxido semiconductor.

IGBJ: transistores bipolar de compuerta aislada.

GTO: tiristor controlado por compuerta.

Estos inversores usan en general señales de control por modulación por ancho de pulso (PWM) para producir un voltaje de salida de CA. Un inversor se llama (VFI)

inversor alimentado por voltaje (voltaje-fed-inverter) si el voltaje de entrada permanece constante; inversor alimentado corriente (CFI, de current-fed-inverter) si la corriente de entrada se mantiene constante, y el convertidor enlazado con CD variable si el voltaje de entrada es controlable. Si se hacen pasar el voltaje o la corriente de salida del inversor por cero, creando un circuito resonante LC, a esta clase de inversor se le llama inversor de pulso resonante, y tiene muchas aplicaciones en la electrónica de potencia.

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado IGBT (Insulated Gate Bipolar transistor ó Transistor Bipolar de Puerta Aislada).

$HF_n = \frac{V_{on}}{V_{o1}}$  para  $n > 1$  donde  $V_1$  es el valor eficaz (rms) de la componente fundamental, y  $V_{on}$  es el valor eficaz de la  $n$ -ésima componente armónica.

- **Distorsión armónica total (THD).** La distorsión armónica total, es una medida de la coincidencia de formas entre una onda y su componente fundamental, se define como:

$$THD = \frac{1}{V_{o1}} \sqrt{\sum_{n=2,3,\dots}^{\infty} V_{on}^2}$$

- **Factor de distorsión (DF)** Se diferencia de la anterior en que detalla a cualquiera de las armónicas que constituye la señal, por el principio de Fourier (vease series de fourier). El DF indica la cantidad de distorsión armónica que queda en determinada forma de onda después de someter a las armónicas de esa onda a una atenuación o filtrado de segundo orden, es decir, dividir las entre  $n^2$ . Se vuelve entonces una medida de la eficacia de la reducción de armónicas no deseadas, y se define así:

$$DF = \frac{1}{V_{o1}} \sqrt{\sum_{n=2,3,\dots}^{\infty} \left(\frac{V_{on}}{n^2}\right)^2}$$

El DF de un componente armónico individual (o el  $n$ -ésimo) se define como:

$$DF_n = \frac{V_{on}}{V_{o1}n^2} \text{ para } n > 1$$

- **Armónica de orden mas bajo (LOH)** La (lowest order harmonic) es aquel componente armónico cuya frecuencia se acerca mas a la de la fundamental, y su amplitud es mayor o igual al 3% de la componente fundamental.

Los elementos de conmutación de los convertidores con control PWM pueden ajustarse para sintetizar la forma deseada del voltaje y/o de la corriente de salida. Sin embargo, los dispositivos se "activan" y desactivan" en la corriente de la carga, con un valor di/dt alto.

Los interruptores están sujetos a un esfuerzo por el alto voltaje, y las pérdidas de potencia por conmutación del dispositivo aumentan en forma lineal con la frecuencia de la conmutación. Las pérdidas de la activación y desactivación pueden resultar una parte significativa de las pérdidas totales de potencia. También se producen interferencias electromagnéticas debidas a altos valores de di/dt y dv/dt en las formas de onda del convertidor.

Las desventajas del control PWM pueden eliminarse o minimizarse si los dispositivos de conmutación se activan o desactivan cuando el voltaje y/o la corriente que pasan por el dispositivo se hacen cero. El voltaje y la corriente son obligadas a cruzar por cero obteniéndose un circuito resonante LC, y, por consiguiente, se crea un convertidor de pulso resonante.

Los convertidores de pulso resonante pueden ser clasificados en ocho tipos:

Inversores resonantes en serie

Inversores resonantes en paralelo

Inversor resonante clase E

Convertidores resonantes de conmutación a voltaje cero (ZVS)

Convertidores resonantes de conmutación a corriente cero (ZCS)

Convertidores resonantes de conmutación a voltaje cero en dos cuadrantes (ZVS)

Inversores resonantes de enlace en CD

Los inversores resonantes se utilizan en aplicaciones de alta frecuencia que requieren de un voltaje fijo de salida. La frecuencia de resonancia máxima queda

limitada por los tiempos de desactivación de los tiristores o transistores. Los inversores resonantes permiten una regulación limitada del voltaje de salida.

Los inversores resonantes en paralelo se alimentan a partir de una fuente constante de cd y entregan un voltaje de salida senoidal. Los inversores y rectificadores de clase E son sencillos y se utilizan principalmente para aplicaciones de baja potencia y de alta frecuencia.

Los convertidores de conmutación a voltaje cero ZVS y a corriente cero ZCS se vuelven cada vez mas populares, porque se activan y desactivan en corriente/voltaje cero, eliminando por lo tanto pérdidas de conmutación. En el caso de los inversores de enlace en CD resonantes, un circuito resonante se conecta entre el inversor y la alimentación en C. los pulsos de voltaje resonantes se producen en la entrada del inversor, y los dispositivos del inversor se activan o desactivan en voltaje cero.

### **3.2 INVERSORES RESONANTES EN SERIE**

Los inversores resonantes en serie se basan en la oscilación resonante de la corriente. Los componentes de la conmutación y el dispositivo de conmutación se colocan en serie con la carga, a fin de formar un circuito subamortiguado. La corriente a través de los dispositivos de conmutación se abate hasta cero, debido a las características naturales del circuito. Si el elemento de conmutación es un tiristor, se dice que está autoconmutado. Este tipo de inversor produce una forma de onda aproximadamente senoidal para una frecuencia de salida alta, que va desde 200 Hz hasta 100 kHz, y por lo regular, se utiliza en aplicaciones de salida relativamente fija (como la calefacción por inducción, la transmisión de sonar, la iluminación fluorescente o los generadores ultrasónicos).

Debido a la alta frecuencia de conmutación, el tamaño de sus componentes es pequeño.

Existen varias configuraciones para los inversores resonantes en serie, dependiendo de la conexión de los dispositivos de conmutación y de la carga. Los inversores en serie se pueden clasificar en dos categorías:

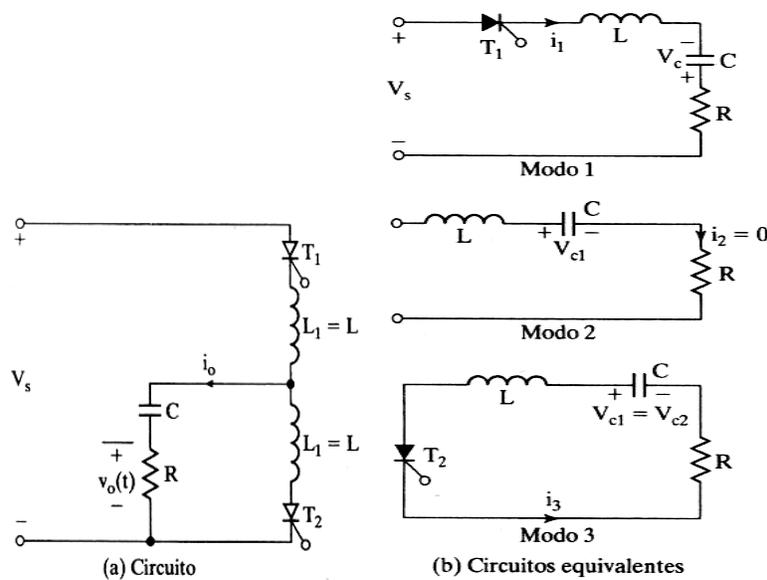
- 1) Inversores resonantes en serie con interruptores unidireccionales
- 2) Inversores resonantes en serie con interruptores bidireccionales

**INVERSORES RESONANTES SERIE CON INTERRUPTORES UNIDIRECCIONALES.**

En la figura 3.1 muestra el diagrama eléctrico de un inversor serie sencillo, que usa dos interruptores de tiristor. Cuando se dispara el tiristor  $T_1$ , por la carga pasa un pulso resonante de corriente, y la corriente baja a cero cuando  $t = t_{im}$  y  $T_1$  es auto-conmutado. El disparo del tiristor  $T_2$  causa una corriente resonante en sentido inverso a través de la carga y  $T_2$  también es auto-conmutado. La operación del circuito se puede dividir en tres modos, y los circuitos equivalentes se ven en la figura 3.23b. Las señales de activación de compuerta para los tiristores, la corriente en la carga y el voltaje del capacitor se ven en la figura 3.23c. El circuito resonante que forman  $L$   $C$  y la carga (se supone resistiva) en serie debe ser subamortiguado.

- Modo 1) Este modo comienza al disparar  $T_1$  y pasa un pulso resonante de corriente por  $T_1$  y la carga
- Modo 2) Durante este modo, los tiristores  $T_1$  y  $T_2$  están desactivados.
- Modo 3) Este modo comienza cuando  $T_2$  se activa y pasa una corriente resonante en sentido inverso por la carga.

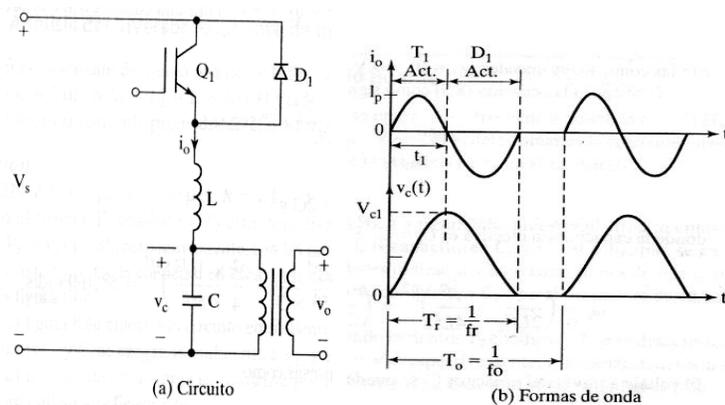
Esto indica que bajo condiciones de estado permanente, los valores pico de la corriente positiva y de la corriente negativa que pasan por la carga, son iguales. La corriente en la carga debe ser cero, y  $T_1$  debe desactivarse antes de disparar  $T_2$ . De no ser así se produce una condición de cortocircuito a través de los tiristores y el suministro de CD. Por consiguiente, el tiempo desactivado disponible, llamado zona muerta, debe ser mayor que el tiempo de encendido de los tiristores.



**FIGURA 3.1** Inversores resonantes básicos en serie

**INVERSORES RESONANTES SERIE CON INTERRUPTORES BIDIRECCIONALES.**

Para los inversores resonantes con interruptores unidireccionales, los dispositivos de potencia deben activarse cada medio ciclo del voltaje de salida. Esto limita la frecuencia del inversor, la cantidad de transferencia de energía de la fuente a la carga. Además, los dispositivos se someten a un alto voltaje pico en sentido inverso. El rendimiento de los inversores serie se puede mejorar en forma apreciable conectando un diodo en antiparalelo con el dispositivo, como se ve en la figura 3.27a. Cuando se dispara el dispositivo  $Q_1$ , pasa un pulso resonante de corriente, y  $Q_2$  se auto-conmuta cuando  $t = t_1$ . Sin embargo, la oscilación resonante continúa a través del diodo  $D_1$  hasta que la corriente baja de nuevo a cero, al final de un ciclo. La forma de onda de la corriente en la carga y los intervalos de conducción de los dispositivos de potencia, se ven en la figura 3.2

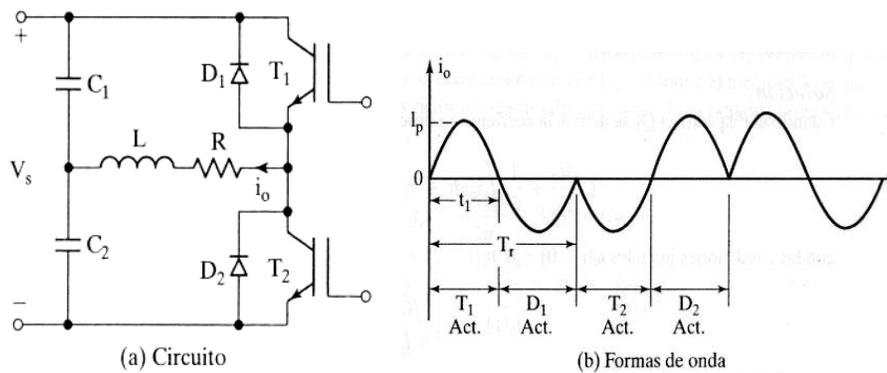


**FIGURA 3.2** Inversor resonante serie con interruptores unidireccionales

Si el tiempo de conducción del diodo es mayor que el de desactivación del dispositivo, no hay necesidad de una zona muerta, y la frecuencia de salida es la misma que la frecuencia de resonancia. El tiempo mínimo de conmutación del dispositivo consiste en el tiempo de retardo, tiempo de subida, tiempo de bajada y tiempo de almacenamiento. El diodo  $D_1$  se debe conectar lo más cerca posible al tiristor, y las terminales de conexión deben ser mínimas, para reducir toda inductancia parásita en el lazo formado por  $T_1$  y  $D_1$ . Debido a que el voltaje en sentido inverso durante el tiempo de recuperación del tiristor  $T_1$  ya es bajo, de 1 V en forma típica, toda inductancia en el paso por el diodo debe reducir el voltaje neto en sentido inverso entre las terminales de  $T_1$  y el tiristor  $T_1$  puede no desactivarse. Para

superar este problema se usa, en el caso normal, un tiristor conductor en sentido inverso (RCT, de reverse conducting Thyristor). Un RCT se forma integrando un tiristor asimétrico con un diodo de recuperación rápida en una sola oblea de silicio, y los RCT son ideales para los inversores resonantes serie.

El diagrama de circuito para la versión de medio puente y la forma de onda de la corriente de carga y los intervalos de conducción de los dispositivos de potencia se ven en la figura 3.3. La configuración de puente completo se ve en la figura 3.4. Los inversores se pueden operar en dos modos distintos: no superpuestos y superpuestos o traslapados. En un modo no superpuesto, el disparo de un dispositivo transistor se retarda hasta que ha terminado la última oscilación de corriente a través de un diodo, como en la figura 3.3. En un modo superpuesto, se dispara un dispositivo mientras que el diodo de la otra parte todavía esta conduciendo corriente, como se ve en la figura 3.4. Aunque la operación traslapada aumenta la frecuencia de salida, aumenta la potencia producida.



**FIGURA 3.3** Inversores serie de medio puente con interruptores bidireccionales

La frecuencia máxima de los inversores con tiristor está limitada debido a los requisitos de desactivación o de conmutación de los tiristores, de 12 a 20  $\mu$ s en forma típica, mientras que los transistores sólo requieren un microsegundo o menos. El inversor transistorizado puede operar en la frecuencia de resonancia. En la figura 3.5 se ve un inversor transistorizado de medio puente, con una carga conectada a través del transformador. El transistor Q2 se puede activar casi en forma instantánea después que se ha desactivado el transistor Q.

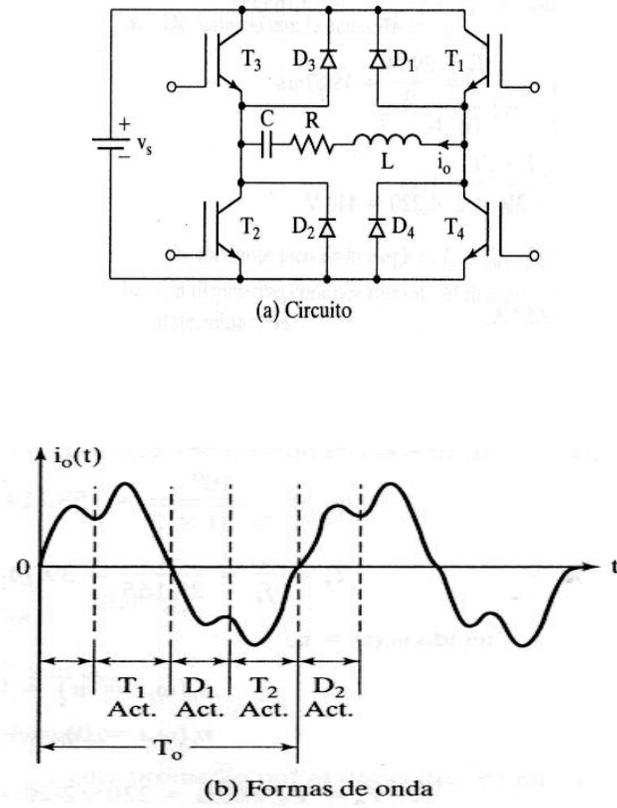


FIGURA 3.4 Inversores serie puente completo con interruptores bidireccionales.

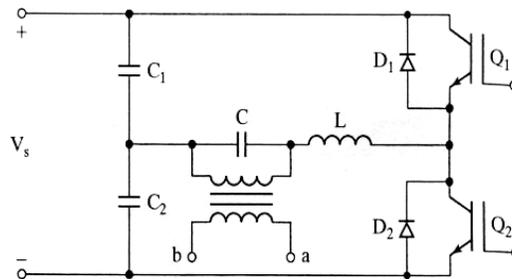


FIGURA 3.5 Inversor resonante transistorizado de medio puente.

Con interruptores bidireccionales, se reducen las especificaciones de corriente de los dispositivos. Para la misma potencia en la salida, la corriente promedio en el dispositivo es la mitad, y la corriente rms es  $1/\sqrt{2}$  de la de un inversor con interruptores unidireccionales.

Para los mismos parámetros de circuito, la potencia de salida de un inversor de medio puente es cuatro veces, y las corrientes por el dispositivo son dos veces que las de un inversor de medio puente. Para la misma potencia de salida, la corriente promedio por el dispositivo de un inversor con interruptores bidireccionales es la mitad en comparación con la de un inversor con interruptores unidireccionales. Por lo anterior, se usan en general los inversores de medio puente y de puente completo con interruptores bidireccionales.

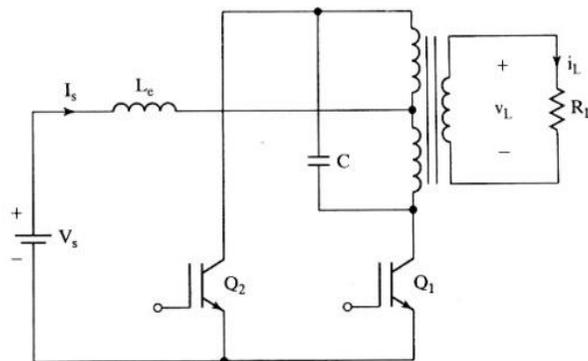
### 3.3 INVERSOR RESONANTE EN PARALELO

Un inversor resonante en paralelo es el dual de un inversor resonante en serie. Es alimentado a partir de una fuente de corriente, por lo que el circuito ofrece una alta impedancia a la corriente en conmutación.

Dado que la corriente está controlada en forma continua, en condiciones de falla este inversor proporciona una mejor protección contra corto circuito.

En la figura 3.6a se ve un inversor resonante paralelo. El inductor funciona como fuente de corriente, y el capacitor es el elemento de resonancia. La inductancia mutua del transformador funciona como inductor en resonancia. Una corriente constante se conmuta en forma alternativa al circuito resonante mediante los transistores  $Q_1$  y  $Q_2$ . Las señales de la compuerta se ven en la figura 3.6c. Si se refiere la resistencia de la carga al lado primario, y si se desprecian las inductancias de fuga del transformador, el circuito equivalente queda como el de la figura 3.6b.

En la figura 3.7 se muestra un inversor resonante práctico que alimenta a una lámpara fluorescente.



(a) Circuito

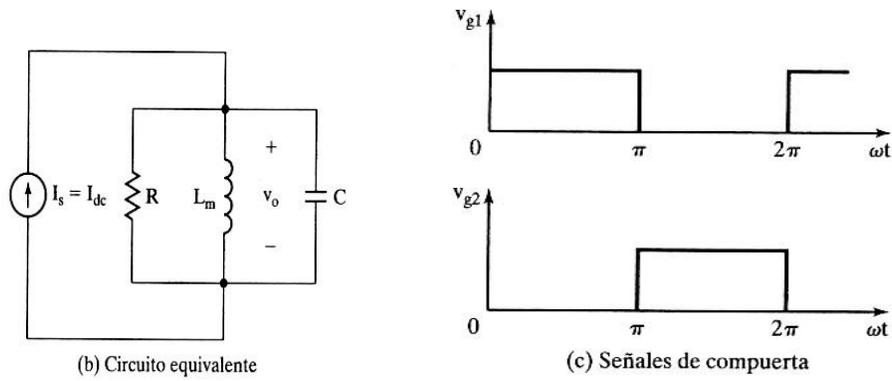


FIGURA 3.6 Inversor resonante paralelo

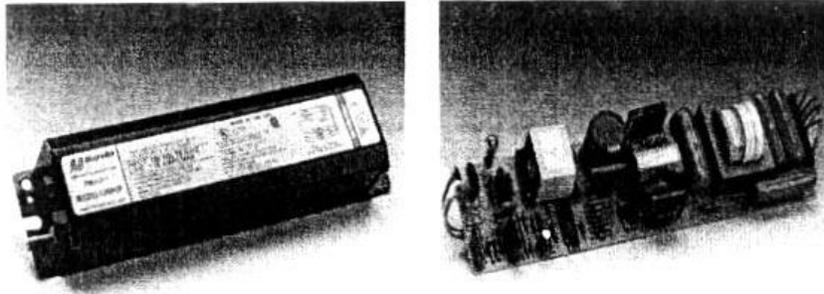


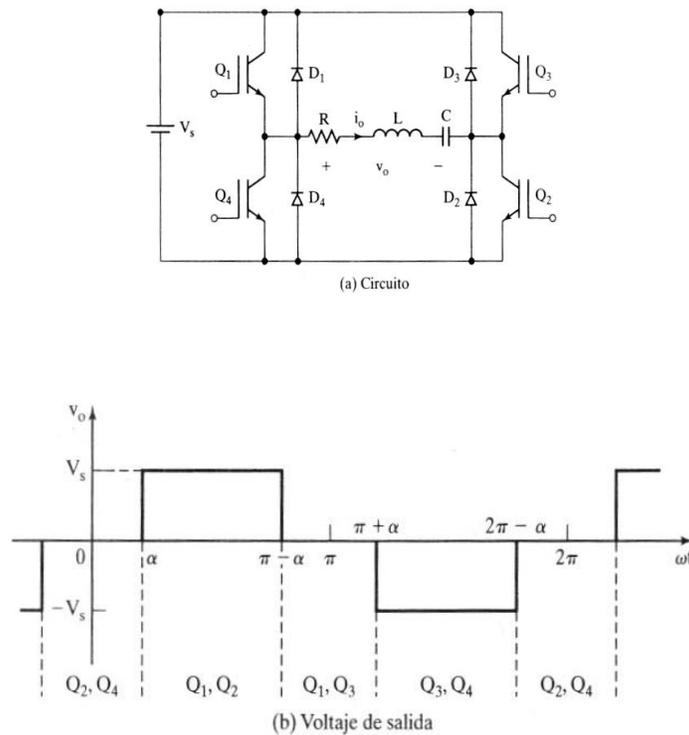
FIGURA 3.7 Inversor resonante práctico

### 3.4 CONTROL DE VOLTAJES EN INVERSORES RESONANTES

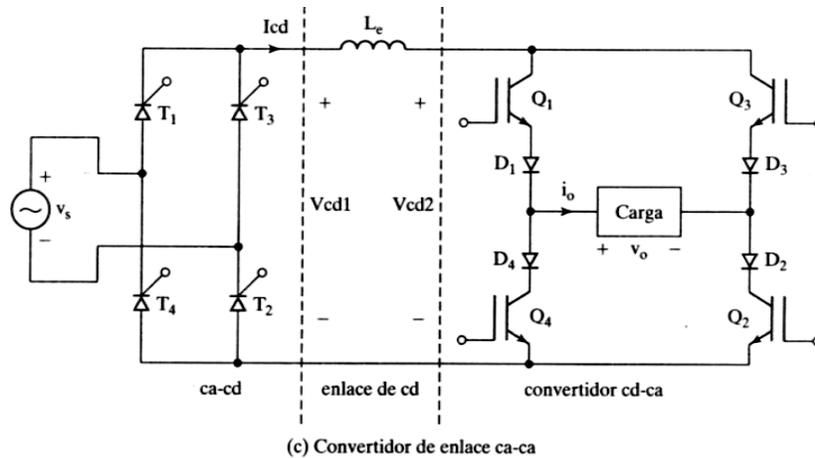
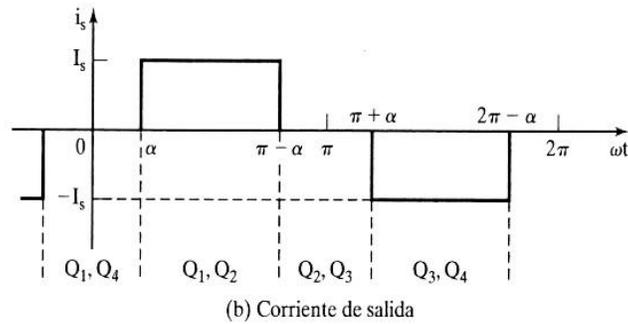
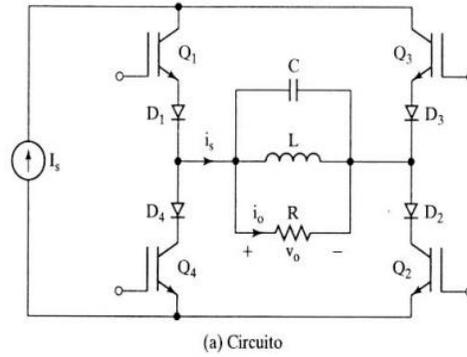
Los inversores casi - resonantes (QRI, de quasi-resonant inverter) se usan para controlar voltaje de salida, en el caso normal. Se pueden considerar como híbridos de convertidores resonantes y PWM. El principio es sustituir el interruptor de potencia en los convertidores PWM como el interruptor resonante. Las formas de onda de corriente o voltaje de conmutación son forzadas a oscilar en forma casi

sinusoidal. Una gran familia de circuitos convertidores convencionales se puede transformar en sus convertidores resonantes contrapartes.

Se puede aplicar una topología de puente, como la de la figura 3.8a, para lograr el control del voltaje de salida. La frecuencia de conmutación se mantiene constante e igual a la frecuencia de resonancia. Al conmutar dos dispositivos en forma simultanea, se puede obtener una onda casi cuadrada, como en la figura 3.8b. Con la topología puente que se ve en la figura 3.9a se puede controlar el voltaje de salida. Se mantiene constante la frecuencia de conmutación en la frecuencia de resonancia. Al conmutar los dispositivos en forma simultanea, se puede obtener una onda casi cuadrada, como la de la figura 3.9b.



**FIGURA 3.8** Control de voltaje casi cuadrado para un inversor resonante serie.



**FIGURA 3.9** Control de corriente casi cuadrado para un inversor resonante paralelo.

Este concepto se puede extender a aplicaciones de CD de alto voltaje (HVCD) en las que el voltaje de CA se convierte en voltaje de CD, y después se vuelve a convertir en CA. En el caso normal se hace la transmisión a corriente de CD constante. En la figura 3.9 se ve una versión monofásica. La etapa de salida podría ser un inversor de fuente de corriente, o un rectificador controlado por tiristor.

### 3.5 INVERSOR RESONANTE CLASE E

Un inversor resonante en clase E solo utiliza un transistor, tiene bajas pérdidas de conmutación y obtiene una alta eficiencia, de más de 95%. Por lo general se utiliza en aplicaciones de baja potencia que requieran menos de 100 W, en particular en balastros electrónicos de alta frecuencia para lámparas. El dispositivo de conmutación tiene que soportar un alto voltaje. Este inversor se utiliza normalmente para un voltaje de salida fijo. Sin embargo al modificar la frecuencia de conmutación, el voltaje de salida puede variar.

#### Modo 1

Durante este modo el transistor  $Q_1$  está activado. La corriente de conmutación  $i_T$  está formada por la corriente de la alimentación  $i_s$  y la corriente de la carga  $i_o$ . A fin de obtener una corriente de salida casi senoidal, se seleccionan valores de L y C para tener un alto factor de calidad,  $Q \geq 7$ , y una baja relación de amortiguación, por lo general  $\delta \geq 0.072$ . El conmutador se desactiva en el voltaje cero. Cuando el conmutador está desactivado, su corriente se desvía de inmediato a través del capacitor  $C_e$ .

#### Modo 2

Durante este modo el transistor  $Q_1$  está desactivado. La corriente del capacitor  $i_e$ , se convierte en la suma de  $i_s$  e  $i_o$ . El voltaje de conmutación se eleva desde cero hasta un valor máximo, y otra vez se abate a cero. Cuando el voltaje de conmutación se abate hasta cero,  $i_e = C_e dv_T/dt$  normalmente será negativo. A fin de limitar este voltaje negativo, se conecta un diodo antiparalelo. Si el conmutador es un MOSFET, su voltaje negativo queda limitado al valor de la caída de voltaje, de su diodo interconstruido.

#### Modo 3

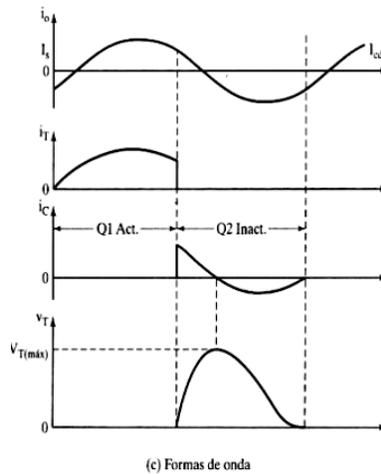
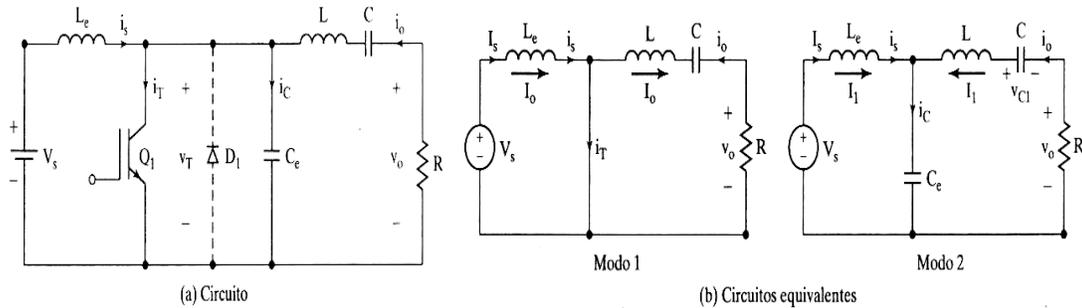
Este modo existirá únicamente si el voltaje de conmutación se abate hasta cero con una pendiente finita negativa. El circuito equivalente es similar al del modo 1, excepto por las condiciones iniciales. La corriente de la carga se abate a cero al final del modo 3. Sin embargo, si los parámetros del circuito son tales que el voltaje de conmutación se abate a cero con una pendiente cero, no habrá necesidad de un diodo y este modo no existirá. Es decir,  $v_T = 0$  y  $dv_T/dt = 0$ . Los parámetros óptimos que por lo general satisfacen estas condiciones y que dan la máxima eficiencia están dados por:

$$L_e = 0.4001 R/\omega_s$$

$$C_e = 2.165 / R\omega_s$$

$$\omega_s L - (1/\omega_s C) = 0.3533 R$$

donde  $\omega_s$  es la frecuencia de conmutación. El ciclo de trabajo es  $k = t_{on}/ T_s = 30.4\%$ .



**FIGURA 3.10** Inversor resonante clase E.

En la figura 3.10c se muestran las formas de onda de la corriente de salida, corriente en el interruptor y del voltaje de conmutación. Un inversor clase E que sólo requiere un dispositivo de conmutación es adecuado para aplicaciones en baja potencia donde se requiera menos de 100w. En el caso normal se usa para suministrar un voltaje fijo de salida.

### 3.6 RECTIFICADOR RESONANTE DE CLASE E

Dado que los convertidores de cd a cd generalmente están formados por un inversor resonante de cd a ca y un rectificador de ca a cd, un rectificador de diodos de alta frecuencia sufre desventajas, tales como pérdidas por conducción y conmutación, oscilaciones parásitas y un alto contenido armónico de corriente de entrada. Un rectificador resonante de clase E resuelve estas limitaciones. Utiliza el principio de la conmutación en voltaje cero del diodo, esto es el diodo se desactiva en el voltaje cero. La capacitancia de la unión del diodo se incluye en la capacitancia resonante  $C_r$ , y por lo tanto no afecta en forma adversa el funcionamiento del circuito. La operación del circuito se puede dividir en dos modos: modo 1 y modo 2. Supongamos que  $C_r$  es lo suficientemente grande como para que el voltaje de salida  $V_o$  sea constante, hagamos que el voltaje de entrada  $v_s = V_m \sin \omega t$ .

#### Modo 1

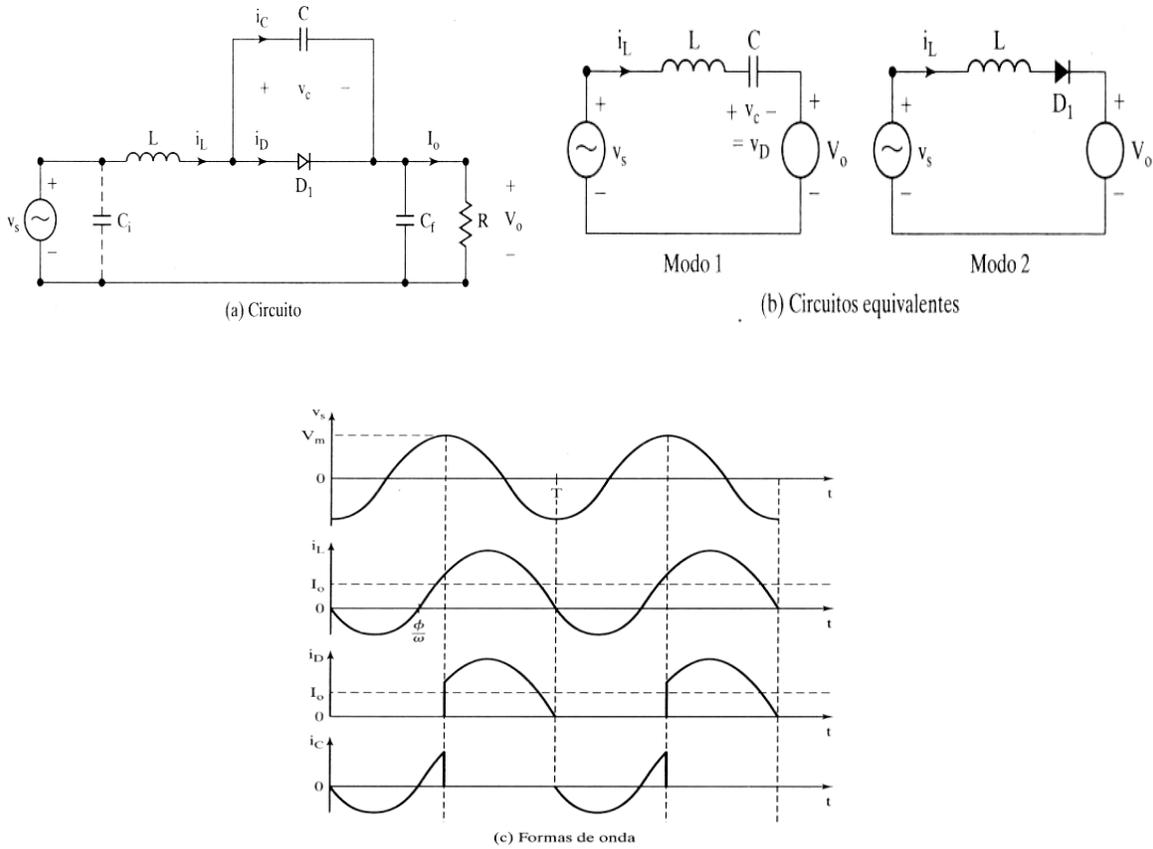
Durante este modo el diodo está desactivado. Los valores de LC son tales que  $\omega L = 1/\omega C$  a la frecuencia de operación  $f$ . El voltaje que aparece a través de L y de C es  $v_{(LC)} = V_s \sin \omega t - V_o$ .

#### Modo 2

Durante este modo el diodo está activado. El voltaje que aparece a través de L es  $v_L = V_s \sin \omega t - V_o$ . Cuando llega a cero la corriente del diodo  $i_D$ , que es la misma que la corriente del inductor  $i_L$ , el diodo se desactiva. En ese momento,  $i_D = i_L = 0$  y  $v_D = v_C = 0$ , lo que nos da  $dv_C/dt = 0$ . Por lo tanto, en el momento de la desactivación, el voltaje del diodo es cero, y por lo tanto las pérdidas de conmutación se reducen.

La corriente de entrada tiene un componente de CD y un retardo de fase como se ve en la figura. Para mejorar el factor de potencia en la entrada, en el caso normal se conecta un capacitor en la entrada, como se indica en la figura con líneas interrumpidas.

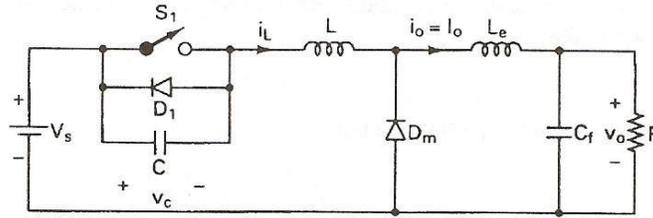
Un rectificador clase E sólo usa un diodo, que se desactiva en voltaje a cero. Se reduce la pérdida por conducción en el diodo, y las armónicas en la corriente de entrada son bajas.



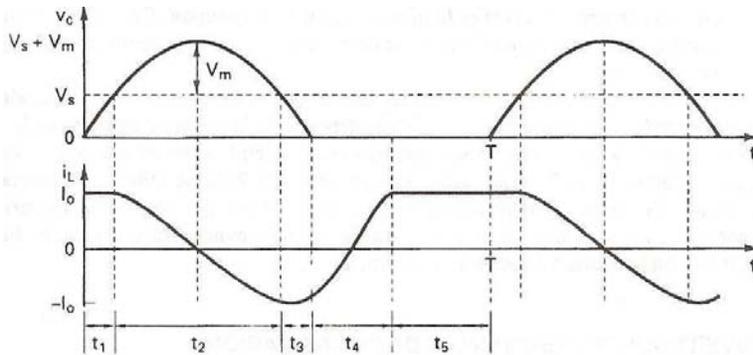
**FIGURA 3.11** Rectificador resonante clase E

### 3.7 CONVERTIDORES RESONANTES DE CONMUTACIÓN A VOLTAJE CERO (ZVS)

Los interruptores de un convertidor resonante de conmutación a voltaje cero se activan y desactivan en el voltaje cero. Para lograr la conmutación a voltaje cero, el capacitor  $C$  se conecta en paralelo con el interruptor  $S_1$ . La capacitancia interna de conmutación  $C_j$  se añade a la del capacitor  $C$ , y solo afecta la frecuencia resonante contribuyendo por lo tanto a que no exista excitación de potencia en el interruptor. Si el interruptor está organizado con un transistor  $Q_1$  y un diodo  $D_1$  antiparalelo el voltaje a través de  $C$  permanece fijo mediante  $D_1$  y el interruptor se opera en una configuración de media onda. Si el diodo  $D_1$  se conecta en serie con  $Q_1$  el voltaje a través de  $C$  podrá oscilar con libertad y el interruptor operará entonces en configuración de onda completa. Un convertidor resonante ZVS es el dual de un convertidor resonante ZCS.



**FIGURA 3.12** Convertidor resonante tipo ZVS

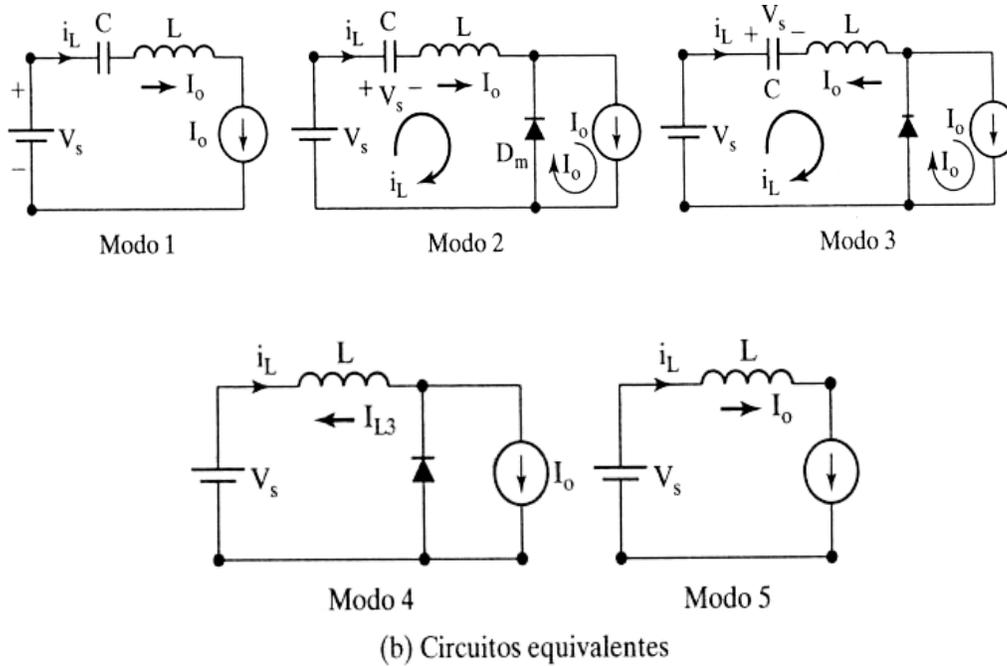


**FIGURA 3.13** Forma de onda de un convertidor resonante tipo ZVS

En la figura 3.13 se muestran las formas de onda de la corriente del inductor y del voltaje. Esto indica que el voltaje pico de conmutación depende de la corriente de la fuente. Por consiguiente, una gran variación de la corriente en la carga produce una gran variación en el voltaje de conmutación. Por esta razón, los convertidores ZVS sólo se usan en aplicaciones con carga constante. El interruptor debe desactivarse sólo a voltaje cero. De no ser así, la energía almacenada en C puede disiparse en el interruptor. Para evitar este caso, el diodo en antiparalelo debe conducir antes de activar el interruptor. Un ZVS moldea la forma de onda de voltaje de conmutación durante el tiempo de apagado, desactivación, para crear una condición de voltaje cero para que el interruptor se active.

Se pueden aplicar las condiciones del convertidor resonante ZCS tipo M si se sustituye la corriente del inductor con el voltaje del capacitor y viceversa, L por C y viceversa y el voltaje de entrada con la corriente de la fuente. La operación del

circuito se puede dividir en cinco modos cuyos circuitos equivalentes se ven en la figura 3.14

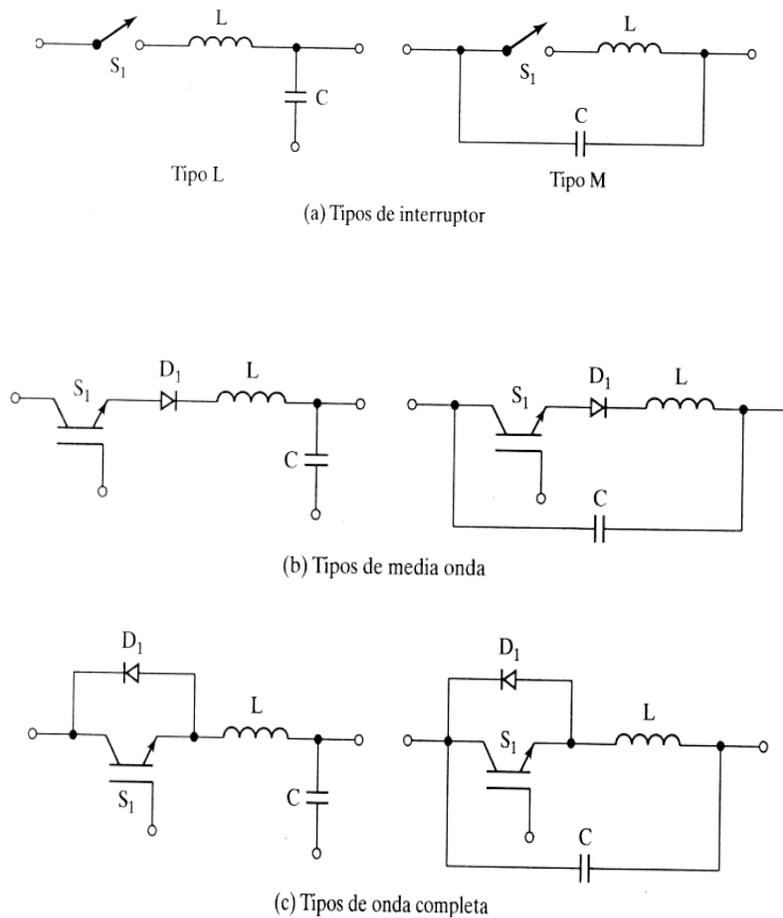


**FIGURA 3.14** Convertidor resonante ZVS

### 3.8 CONVERTIDORES RESONANTES DE CONMUTACIÓN A CORRIENTE CERO (ZCS)

Los interruptores de un convertidor resonante de conmutación a corriente cero (ZCS) se activan y se desactivan en la corriente cero. El circuito resonante, está formado por el interruptor SI, el inductor  $L$  y el capacitor  $C$ . Ha sido clasificado en dos tipos: el tipo L Y el tipo M. En ambos tipos, el inductor  $L$  limita el  $di/dt$  de la corriente de conmutación, y  $L$  Y  $C$  constituyen un circuito resonante en serie. Cuando la corriente de mutación es cero, existe una corriente  $i = Cj dVT/dt$  que fluye a través de la capacitancia debido a una pendiente finita del voltaje de conmutación en el momento de la desactivación. Este flujo de corriente causa disipación de potencia en el interruptor y limita la alta frecuencia de conmutación.

El interruptor se puede poner en práctica ya sea en configuración de media onda, donde el diodo  $D_1$  permite un flujo de corriente unidireccional, o en configuración de onda completa, donde la corriente de conmutación puede fluir en forma bidireccional. En la realidad, los dispositivos no se desactivan en la corriente cero debido a los tiempos de recuperación. Como resultado, una cierta cantidad de energía queda atrapada en el inductor  $L$  del tipo de configuración L, y aparecen transitorios de voltaje a través del interruptor. Esto favorece la configuración de tipo L sobre el tipo M.



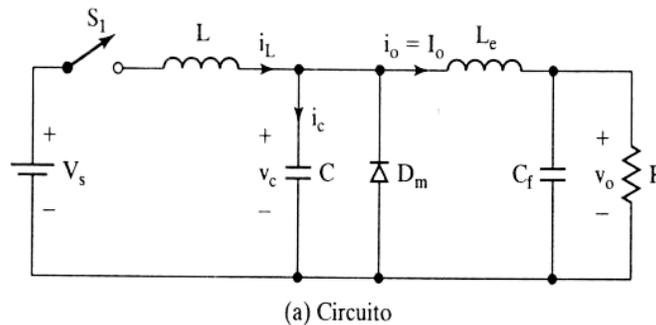
**FIGURA 3.15** Rectificador resonante tipo ZCS

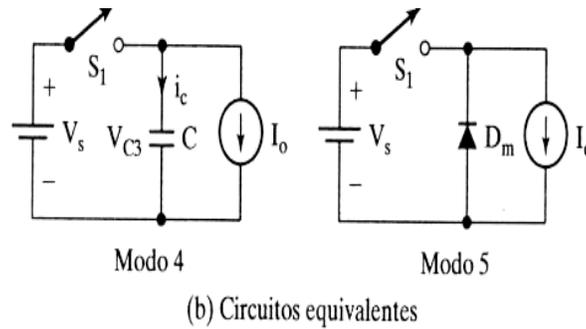
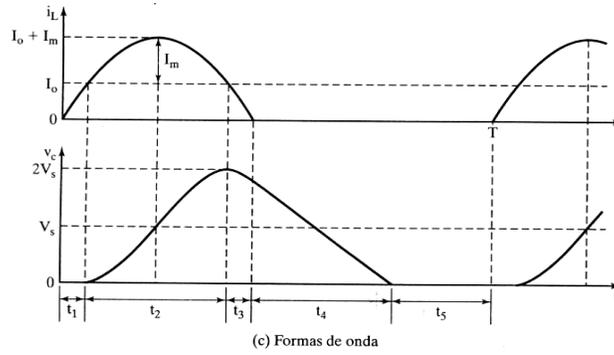
## CONVERTIDOR RESONANTE ZCS TIPO L

En la figura 3.16a se muestra un convertidor ZCS tipo L. La operación del circuito se puede dividir en cinco modos cuyos circuitos equivalentes se muestran en la figura 3.16b. Se redefinirá el origen del tiempo como  $t=0$ , al principio de cada modo.

- Modo 1. Este modo es valido cuando  $0 \leq t \leq t_1$ . El interruptor  $S_1$  se activa y el diodo  $D_m$  conduce. La corriente en el inductor aumenta en forma lineal.
- Modo 2. Este modo es valido cuando  $0 \leq t \leq t_2$ . El interruptor  $S_1$  permanece activado y el diodo  $D_m$  está desactivado.
- Modo 3. Este modo es valido cuando  $0 \leq t \leq t_3$ . La corriente en el inductor baja a cero.
- Modo 4. Este modo es valido cuando  $0 \leq t \leq t_4$ . El capacitor alimenta la corriente.
- Modo 5. Este modo es valido cuando  $0 \leq t \leq t_5$ . El voltaje del capacitor tiende a ser negativo, el diodo  $D_m$  conduce. La corriente de la carga pasa por el diodo  $D_m$ . Este modo termina cuando el interruptor  $S_1$  se activa de nuevo y el ciclo se repite.

En la figura 3.16c se ven las formas de onda. El voltaje pico de conmutación es igual al voltaje de alimentación de CD. Ya que la corriente en el interruptor es cero en la activación y desactivación, la pérdida por conmutación, que es el producto de  $v$  por  $i$ , se vuelve muy pequeña. La corriente pico de resonancia debe ser mayor que la corriente en la carga, lo que establece un limite al valor mínimo de resistencia de la carga. Sin embargo, conectando un diodo en antiparalelo con el interruptor, se puede hacer que el voltaje de salida sea insensible a las variaciones en la carga.

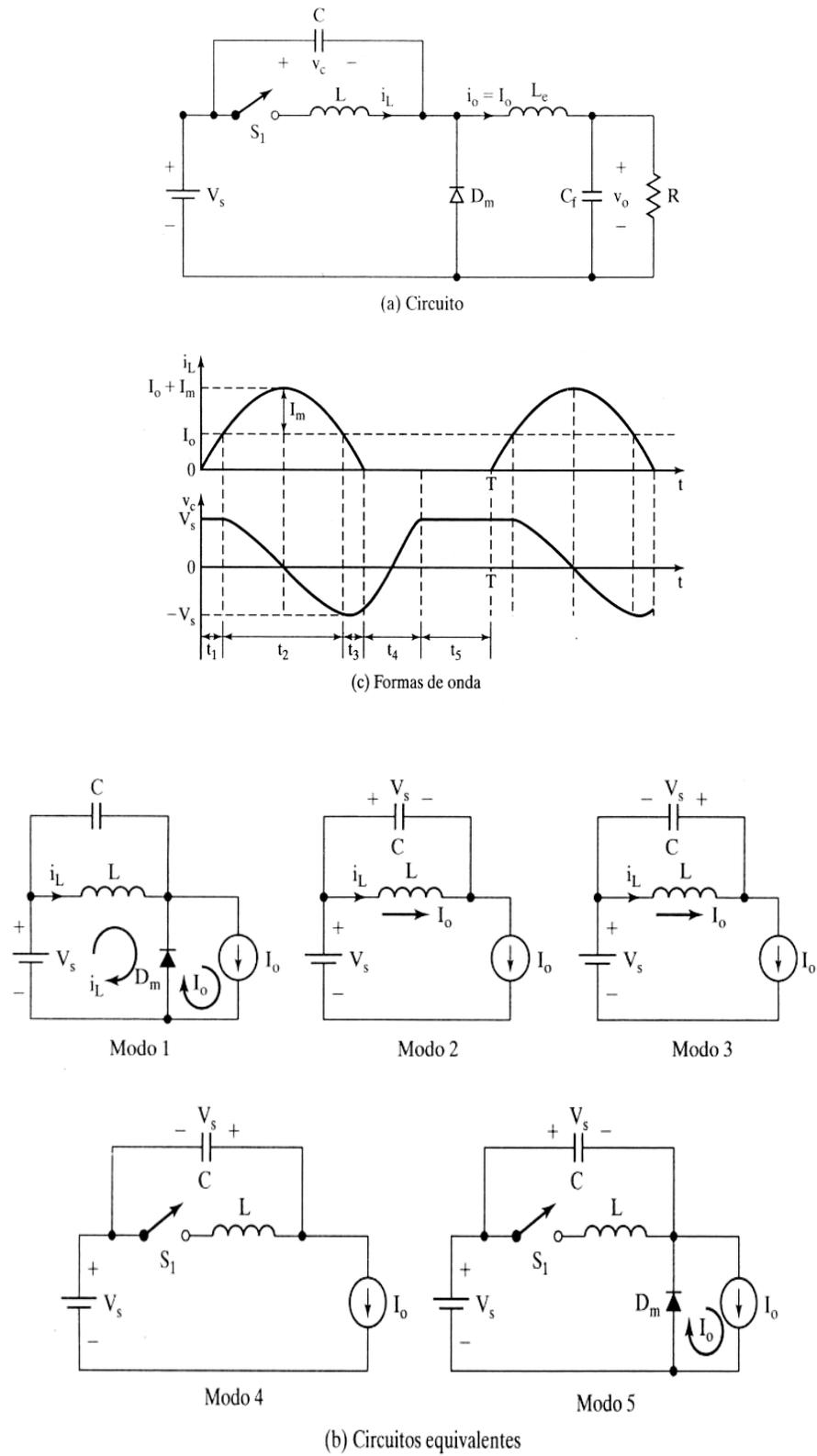




**FIGURA 3.16** Convertidor Resonante ZCS tipo L

**CONVERTIDOR RESONANTE ZCS TIPO M**

En la figura 3.17a se muestra un convertidor resonante ZCS tipo M. La operación del circuito se puede dividir en cinco modos cuyos circuitos equivalentes se muestran en la figura 3.17b. Se redefinirá el origen del tiempo como  $t = 0$  al principio de cada modo. Aquí solo hay pequeñas variantes en el modo 2, 3 y 4 donde el voltaje aquí es positivo y en el tipo L es negativo y en el modo 3 es negativo y en el tipo L es positivo.



**FIGURA 3.17** Convertidor resonante CZS tipo M

Un interruptor a corriente cero (ZC) moldea la forma de onda de la corriente de conmutación durante su tiempo de conducción formando una condición de corriente cero para la desactivación del interruptor.

### **COMPARACIÓN ENTRE CONVERTIDORES RESONANTES ZCS Y ZVS**

Los convertidores ZCS pueden eliminar las pérdidas por conmutación en la desactivación y reducirlas en activación. Como se conecta en paralelo con el diodo  $D_m$ , un capacitor relativamente grande, la operación del inversor se vuelve insensible a la capacitancia de la unión del diodo. Cuando se usan MOSFET's de potencia como ZCS, la energía almacenada en la capacitancia del dispositivo se disipa durante la activación. Esta pérdida capacitiva en la activación es proporcional a la frecuencia de conmutación. Durante la activación puede aparecer una tasa de cambio de voltaje grande en el circuito de activación de la compuerta, a causa del acoplamiento a través del capacitor Miller, aumentando así la pérdida por conmutación y el ruido. Otra limitación es que los interruptores están bajo esfuerzo por alta corriente, y resulta mayor pérdida por conducción. Sin embargo, se debe notar que el ZCS tiene especial eficacia para reducir la pérdida por conmutación en dispositivos de potencia (como los IGBT's) que tienen larga corriente de cola en el proceso de desactivación.

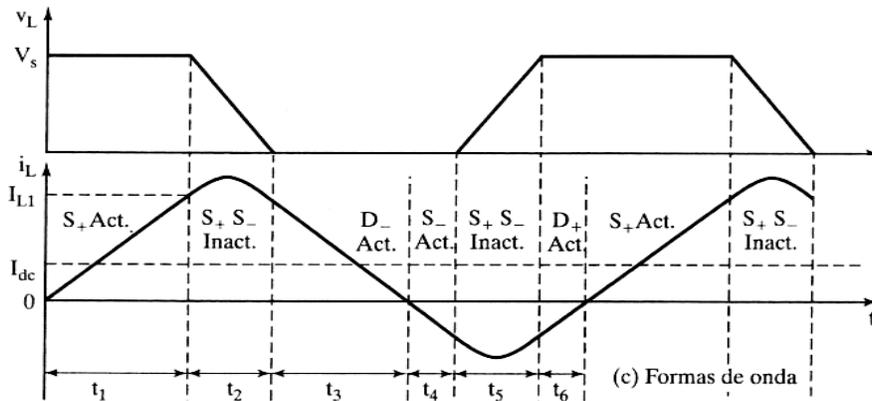
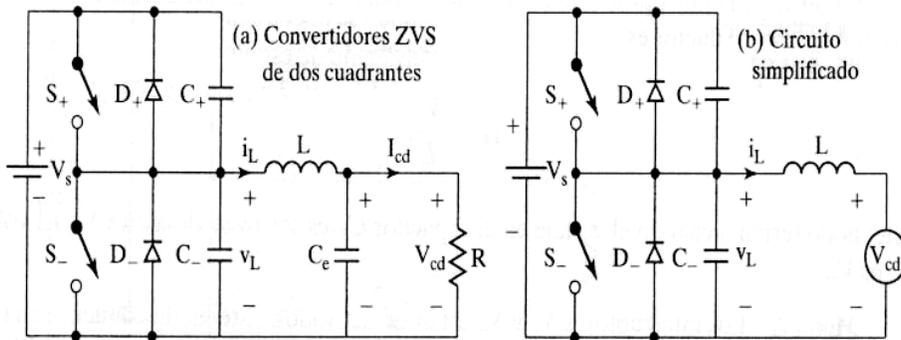
Por la naturaleza del tanque de resonancia y de la ZCS, la corriente pico de conmutación es mucho mayor que en una onda cuadrada. Además, se establece un alto voltaje a través del interruptor en el estado desactivado, después de la oscilación resonante. Cuando el interruptor se vuelve a activar, la energía almacenada en el capacitor de salida se descarga a través del interruptor, causando una importante pérdida de potencia a grandes frecuencias y a altos voltajes. Esa pérdida por conmutación se puede reducir usando ZVS.

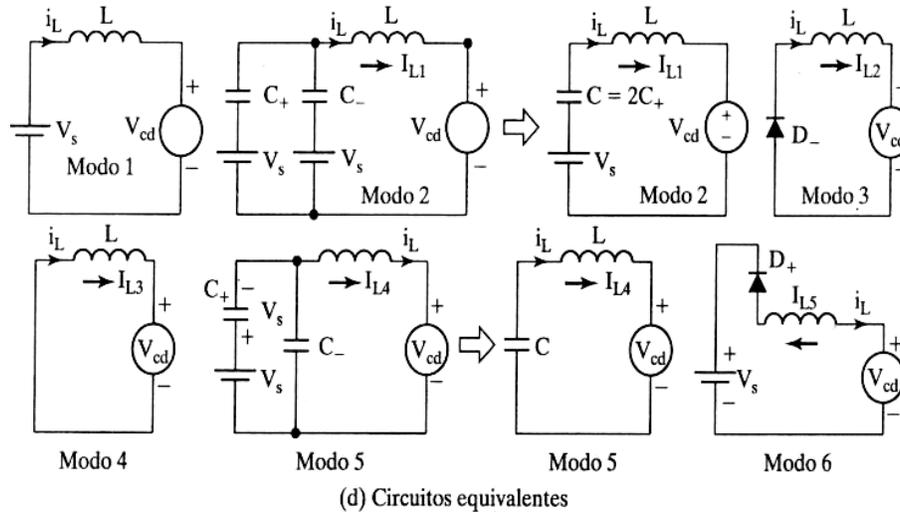
Los convertidores ZVS eliminan la pérdida capacitiva por activación. Son adecuados para operación en alta frecuencia. Sin fijadores de voltaje, los interruptores pueden estar sometidos a demasiado esfuerzo dieléctrico, que es proporcional a la carga.

Para ambos convertidores ZVS y ZCS se puede lograr el control de voltaje de salida variando la frecuencia. La conversión ZCS opera con un control de tiempo activo constante, mientras que la conversión ZVS opera con un control de tiempo inactivo constante.

**CONVERTIDORES RESONANTES DE CONMUTACIÓN A VOLTAJE CERO EN DOS CUADRANTES**

El concepto de la ZVS se puede ampliar a un convertidor de dos cuadrantes, como se ve en la figura 3.18a, donde los capacitores. El inductor  $L$  tiene un valor tal que forma un en resonancia. La frecuencia de resonancia es mucho mayor que la frecuencia de conmutación. Suponiendo que la capacitancia del filtro es grande, la carga se sustituye por un voltaje CD,  $V$ , como se ve en la figura 3.18b. La operación del circuito se puede dividir en seis modos. Los circuitos equivalentes para varios modos se ven en la figura 3.18d.





**FIGURA 3.18** Convertidor resonante ZVS de dos cuadrantes.

- Modo 1. El interruptor S está activado. Suponiendo que la corriente inicial es la corriente en el inductor. Este modo termina cuando el voltaje en el capacitor es cero y se desactiva.
- Modo 2. Los interruptores S+ y S- están desactivados. Este modo comienza cuando el capacitor tiene voltaje cero y el voltaje del capacitor negativo es  $V_s$ . El equivalente de este modo se puede simplificar a un circuito resonante de C y L con una corriente inicial en el inductor.
- Modo 3. El diodo D- se activa. La corriente baja en forma lineal hasta 0.
- Modo 4. El interruptor S se activa cuando  $V_o$  llegan a cero. La corriente en el inductor continúa bajando, en dirección negativa, hasta que el voltaje en el interruptor llega a cero y se desactiva S-.
- Modo 5. Los interruptores S+ y S- están desactivados. Este modo comienza teniendo voltaje cero y teniendo  $V_s$ , y se parece al modo 2. El voltaje  $V_o$  se puede considerar que, aproximadamente, sube en forma lineal desde 0 hasta  $V_s$ . Este modo termina cuando  $V_o$  tiende a ser mayor que  $V_s$  y el diodo D se activa.
- Modo 6. El diodo D se activa, la corriente del inductor baja en forma lineal hasta cero. Este modo termina cuando la corriente en el inductor es igual a cero. El interruptor S+ se activa y se repite el ciclo.

Las formas de onda se ven en la figura 3.18c. Para ZVS, la corriente en el inductor debe pasar en ambas direcciones, para que el diodo conduzca antes de que su interruptor se active. El voltaje de salida puede hacerse de forma casi cuadrada

haciendo que la frecuencia de resonancia sea mucho mayor que la frecuencia de conmutación. El voltaje de salida puede regularse por control de frecuencia. El voltaje del interruptor se fija solo hasta  $V_s$ .

Sin embargo, los interruptores deben conducir la corriente del inductor, que tiene grandes rizados y mayores picos que la corriente en la carga. El convertidor se puede operar en un modo de corriente regulada, para obtener la forma deseada. El circuito de la figura 3.18 se puede ampliar al del inversor monofásico de medio puente que se ve en la figura 3.19.

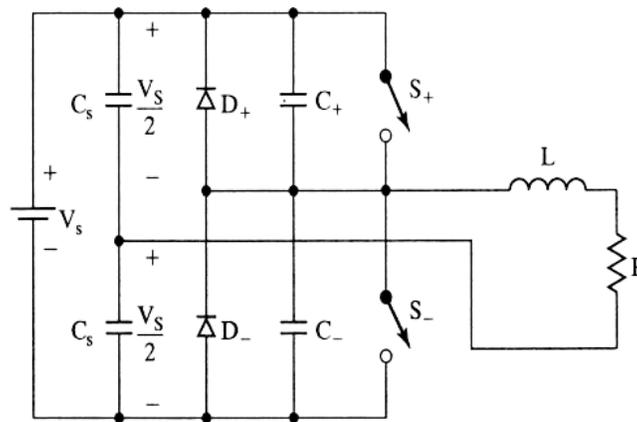


FIGURA 3.19 Inversor resonante ZVS trifásico.

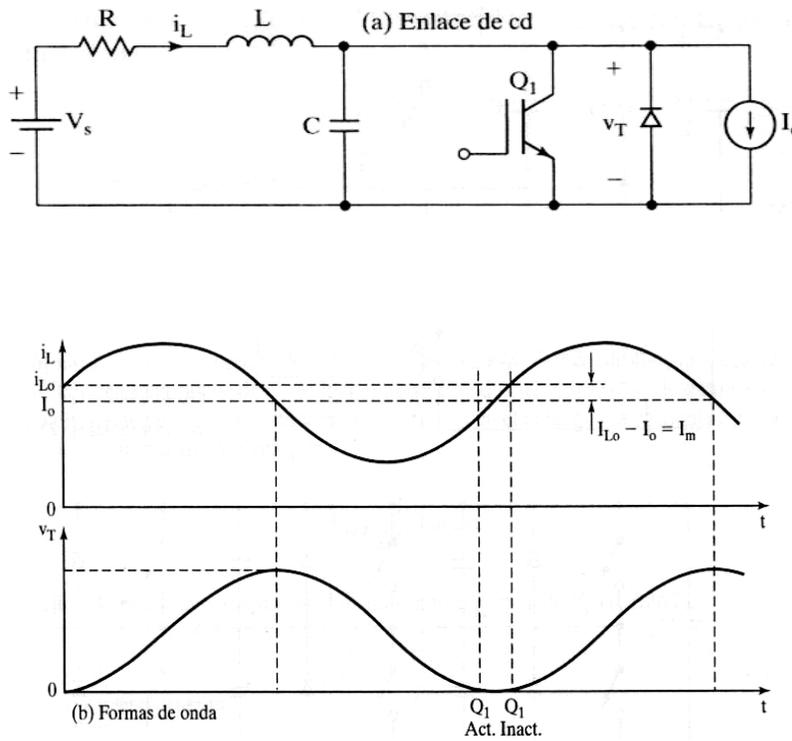
### 3.9 INVERSORES RESONANTES DE ENLACE CD

En los inversores resonantes de enlace de CD, se conecta un circuito resonante entre el voltaje de CD de alimentación y el inversor PWM, de tal modo que el voltaje de alimentación al inversor oscile entre cero y un valor un poco mayor que el doble del voltaje de entrada en CD. El enlace resonante, es parecido al inversor clase E, donde  $I_o$  es la corriente que toma el inversor, suponiendo que el circuito no tiene pérdidas que la resistencia es 0.

Bajo condiciones sin pérdidas, la oscilación continúa y no hay necesidad de activar el interruptor  $S_1$ . Sin embargo, en la práctica si hay pérdidas de potencia en la resistencia, la corriente en el inductor es una senoide amortiguada y  $S_1$  se activa para llevar a la corriente a su valor inicial. El valor de la resistencia es pequeño y el

circuito es subamortiguado. En la figura 3.2ob se ven las formas de onda de voltaje y corriente. El interruptor Si se activa cuando el voltaje en el capacitor baja a cero y se desactiva cuando la corriente llega al nivel de la corriente inicial.

Se puede ver que el voltaje del capacitor solo depende de la diferencia de las corrientes inicial y en el inductor y no de la corriente en la carga. Así, el circuito se debe monitorear cuando el interruptor conduce, y apagarlo cuando se ha llegado al valor deseado de corriente.



**FIGURA 3.20** Enlace resonante de CD.

# CAPITULO

# 4

# DISEÑO

**4.1 PROBLEMAS ELÉCTRICOS A RESOLVER Y ENTORNO DE APLICACIÓN**

Una vez conocemos la potencia necesaria del SAI, deberemos tener en cuenta el entorno eléctrico en que se deberá situar y los problemas de la misma índole que afectan al sistema y deben ser resueltos mediante el SAI. A continuación una tabla que nos ayudara en la mejor elección del SAI que mas nos convenga.

<b>Problema eléctrico</b>	<b>Entorno</b>	<b>SAI Recomendado</b>
Cortes de red	Zona Urbana	OFF-LINE
Variaciones de red (bajadas)	Zona Urbana	OFF-LINE + Boost
Alteraciones frecuentes (Subidas y bajadas)	Zona Urbana	OFF-LINE + Estabilizador
Alteraciones frecuentes (Subidas y bajadas)	Zona Industrial	OFF-LINE + Estabilizador
Problemas de ruido eléctrico conexión de maquinaria, soldadura por arco	Zona Industrial	ON-LINE

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Algunas de las características eléctricas más importantes a tener en cuenta en un SAI son:

**Referente al inversor:**

Estabilidad del voltaje de salida en régimen estático. Indica la estabilidad del voltaje de salida sin perturbaciones de red ni variaciones de carga.

Estabilidad en régimen transitorio. Indica la variación del voltaje de salida cuando se produce una variación rápida de red ó bien con variaciones en la carga.

Distorsión armónica. Indica la distorsión que contiene el voltaje de salida. Dicho contenido será función de la tecnología utilizada por el inversor, siendo mucho más fácil entregar la misma distorsión en un inversor que trabaje en PWM (Modulación por anchura de pulso), que no en otro que opere con señal cuadrada.

Factor de potencia admisible. ( $\cos \theta$ ). Indica el desfase voltaje-corriente que admite el inversor. - Potencia de salida. Indicada normalmente en VA (potencia aparente), expresa la potencia nominal que puede entregar el inversor, a través del factor de potencia, se puede conocer la potencia activa  $W$ , que puede suministrar el equipo.  
 $W=VA \cdot \cos \theta$

Factor de Cresta. Es el cociente de la división entre el valor de pico de la corriente demandada por el ordenador y el valor RMS o eficaz de la corriente. El factor usual de un ordenador es de 2 a 3. El grave perjuicio que ocasiona este tipo de consumo, que se agrava cuantos más ordenadores se deben alimentar, debe ser soportado por la red eléctrica o por el SAI. La inclusión de correctores de  $\cos \theta$  en los SAI, minimiza el problema hacia la red eléctrica, siendo el SAI quien proporciona la totalidad de energía de cresta, sin afectar a la red eléctrica.

Sobrecarga admisible y forma de protección. Indica las veces en que se puede sobrecargar el inversor sin deterioro para él. Es una característica importante en sistemas ON-LINE, ya que es el inversor quien debe soportar dicha sobrecarga, al conectar la carga a proteger.

Forma de onda. Existen diversas posibilidades en el diseño ó construcción del inversor, con lo cual un SAI, puede entregar diversas formas de onda. Será un dato interesante el conocimiento de ésta, sobre todo en función del equipo informático que estamos alimentando y los armónicos generados.

Estabilidad en frecuencia. Indica la variación en frecuencia que genera el inversor, por tratarse de un generador, debe ser lo más cercana posible a la frecuencia de red.

### **Referente al cargador de baterías (ON-LINE) ó al sistema (OFF-LINE).**

Voltaje de entrada. Indica el voltaje máxima y mínima tolerable por el SAI, será un dato importante el voltaje de red a la cual todavía se carga batería. En sistemas OFF-LINE indicará la voltaje de intervención del equipo y por tanto los límites de protección.

Corriente de carga. Su control es muy importante para evitar un deterioro prematuro de las baterías. La corriente ideal es  $C/10$ , la capacidad en Amperes/hora dividido por

10. El cargador debe ser capaz de mantener este máximo de carga sin descuidar la corriente que necesita la etapa osciladora en los modelos ON-LINE para seguir funcionando.

### **Referente a las baterías**

Autonomía. Es el tiempo que podemos seguir alimentando a la carga, cuando no existe red ó ésta está por debajo del voltaje mínima, a la cual todavía se carga la batería. Debe medirse a potencia nominal.

Tipo de batería y número de éstas. Da una idea de las corrientes que circulan por el inversor, también del costo de cambio de acumuladores y su esperanza de vida.

### **Referente al Bypass**

Bypass ó posibilidad de éste. Es la posibilidad de incorporar un conmutador que alimente a la carga desde la red, en caso de fallo del inversor.

Aislamiento eléctrico, cuando interviene el Bypass. Si el Bypass, no dispone de aislamiento, obligatoriamente una fase de entrada, está en permanente conexión, con una fase de salida, por tanto se está ofreciendo una vía inmejorable, para que el ruido o perturbaciones en modo común, lleguen al sistema que se debería proteger.

### **Generales**

Tipo de ventilación, temperatura, rendimiento. Son valores indicativos de las pérdidas del equipo y del esfuerzo al que se somete a los semiconductores de potencia.

Numero de avisos e indicaciones. Reflejarán la situación en la que se encuentra el equipo, y facilitarán su manejo. Son en definitiva una mayor comodidad al usuario.

## La instalación eléctrica interior y línea informática

Los problemas que se pueden ocasionar en una instalación eléctrica del interior de un edificio, bien sea industria, oficinas o domicilio particular, son los mismos que los anteriormente descritos para las líneas de distribución o transporte, y aunque suelen ser de menor magnitud, por estar más cerca del origen del problema, pueden ocasionar peores efectos. La conexión o desconexión de cargas inductivas como maquinaria, motores, ascensores, equipos de soldadura, compresores y el entorno de zonas industriales o industrias en particular, provoca este tipo de problemas, al cual se le añade frecuentemente las dificultades de regulación, por parte de la compañía suministradora, debido al alto grado de variación en consumo de los mismos. El criterio básico a tener en cuenta, en una instalación informática, es la instalación de una línea de suministro único al Sistema Informático, denominada comúnmente Línea Dedicada, y que alimenta al sistema desde la acometida de la red eléctrica (contadores), a fin de que ésta, esté lo más exenta posible de los problemas de índole interna antes mencionados. El conductor de Tierra, debe formar parte de esta línea dedicada. Al final de ésta línea y en función de la posibilidad de ejecución de la misma, los problemas descritos tendrán mayor o menor magnitud, la solución o atenuación de los mismos se puede realizar mediante diversos equipos, como son transformadores de aislamiento, estabilizadores, acondicionadores de red o SAI.

## Sistema típico de cableado de un edificio

En origen, la energía se transporta mediante un sistema de cableado de 5 hilos, 3 de los cuales son activos o Fase (trifásica), y los dos cables restantes corresponden al Neutro y Tierra. Normalmente, los equipos utilizan un sistema de tres hilos, correspondientes en México una Fase, Neutro y Tierra. Los dos primeros transportan la energía y el tercero se conecta a las partes metálicas de los equipos por razones de seguridad. En algunos países se distingue entre fase y neutro, mientras que en Norte-América, no se utiliza el neutro y los cables que transportan energía, son ambos Fase. Dado que se trata de corriente alterna, no existe diferencia, desde un punto de vista energético, entre el conductor Fase y el Neutro, ya que ambos están aportando y retornando energía periódicamente. La diferencia estriba, en que el conductor de Neutro, está referenciado a Tierra. Nos encontramos pues, con dos conductores referenciados a tierra, la Tierra, propiamente dicha utilizada como seguridad y el Neutro, conductor de potencia no peligroso respecto a las partes metálicas. Una computadora y más concretamente su fuente de alimentación, no distingue la presencia o no del Neutro, por tanto el intercambio Fase-Neutro, no debe ser origen de ningún problema. En cambio si es importante tener en cuenta la Toma de Tierra. Inicialmente, ésta debe derivar al terreno corrientes de cualquier naturaleza, que se puedan originar bien por defectos de aislamiento, bien por causas atmosféricas, de carácter impulsional. La incorrecta instalación de una Toma de Tierra, o una degradación de la misma, aumenta la resistencia de paso y por tanto disminuye su efecto protector, éste defecto aplicado a Sistemas Eléctricos u electrónicos, donde la

inmunidad de los mismos comienza derivando las corrientes de alta frecuencia (parásitos y ruidos) hacia tierra, provocarán una disminución de su atenuación y por tanto serán más vulnerables a los mismos. Otro problema que puede surgir, es que la corriente de fugas que circule por la línea de tierra, como causa de un defecto en un aislamiento de una máquina o una radiofrecuencia que se desvíe a tierra en un filtraje, antes de llegar a tierra se inyecte a otra máquina o equipo y ello provoque problemas en el funcionamiento del mismo, ello será más acusado cuanto peor sea la resistencia de paso a tierra. Dos son los tipos de ruido eléctrico más comunes en una instalación: Ruido en Modo Común.- Es el ruido eléctrico existente entre los cables que llevan energía (fase y neutro) y la línea de Tierra. Ruido de Tierra.-Es el ruido que aparece entre las tomas de tierra de varios equipos conectados a la misma línea de tierra.

Equipos y grado de protección ofrecido por los mismos.

Transformador de aislamiento.

Equipado de pantalla electrostática o bobinado mediante carrete separador, permite obtener una atenuación importante de ruidos y parásitos. La atenuación de éstos depende de la concepción y calidad del mismo. No soluciona variaciones de voltaje, cortes ni micro cortes, ni tampoco ruidos de línea de tierra, dado que éste conductor no se puede interrumpir. Su utilidad estriba únicamente en la atenuación de ruidos en modo común. Un transformador de aislamiento, completa las soluciones ofrecidas por una línea dedicada, no la sustituye.

Transformador ferro resonante.

Disponen de un condensador en la salida, en paralelo con bobinas secundarias, con lo que se proporciona una realimentación magnética y se consigue una estabilización de salida, esta técnica fue muy empleada, (antiguos estabilizadores para TV.), pero obtiene muy poco rendimiento. La aplicación de este tipo de transformador, usado para hacer frente a problemas de regulación quedó en desuso, con la aparición de los estabilizadores electrónicos.

Regulador de voltaje, Estabilizador.

Ofrece soluciones cuando el problema estriba en variaciones de red, sin embargo depende en gran modo de sus características, tiempo de respuesta y margen de regulación. Consiste en la conmutación de diversas tomas de un transformador, a fin de seleccionar el voltaje de salida requerida. Pueden incorporar un transformador de aislamiento, de modo que solucionan a la vez el problema de ruidos, pero son incapaces de solucionar los cortes, micro cortes y las variaciones de frecuencia de la red, puesto que no aportan autonomía. Existen dos familias de estabilizadores, el

ferro resonante y los electromagnéticos. Los primeros actúan por saturación del núcleo del transformador. Los segundos mediante conmutación de tomas.

Acondicionadores de red.

Es la combinación de un transformador de aislamiento y un regulador de red. Pueden por tanto ser ferro resonante o electromagnético. Logran buenos resultados frente a variaciones y parásitos de red, pero siguen siendo impotentes frente a cortes y variaciones de frecuencia, en cambio su coste empieza a ser importante.

Diseño de un sistema de protección integral.

Para el diseño e instalación de elementos ó equipos de protección integral, deberemos conocer en primera instancia la vulnerabilidad de los equipo a proteger. Recordemos que los factores que solían afectar al correcto comportamiento de sistemas electrónicos, eran: Regulación, Transitorios, Ruidos, Armónicos, Tierra y cortes de suministro. En nuestro caso, el primero, cuarto y sexto, quedarán resueltos mediante la aplicación de un SAI. El quinto factor o Tierra, dependerá de la construcción de la misma, es recomendable utilizar una Tierra exclusiva para informática ó equipos críticos y otra para maquinaria. En función de la calidad del suelo, se instalarán las piquetas suficientes para asegurar una muy baja impedancia. Factor ruidos: Depende en gran medida de una correcta instalación de los buses de datos y comunicación, en ningún caso deben discurrir paralelos a líneas de suministro y deben tener un buen apantallamiento, el cual estará a Tierra. Factor transitorio: Ya vimos la naturaleza de éstos y dadas las grandes magnitudes que pueden llegar a alcanzar, no es suficiente la aplicación de un SAI, como medida de seguridad será necesario aplicar también Filtros Supresores.

Filtros Supresores.

Son elementos no lineales los cuales a partir de una cierta sobre voltaje, bajan su impedancia, desviando, la energía excedente hacia una línea de menor impedancia, que la que presenta la carga ó equipo a proteger. Un filtro supresor no es un elemento de absorción sino de desvío. Bien es cierto, que absorben parte de la sobre energía, y por tanto deberá tenerse en cuenta su capacidad de absorción, pero el desvío de las sobre corrientes, normalmente hacia una buena conducción de Tierra, son en realidad la forma de protección empleada. Veamos un caso típico, la protección de un Modem, donde se trata de proteger las entradas de señal, frente a las posibles perturbaciones de la línea telefónica. En primer lugar deberemos conocer la máxima sobre voltaje permisible del equipo a proteger, con ello elegiremos la voltaje de intervención del protector, la cual deberá estar entre un 20% y un 30% por debajo de la voltaje máxima. En la conexión la fuente de baja impedancia será la toma de Tierra y el elemento de desvío será el supresor, la propia

línea telefónica actuara como impedancia en serie con el filtro, limitando con su propia caída de voltaje, la energía que deberá disipar el filtro protector en cuestión.

En función de la magnitud previsible del transitorio y la sobre voltaje admisible por la carga, colocaremos uno ó varios elementos en cascada y será interesante estudiar su ubicación, a fin de aprovecharnos de la propia instalación eléctrica, para absorber escalonadamente los fenómenos transitorios. Si se realiza una instalación escalonada, el criterio de instalación debe ser el siguiente, supresores de alta velocidad y relativamente baja absorción, lo mas cercanos posibles a la carga a proteger, supresores de media absorción, en puntos medios de la instalación y protectores de alta absorción, puesto que no conocemos la impedancia asociada que nos ofrece la línea, en la entrada de la línea.

Rentabilidad de una red de supresores.

Para justificar la instalación de una red de supresores, deberemos conocer los costos o posibles costos de averías provocadas por estos efectos, no debe olvidarse el costo de producción, mientras se efectúa la reparación del sistema. En segundo lugar, deberemos conocer el costo del supresor ó red de supresor necesario. Es evidente, que a pesar de la aleatoriedad del fenómeno, el costo queda justificado.

La línea de transporte y distribución.

Los problemas de la calidad de la energía y los causados por su defecto, son consecuencia de la evolución de la electrónica y más particularmente de su integración. Con ello se incrementa la exposición del usuario a perturbaciones eléctricas y aumenta también la sensibilidad de los equipos. Es por ello, que el suministro de corriente alterna, suele ser inadecuada para alimentar sistemas informáticos, pudiéndoles causar problemas de pérdidas de datos y errores de disco duro. Todos estos efectos se pueden agrupar en seis fenómenos: Regulación, Transitorios, Ruidos eléctricos, Armónicos, Tierra y Cortes de energía. Trataremos seguidamente cada uno de ellos de forma independiente, ya que la solución de uno no implica la resolución del otro.

Regulación.

Son variaciones lentas en el voltaje ó frecuencia, pudiendo durar desde algunos ciclos hasta algunas horas. Distinguiremos tres fenómenos que implican a la regulación: "swells" ó picos, son crecimientos lentos de la voltaje, pueden alcanzar valores superiores al 20% de valor nominal y durar segundos. Caídas de voltaje de corta duración "sags", son normalmente provocadas por arranque de motores, ya que éstos, en el arranque llegan a consumir hasta veinte veces su valor nominal. Caídas de voltaje de larga duración "brownouts", son provocadas por sobrecarga en la red, en un área amplia. Aunque los equipos electrónicos suelen tolerar bien los efectos de

la regulación a corto plazo, el efecto más inmediato es la reducción de la vida útil de éstos, debido fundamentalmente a los sobrecalentamientos generados.

Transitorios.

Los transitorios son sobre voltajes de corta duración y elevadas corrientes. Se considera transitorio a un fenómeno de duración inferior a 1ms y las frecuencias involucradas van desde KHz hasta centenares de MHz. El origen de los transitorios, según estudios realizados, revela que un 35% es debido a fenómenos naturales (relámpagos) y un 65%, a la conexión de cargas reactivas (motores, fluorescentes etc.). Otro origen de importancia son las descargas electrostáticas (Por su significado en ingles ESD, Electro-Static Discharge), debido al uso de fibras artificiales como telas de lana o algodón, vestidos etc. Un transitorio, puede afectar de varias maneras, en un primer grado, un circuito lógico puede recibir un transitorio, no ser destruido por él, pero interpretarlo erróneamente como información, provocando por tanto un fallo lógico. Una repetición del efecto en el mismo circuito, puede destruirlo por sobrecalentamiento, con lo cual no se hallarán las causas de la destrucción.

Ruidos.

El ruido eléctrico, ocupa un rango de frecuencias similar al de los transitorios, sin embargo éstos son de baja magnitud, pero de larga duración. Un ejemplo sería la inducción en una línea de transmisión de ondas de radio. Los fenómenos de ruido suelen provocar más errores de funcionamiento, que daños físicos.

Armónicos.

Son causa de la integración de múltiples frecuencias fundamentales de las fuentes de alimentación, suelen agravarse por el consumo de cargas alinéales como fuentes de alimentación conmutadas. Los armónicos impares son los más frecuentes, siendo el margen de frecuencias de 180 Hz hasta 1 KHz. Los problemas más frecuentes que presentan los armónicos son inesperados flujos en los sistemas eléctricos, sobre corrientes en los hilos conductores de neutro y grandes pérdidas en los transformadores. Las magnetos térmicas no alcanzarán tampoco, sus prestaciones habituales, produciéndose disparos prematuros. Para una solución ó más bien una atenuación de este tipo de problemas, cabe mencionar el sobredimensionado de neutros, utilización de transformadores de factor K, uso de disruptores de línea en lugar de magneto térmicos y filtros activos ó pasivos. La utilización de SAI's, es también un elemento a considerar, dado que suelen incluir un filtro activo, para la transformación de cargas no lineales en lineales.

Tierra.

Dos efectos debemos considerar respecto a la toma de tierra, el primero es de referencia, consiste en asegurar que varios equipos se mantienen al mismo voltaje; el

segundo es de seguridad, respecto a descargas eléctricas y riesgos de incendio. En ausencia de una tierra de referencia común, computadoras conectadas pueden verse afectadas por fallas lógicas y /o daños en las líneas de comunicación. La referencia a tierra, se obtiene a través del cero de impedancia, dado por la red eléctrica nacional, con ello la utilización de un punto único de tierra es la mejor solución para la equipotenciación de los equipos informáticos. En las líneas de transmisión de datos, el aislamiento eléctrico será la mejor solución

Cortes de energía.

Distinguiremos cuatro posibilidades, micro cortes <1 ciclo, caídas > 1 ciclo, caídas momentáneas < 1 min., caídas sostenidas > 1min. Las causas principales suelen ser, arranque de grandes motores, defectos en la línea o conmutaciones de la red, procedentes de la propia compañía. En el caso de micro cortes, dependeremos de la característica de la fuente de alimentación ( tiempo de reserva), para que pueda afectar o no, al sistema informático, ordenador ó equipo electrónico. Los cortes ó caídas, son ceros de red de duraciones mayores a 300 ms, llegando a provocar un paro total del equipo de forma no controlada. Los micro cortes, suelen afectar a las tablas de localización de archivos y a las memorias RAM, un típico error, es el de disco duro ilegible. La única solución a este tipo de problemas, reside en la utilización de SAI's.

**Distintos problemas de energía y soluciones**

<b>Protec. Sobre voltaje</b>	<b>Filtros</b>	<b>Estabilizadores</b>	<b>SAI</b>
<b>Regulación</b>	----	----	Si
<b>Transitorios</b>	Si	Si	Si
<b>Ruido</b>	----	Si	Si
<b>Armónicos</b>	----	----	Según Características
<b>Cortes</b>	----	----	Si

Soluciones existentes.

Existen diversas soluciones, las cuales aportan distintos grados de protección, y que en realidad forman parte de un proceso histórico de la evolución de las tecnologías

electromagnéticas y electrónica. En la parte final de esta documentación, trataremos de las soluciones posibles a los transitorios, dado que implica una tecnología externa al SAI, así como unas recomendaciones en la instalación.

Transformador de aislamiento.

Equipado de pantalla electrostática o bobinado mediante carrete separador, permite obtener una atenuación importante de ruidos y parásitos. La atenuación de éstos depende de la concepción y calidad del mismo. No soluciona variaciones, cortes ni micro cortes. Su utilidad estriba únicamente en la atenuación de ruidos.

Transformador ferro resonante.

Disponen de un condensador en la salida, en paralelo con bobinas secundarias, con lo que se proporciona una realimentación magnética y se consigue una estabilización de salida, esta técnica fue muy empleada, (antiguos estabilizadores para T.V.), pero obtiene muy poco rendimiento. La aplicación de este tipo de transformador, usado para hacer frente a problemas de regulación quedó en desuso, con la aparición de los estabilizadores electrónicos.

Regulador de voltaje, Estabilizador.

Ofrece soluciones cuando el problema estriba en variaciones de red, sin embargo depende en gran modo de sus características, tiempo de respuesta y margen de regulación. Consiste en la conmutación de diversas tomas de un transformador, a fin de seleccionar el voltaje de salida requerida. Pueden incorporar un transformador de aislamiento, de modo que solucionan a la vez el problema de ruidos, pero son incapaces de solucionar los cortes, micro cortes y las variaciones de frecuencia de la red, puesto que no aportan autonomía. Existen dos familias de estabilizadores, el ferro resonante y los electromagnéticos. Los primeros actúan por saturación del núcleo del transformador. Los segundos mediante conmutación de tomas.

Acondicionadores de red.

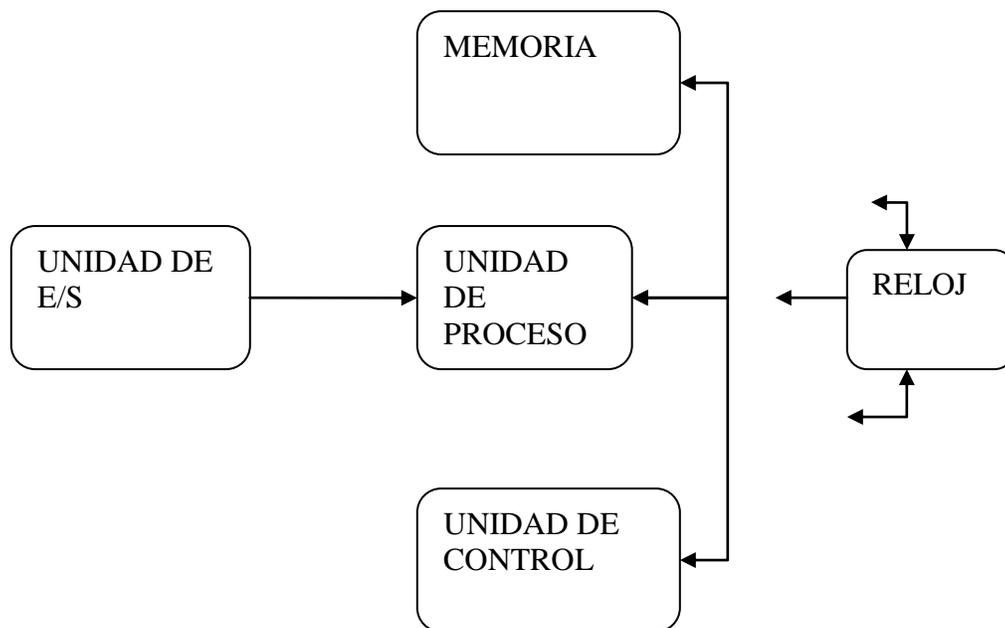
Es la combinación de un transformador de aislamiento y un regulador de red. Pueden por tanto ser ferro resonante o electromagnético. Logran buenos resultados frente a variaciones y parásitos de red, pero siguen siendo impotentes frente a cortes y variaciones de frecuencia, en cambio su costo empieza a ser importante.

## 4.2 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS MICROPROCESADORES

En 1940 Von Newman, configura la arquitectura básica de las computadoras modernas, basada en los siguientes conceptos:

- ⌚ Programa almacenado
- ⌚ Ruptura de la secuencia de programa mediante la toma de decisiones

Su diagrama a bloques es el siguiente:



**Memoria.-** En ella se almacena el programa a ejecutar en forma de secuencia de instrucciones.

**Unidad de Control.-** Su función es enviar consecutivamente instrucciones del programa desde la memoria hasta la unidad de proceso.

**Unidad de Proceso.-** Las instrucciones son decodificadas y ejecutadas en esta unidad.

**Unidad de E/S.-** Realiza la comunicación con el exterior, es decir, recibe y representa los datos y resultados de forma asequible.

**Reloj.-** El reloj se encarga de sincronizar todo el sistema compensando los retardos de los diferentes módulos. El sistema  $\mu P$  es secuencial, realiza una ejecución continua de instrucciones.

En 1969 se le pidió a Edward Hoff, Ingeniero de American Intel Corporation, que produjera los componentes para una calculadora de mesa programable. Hoff decidió colocar en una sola pastilla todos los circuitos relacionados con el funcionamiento principal de la calculadora: "La Unidad Central de Proceso (CPU)". Incluyó los circuitos que realizaban otras funciones, como el programa y la memoria, en chips separados. El resultado fue una unidad mucho más flexible, cuyas partes podían funcionar independientemente. Al construir por separado la unidad procesadora, ésta podía utilizarse para diferentes aplicaciones. Bastaba con conectarla a otro chip que tuviera distinto programa y memoria. Las Unidades Centrales de Proceso contenidas en una sola pastilla se denominaron "**Microprocesadores**"; los primeros los fabricó Intel y Texas Instruments en 1971.

## **MICROPROCESADORES**

Esencialmente, un microprocesador ( $\mu P$ ) es un circuito de alta escala de integración, compuesto de muchos circuitos más simples como son los Flip-flops, contadores, registros, decodificadores, comparadores, etcétera; todos ellos en un mismo encapsulado, de modo que el microprocesador puede ser considerado un dispositivo lógico de propósito general o universal. Todos los componentes que llevan a cabo físicamente la lógica y operación del microprocesador se denominan hardware. Además existe una lista de instrucciones –con las que se forman programas- que puede ejecutar; éstas constituyen el lenguaje del microprocesador o software.

Los pines o terminales de un microprocesador sacan del encapsulado las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir la conexión con memorias, módulos E/S, reloj y alimentación.

### **Sistema mínimo.**

Un microprocesador por sí mismo no es capaz de realizar tarea alguna, es necesario hardware de soporte; los elementos mínimos que requiere son:

- ⌚ Una fuente de alimentación
- ⌚ Un circuito de reloj
- ⌚ Dispositivos de memoria

🕒 Interfaz o módulo de entrada y salida (E/S)

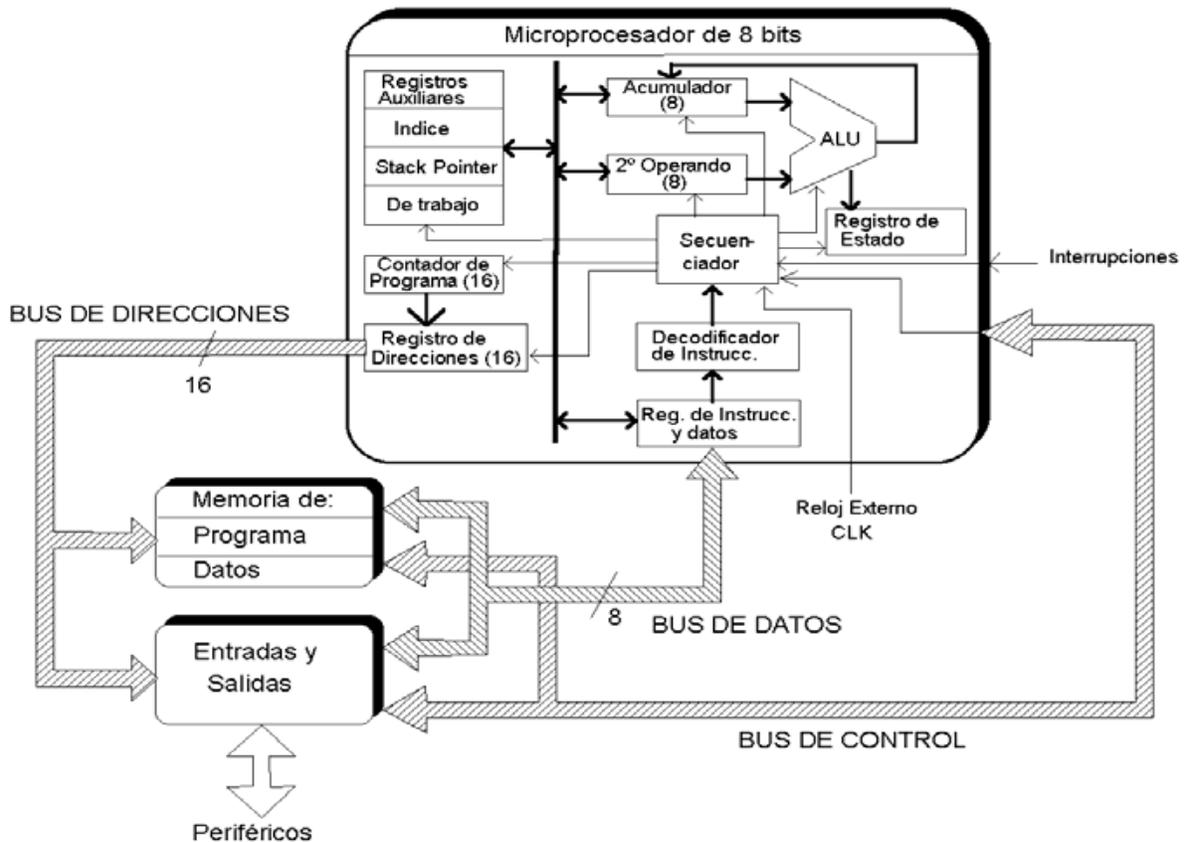
La implementación de todo este hardware constituye lo que se conoce como sistema mínimo, el siguiente diagrama corresponde a un sistema basado en la estructura de Von Newman. Sus bloques básicos son los siguientes:

**Microprocesador o CPU** (Central Process Unit), formado por los bloques principales: Unidad de Control y Unidad de Proceso.

**Memoria**, dispositivos o circuitos donde residen los códigos de las instrucciones del programa y los datos.

**Módulos E/S**, dispositivos o circuitos encargados de recibir y entregar información entre el CPU y la aplicación

**DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA BASADO EN UN  $\mu$ P DE 8 BITS**



Las instrucciones que constituyen el programa se almacenan en memoria en paquetes de 8 bits. Normalmente de la forma siguiente:

- ⌚ **Byte 1:** es el código de operación (**OPC ó OPCODE**) que indica la operación de la que se trata y su función. Por ejemplo operación lógica AND.
- ⌚ **Byte 2 y siguientes:** normalmente nos dan la información necesaria para acceder al dato sobre el que va a trabajar la instrucción. Pueden ser el propio dato, la dirección de memoria donde se encuentra el dato, etc. las diferentes posibilidades para acceder a ese dato se denominan **modos de direccionamiento** del  $\mu$ P.

Los OPCs suelen ser del mismo tamaño que el bus de datos del micro. En los micros de 8 bits (6502, Z80, 8088) los OPCs son de 8 bits. En los micros de 16 bits (68000, 8086, Z8000) los OPCs son de 16 bits.

En general, el conjunto de instrucciones del  $\mu$ Procesador se puede dividir en los siguientes bloques funcionales:

- ⌚ **Aritméticas:** suma, resta, producto.
- ⌚ **Lógicas:** AND, OR, NOT, EXOR.
- ⌚ **De transferencia de datos:** permiten transferir datos entre registros; entre memoria y los registros de la CPU; entre dos posiciones de memoria, etc.
- ⌚ **De Entrada/Salida:** permiten la lectura y escritura en los bloques periféricos de E/S.
- ⌚ **De control del procesador:** parada (STOP), no operación (NOP), interrupciones.
- ⌚ **De ruptura de secuencia del programa:** permiten realizar saltos condicionales o incondicionales dentro del programa

### **4.3 POTENCIA DEL SISTEMA**

Debe conseguirse por suma de consumos de cada elemento, ya sea mediante indicación de placa de características, o por medición del consumo, opción que es recomendable, en grandes redes o sistemas.

Para poder realizar el correcto diseño de nuestro UPS con las características adecuadas para los instrumentos utilizados en las prácticas que se realizan en los laboratorios de Electrónica se hicieron pruebas con cada uno de los equipos normalmente ocupados en las prácticas.

### **DATOS TECNICOS**

En nuestro caso particular las características de cada uno de los elementos se enuncian a continuación:

#### **Osciloscopio. Agilent 54621D/22D**

Rango de línea de voltaje: 100 – 240 VCA  $\pm$  10%. Selección Automática.  
Frecuencia de línea: 47 – 440 Hz.  
Potencia de uso: 100 W max.

#### **Generador de funciones. Agilent 33220A 20 Mhz.**

Rango de línea de voltaje: 100 – 240 VCA.  
Frecuencia de línea: 50 – 60 Hz (-5%, +10%)  
Rango de línea de voltaje: 100 – 120 VCA.  
Frecuencia de línea: 400Hz  $\pm$  10%.  
Potencia de uso: 50 VA max.

#### **Generador de funciones. Agilent 33120A.**

Rango de línea de voltaje: 100/120/220/240 VCA  $\pm$  10%. Selección con Switch.  
Frecuencia de línea: 45 – 60 Hz y 360 – 440 Hz. Detección automática al encenderse.  
Rango de línea de voltaje: 100 – 120 VCA.  
Frecuencia de línea: 400Hz  $\pm$  10%.  
Potencia de uso: 50 VA (28 W promedio).

**Fuente. Agilent E364XA Salida Dual.**

Entrada de CA:      Estándar 115 VCA ±10%      Frecuencia: 47 – 63 Hz.  
                         Opción 0E3 230 VCA ±10%      Frecuencia: 47 – 63 Hz.  
                         Opción 0E9 100 VCA ±10%      Frecuencia: 47 – 63 Hz.

Máxima potencia de entrada.

E3646A = 210 VA    E3647A = 210VA    E3648A = 400 VA    E3649A = 330 VA

(La indicación de W de la fuente más el rendimiento de la misma)

**CALCULO DE POTENCIAS PARA CADA UNO DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

Al realizar las siguientes pruebas de laboratorio utilizando cargas resistivas simulando los circuitos utilizados en las prácticas de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el equipo de laboratorio al realizar experimentos contemplando un factor de potencia de 0.8 se obtuvo la tabla del consumo de los instrumentos.

A continuación se presenta la potencia aparente calculada de cada uno de estos instrumentos de medición.

La potencia aparente consumida por la fuente en carga máxima  
 $S = 127V \times 1.43A = 181.61 \text{ VA}$

La potencia aparente consumida por el osciloscopio en carga máxima  
 $S = 127V \times 0.28A = 35.56 \text{ VA}$

La potencia aparente consumida por el generador en carga máxima  
 $S = 127V \times 0.25A = 31.75 \text{ VA}$

Esto nos ayuda a conocer que potencia necesitamos para el diseño de nuestro UPS calculando así que en un laboratorio de mayor demanda como en el caso de Dispositivos Electrónicos se ocupan normalmente el generador, la fuente, el osciloscopio y el multímetro; pero el multímetro utiliza batería y no requiere de una alimentación como los otros 3 equipos.

**CONSUMO DE INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>CARGA</b>	<b>CONSUMO CA ENTRADA (AMP)</b>
FUENTE	APAGADO	0 A	0
FUENTE	ENCENDIDO	0 A	0.63
OSCILOSCOPIO	APAGADO	0 A	0
OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	0 A	0.28
GENERADOR	APAGADO	0 A	0
GENERADOR	ENCENDIDO	0 A	0.25
OSCILOSCOPIO Y GENERADOR	ENCENDIDO	0 CTO PARALELO	0.5
FUENTE	ENCENDIDO	1 A	0.63
FUENTE Y OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	1 A	0.89
FUENTE Y OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	2 A	1.25
FUENTE Y OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	SALIDA 1 = 5.32V; 0.5 A SALIDA 2 = 5.32V; 0.5 A	0.63
FUENTE Y OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	SALIDA 1 = 14.9V; 1.38 A SALIDA 2 = 0 V; 0 A	0.93
FUENTE Y OSCILOSCOPIO	ENCENDIDO	SALIDA 1 = 14.9V; 1.38 A SALIDA 2 = 6.75V; 1.38 A	1.43
OSCILOSCOPIO Y GENERADOR	ENCENDIDO		0.5

**TABLA**

## **RESULTADOS**

La suma de Watts, de cada elemento daría directamente el modelo de SAI a utilizar, dado que indicamos la potencia activa ( $w$ ). Si se utilizan las placas de características, podemos encontrarnos con indicaciones de  $W, VA$  o  $A$ . Será necesario recordar,  $VA=V \times I$  ,,  $W=V \times I \times \cos p$  ,, siendo el  $\cos p$  típico de una carga de 0,75 a 0,8. Obtenidos los  $W$  y  $VA$  de nuestro equipo o sistema a proteger, elegiremos un SAI, que supere en  $W$  y  $VA$ , a los requeridos.

Como se puede observar los datos recabados al realizar las pruebas y el calculo de la potencia aparente consumida por cada uno de los instrumentos coinciden con los datos que nos proporciona el fabricante, es por ello que se necesitaria un UPS de aproximadamente 1000 VA y 1200 W para poder proporcionar el suministro a 4 equipos de laboratorio con los tres instrumentos de medicion a utilizar.

Existen diferentes tipos de UPS mejor conocidos comercialmente como No - Break, los mas comunes son los de potencia de 1100 VA y 1200 W.

### **4.4 DISEÑO CON EL AVR**

Con el AVR se propone hacer un programa para controlar la secuencia de disparo del circuito de salida del UPS a base de mosfets. Mediante el cual deba haber una sincronía con la frecuencia de la entrada por medio de un muestreo (toma una muestra de la frecuencia para estar sincronizado) para obtener en el circuito de control una modulación a 60 Hz (modulación por ancho de pulso) debido a que es mas fácil de obtener.

La forma de onda cuadrada periódica y simétrica se obtiene con una modulación del 50 %. El ciclo de trabajo del circuito de salida (circuito de potencia de salida) ciclo de trabajo  $k = 50\%$  o .5 con una tolerancia del 1% (como se lograría queda a cargo de quien lo lleve a cabo). Si el periodo completo es de 16.6, el 50% son 8.33 y luego los otros 8.33

¿Qué Mosfet se utilizaría?

Se usaría un Mosfet de potencia de canal n serie mth motorola que maneje 10 amp como mínimo y 20 como máximo de corriente. El cual es propuesto por su economia y una resistencia dinámica  $r_{DS}$  inferior a .5 ohms en la región de saturación (región de resistencia).

En este caso puede ser el Mth15n35 o el Mth15n40.

Los igbt se descartan debido a que son mas caros así como los tbj debido a que son mas lentos y se necesitan corriente en sus bases para saturarlos, (es mas difícil gobernarlos porque se necesita corriente)

Los Mosfet de potencia de canal N se controlan por voltaje en sus compuertas, (mismos niveles que nos entrega el AVR de acuerdo a datos de fabrica) corte saturación niveles.

Se usaría un inversor monofásico, a un promedio de 120 volts ac.

Inversor de puente completo que nos entrega a la salida el voltaje completo (en medio ciclo 12 v y en el otro ciclo -12 v) lo que nos da la forma de onda cuadrada

#### **4.5 DIAGRAMA A BLOQUES DEL UPS**

##### **Bloque de entrada**

Voltaje de entrada, tiene un fusible de protección (fusión rápida a 10 amperes) lleva también un varistor 130 vac que actúa cuando no responde el fusible al sobrevoltaje y se pone en cortocircuito a lo cual el fusible tiene que responder abriéndose, mas un filtro LC donde la bobina nos sirve como supresor o elimina el ruido de baja frecuencia y los capacitores el ruido de alta frecuencia para alimentar una forma de onda senoidal lo mas pura que se pueda.

Línea ac, fusible, varistor, filtro. El varistor detecta el sobrevoltaje y se pone en corto y el fusible se funde. Actúa al sobrevoltaje ayudando a proteger nuestro puente a la entrada.

##### **Bloque rectificador**

Lleva un rectificador y un cargador de batería utiliza para tal propósito un puente rectificador de onda completa 6 A 400 VIP (volts inversos de pico) su función es rectificar la corriente alterna a la entrada y además lleva un capacitor (filtro de dc) electrolítico de 400 microfaradios a 250 volts. De alto rizo de corriente (high risk ripple current).

Lo que hace es mantener la pila siempre cargada.

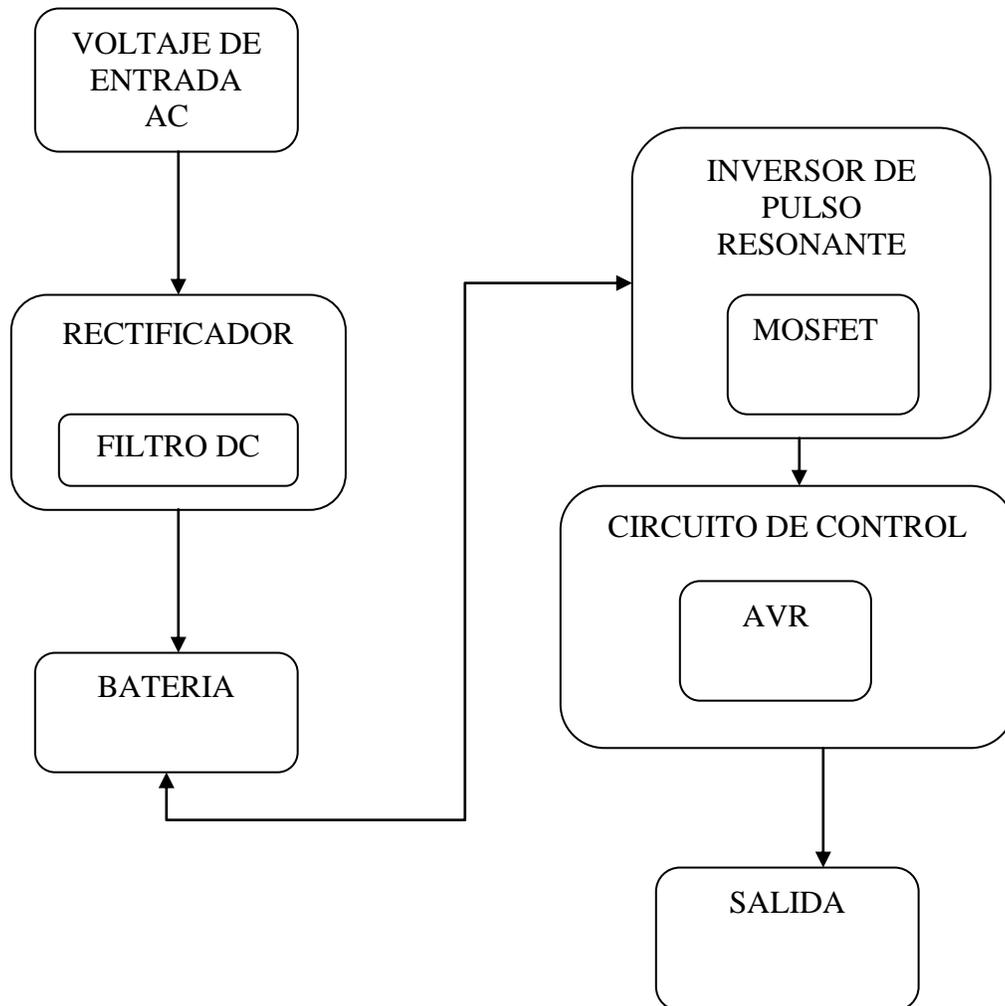
### **Bloque de batería**

Batería de Acido de plomo (pb) 12 v 7.0 ah duración aproximada de 4 años su función es mantener alimentado siempre al inversor (al irse la luz se alimenta con la pila con lo cual no hay interrupción a la salida)

El avr lo programamos para poner en conducción y no conducción a los mosfets. El AVR se utiliza para controlarlos en modo de switcheo ó conmutación para que siempre estén funcionando, el AVR va a decirnos que una pareja de transistores funcionará 8.33 milisegundos ms y luego la otra pareja durante otros 8.333 ms para completar un ciclo de 60 Hz ó 16.66666 ms

Se pretende hacer un diseño de laboratorio con el mínimo de componentes no un UPS como los comerciales debido a su complejidad.

**DIAGRAMA A BLOQUES DEL UPS**



# CAPITULO 5

# CONCLUSIONES

Los UPS's en su concepción general están conformado por pilas, inversores, cargadores de pilas y rectificadoras cada uno de ellos es indispensable para el buen funcionamiento del UPS. El rectificador es el encargado de convertir la corriente alterna en corriente directa y enviar la corriente al cargador de la batería. La batería es una de las partes más importantes del UPS ya que en ella se almacena la energía necesaria para alimentar la carga y en este caso los instrumentos de medición para esto es necesario conocer su tiempo de carga, descarga además de su vida de almacenamiento y su temperatura de trabajo.

En el caso del inversor es el que convierten energía de corriente directa de la batería a corriente alterna para alimentar el equipo. Este funciona con un puente de transistores en el cual se va alternando el encendido y apagado de éstos para poder generar un semiciclo positivo, un semi ciclo negativo y el tiempo de voltaje cero, formando así una onda cuasi senoidal. Para el cargador de baterías es necesario que éste proporcione a la batería un voltaje de flotación necesario para que la batería se cargue al 100% o más y nos aseguren un tiempo de respaldo mínimo; además deberá de recargar la batería después de haber sido utilizada debido a un corte de energía.

La primera topología UPS se le conoce como off-line o fuera de línea porque inversor se encuentra fuera de la línea principal de energía; también se le conoce como stand by porque el inversor se encuentra en espera o apagado. Este tipo de UPS en su modo normal de operación tiene un voltaje de alimentación en el cual no es necesario que el inversor funcione, la corriente fluye a través del filtro en una de sus ramas y continúa alimentando la carga y otra de sus ramas fluye a través del cargador de baterías manteniendo así la batería en flotación. Cuando el voltaje de alimentación de este tipo de UPS es interrumpido o sale del intervalo de operación es encendido inversor y la corriente pasa por el interruptor de transferencia y así no hay interrupción de energía, cuando sea restablecido el funcionamiento del UPS regresa a su modo normal de operación, una variación de este sistema es cuando se incorpora un regulador de voltaje en cual nos da la ventaja de que se alimenta la carga con un voltaje regulado y la protege mejor, además el rango de voltaje de entrada es mayor por lo cual tarda más en encender el inversor.

El UPS On-line o conocido también como en línea tienen inversor directamente conectado la línea de alimentación y siempre está operando, este tipo de UPS es muy caro debido a que brinda un mayor nivel de protección. En modo de operación normal los interruptor es 1 y 2 están cerrados alimentando la carga y a su vez manteniendo las pilas en flotación y el interruptor 3 esta abierto manteniendo así el interruptor estático apagado. Cuando el voltaje de entrada es muy alto o muy bajo como para no proporcionar un voltaje de corriente directa regulado el rectificador se apaga pero como esta conectado en paralelo las baterías entran en funcionamiento automáticamente hasta que estas se descargan casi totalmente y lógicamente ya no se puede seguir alimentando la carga y se apaga el UPS. Cuando esto sucede se abre el interruptor 2 y se cierra el interruptor 3 para alimentar directamente la carga a

través de la línea eléctrica mientras se vuelven a cargar las baterías. El interruptor estático nos sirve para hacer la transferencia de la línea de entrada del by-pass a la línea que conecta el inversor se necesita este interruptor para hacer la transferencia a gran velocidad y que no queden abiertos o cerrados al mismo tiempo los interruptores 2 y 3 ya que provocarían daños en el UPS o la carga.

El SAI On-Line hará todo lo posible por evitar una interrupción de voltaje a la carga, si no es posible como por ejemplo un daño al equipo, transferirá la carga a Bypass. Si se fue a Bypass por sobrecarga (por pedir al Inversor mas Kilowatts de los que puede alimentar) el SAI intentará regresar al cabo de unos segundos, si ya puede con la carga quedará en Normal, si la sobrecarga persiste regresará a Bypass y se quedará en Bypass para obligar a que se revise la razón de la sobrecarga.

El SAI On-Line representa la mejor calidad de equipo porque la carga siempre está alimentada por el Inversor y por tal razón el voltaje permanece estable a 127 volts  $\pm 1\%$ . La frecuencia permanece estable en  $\pm 1$  Hz. La forma de onda del Inversor en el SAI On-line es senoidal. Hay equipos On-Line desde 1 KVA hasta 1000Kva, si se requiere más capacidad, se pueden poner en paralelo los módulos para obtener 4000 ó 5000 KVA. Hay equipos monofásicos a 127 volts, monofásicos a 220 volts y trifásicos a 220, 440 y 600 volts.

Hay otras topologías de SAI que no se discutieron como por ejemplo Delta Conversión On-Line que es un diseño exclusivo de la marca APC. También hay los equipos Ferro resonantes que son un diseño Off-Line con regulación por transformador Ferro resonante.

A partir del año 1800 cuando Alessandro Volta inicio el diseño de la corona de copas en la cual estaban varios y diferentes metales conectados en serie y sumergido en una solución salina se dio cuenta de que las reacciones químicas podían producir electricidad; años después Gastón Plante descubrió lo que ahora se le conoce como la batería de automóvil, George LeClanche en 1868 concibió la idea de la celda seca, él utilizo como uno de sus electrodos al dióxido de manganeso en su celda, una barra de carbón como colector de corriente y una celda de zinc que no solo formaba el recipiente sino que también funcionaba como el otro electrodo.

La batería primaria es aquella que se le conoce como celda seca y la batería secundaria es aquella que nosotros la conocemos como recargable, en la cual el proceso de carga y descarga es de varios ciclos a diferencia de la primaria que tiene un solo uso. Las baterías de reserva son aquellas en las que el electrolito es cargado al momento de su fabricación y después es aislado completamente de la humedad y así puede ser almacenado gran tiempo hasta que se reactiva añadiendo el otro electrolito y así provocar la reacción química necesaria para producir la electricidad.

Cuando la pila empieza a descargarse el electrolito que forma parte del electrodo empieza a empobrecerse debido a las reacciones químicas.

En cuanto a los inversores de potencia podemos observar que los inversores resonantes se usan en aplicaciones con alta frecuencia donde se requiere un voltaje fijo de salida. La frecuencia máxima de resonancia esta limitada por los tiempos de desactivación de los tiristores o los transistores. Los inversores resonantes permiten una regulación limitada del voltaje de salida. Los inversores resonantes paralelo se alimentan de una fuente de CD constante y producen un voltaje sinusoidal de salida. Los inversores y los rectificadores resonantes clase E son sencillos, y se usan principalmente en aplicaciones de baja potencia y alta frecuencia. Los convertidores ZVS y ZCS se están difundiendo cada vez más porque se activan y desactivan a corriente o voltaje cero, eliminando así las perdidas por conmutación. En los inversores resonantes de enlace de CD, se conecta un circuito resonante entre el inversor y la fuente de CD. Los pulsos resonantes de voltaje se producen en la entrada del inversor, y los dispositivos del inversor se activan y desactivan en voltaje cero. La modulación en los inversores es sobretodo la modulación por ancho de pulso (PWM), sus diferentes técnicas de modulación como Modulación trapezoidal, por escalera, por pasos, por inyección de armónicos y modulación delta que su objetivo en general es controlar ya sea el voltaje, la corriente o la frecuencia para un mayor control de la carga en las baterías o la salida hacia el equipo que se va a alimentar.

Los experimentos realizados al final en el laboratorio nos sirvieron para conocer las cargas que consumen los equipos utilizados en el laboratorio y a su vez proponer el Sistema de Alimentación Ininterrumpible para el equipo utilizado durante las prácticas y así los alumnos no interrumpan sus experimentos por falta de energía eléctrica.

Los equipos No - Break que son comercializados son capaces de suministrar un respaldo de aproximadamente 15 minutos como mínimo y podrían entrar en el presupuesto de la UNAM porque son de un costo accesible y seria de gran utilidad para que los alumnos no interrumpan sus pruebas como comúnmente sucede en épocas de lluvias debido a que no hay energía eléctrica y no concluyen sus prácticas.

# APENDICE

## A

## APENDICE A PROGRAMADOR DE AVR<sub>s</sub>

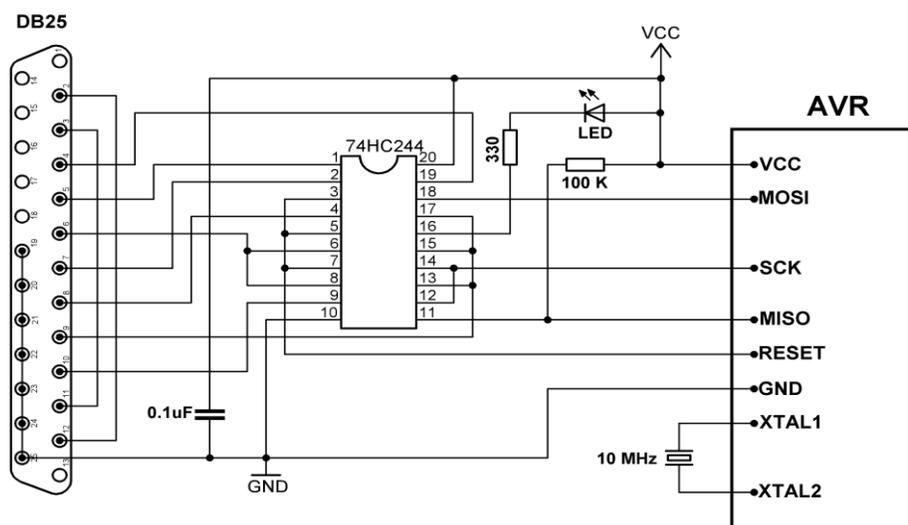
Dando por sentado que ya sabemos compilar un código para los AVR<sub>s</sub>, el siguiente paso es programar al dispositivo. A continuación se presenta un circuito muy sencillo, que ha sido probado para programar a los AVR<sub>s</sub> soportados por el software PonyProg2000 (AT90xx, ATMegaxx y ATtiny). También la guía incluye el software asociado al programador.

### MATERIAL

- 1 Base DIP de 20 pines
- 1 Base DIP para el modelo de microcontrolador a programar
- 1 Resistencia de 330Ω y una de 100K Ω
- 1 LED
- 1 Capacitor cerámico de 0.1μF
- 1 Cristal de 10 MHz
- 1 Circuito integrado 74HC244
- 1 conector DB25 macho
- 1 metro de cable plano de 10 hilos

### DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL GRABADOR

Aquí tenemos el diagrama esquemático, que nos muestra como se debe implementar el alambrado del circuito:



En la siguiente tabla se muestra la asignación de señales y el pin correspondiente en algunos modelos de AVR:

SEÑAL	PINES		
	AT90S1200/2313	ATMega8	ATMega16
SCK	19	8	
MOSI	17	6	
MISO	18	7	
RESET	1	9	
XTAL1	5	13	
XTAL2	4	12	
VCC	20	10	
GND	10	11, 31	

## SOFTWARE

Después de armar el programador instalamos el programa Ponyprog2.06.EXE.

## NOTAS

Cuando trabajemos con el AVR 90S1200 en Windows XP, se despliega un mensaje de firma incorrecta al momento de leer, programar o verificar, preguntando si deseamos continuar; lo ignoramos y presionamos "Yes".

Después de borrar el dispositivo, leemos el contenido de la memoria y verificamos que todas sus localidades tengan el dato 00FF. Esto desactiva la polarización, y nos permite retirar el dispositivo del programador sin riesgo de que se dañe.

En algunos sistemas es necesario configurar el puerto paralelo en modo **EPP** (enhanced parallel port); el manual de la Mother Board, indica la manera de cambiar la configuración de los puertos.

Las pruebas realizadas en sistemas que corren bajo Windows 95; presentaron errores de programación con el AT90S1200.

## REFERENCIAS

El circuito del programador se basa al presentado en la página de Jerry Meng; aunque fueron necesarias algunas correcciones en la asignación de pines.

El software IC-PROG, y el controlador para Windows XP fueron descargados de la página [www.ic-prog.com](http://www.ic-prog.com)

# APENDICE

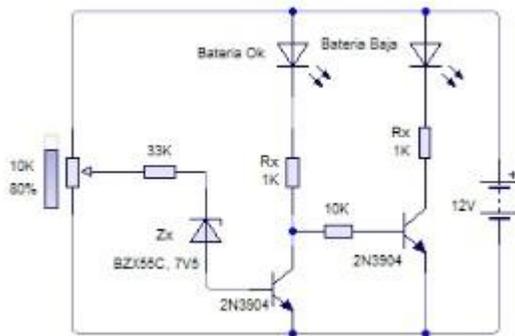
## B

## APENDICE B

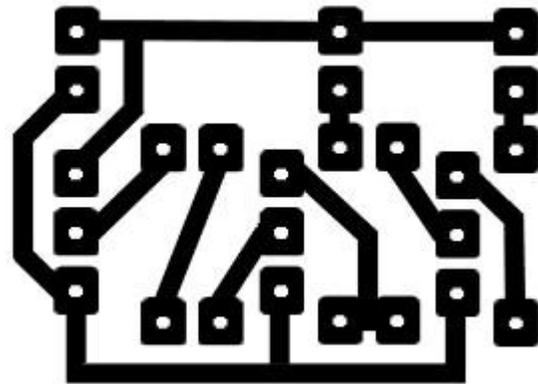
### INDICADOR DEL ESTADO DE CARGA DE LAS BATERIAS

La gran cantidad de aparatos alimentados por pilas y baterías que pululan por nuestra casa hace bastante complicado el seguir la pista del estado de carga de todas ellas. Este montaje nos dará la respuesta adecuada. Proveremos el esquema eléctrico, una placa de circuito impreso adecuada, y un esquema de cómo se montan los componentes sobre la placa.

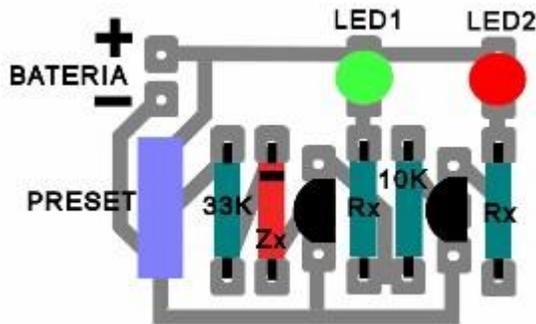
El funcionamiento del circuito se basa en hacer circular parte de la corriente de la batería bajo prueba por el circuito del indicador. Un potenciómetro de ajuste de 10K (que figura como PRESET en el esquema que adjuntamos) sirve para regular la sensibilidad del aparato. La corriente atraviesa una resistencia y un diodo zener ( $Z_x$ ) para luego llegar a la base del primer transistor. De acuerdo a su intensidad, bastara o no para encender el primer led, que es el que indica que la batería bajo prueba esta cargada. El segundo led, comandado por el segundo transistor, cumple la función opuesta: si se enciende, nuestra batería debe ser recargada. Por supuesto, no solo podemos medir baterías: las pilas también pueden ser comprobadas con este aparato. Su funcionamiento es más bien sencillo: supongamos que vamos a medir una batería de 12V. De acuerdo a la posición de este preset el led indicador de "Batería Baja" encenderá cuando tenga 11,5V, 10V o 6V.



Circuito electrónico del indicador.



PCB sugerido.



Distribución de los componentes sobre el PCB

Hay tres componentes en el circuito que deben elegirse en el momento del montaje de acuerdo al rango de tensiones de las baterías que vamos a medir. El diodo zener  $Z_x$  debe tener un valor de 3.3V si la batería a medir esta en el rango de los 6V; 5.1V si las baterías son de 9V; 7.5V para comprobar baterías de 12V y de unos 18V para las poco comunes baterías de 24V.

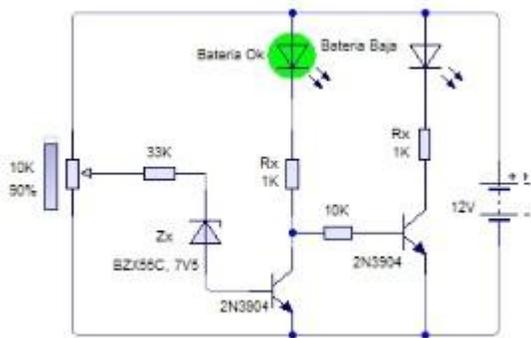
Las dos resistencias etiquetadas como “Rx” tienen como función limitar la corriente que atraviesa los leds. Sus valores (ambas deben ser iguales) serán de 390 ohms para baterías de 6V; 470 ohms para comprobar las de 9V; 1000 ohms para las de 12V y de 1500 ohms para las baterías de 24V.

El circuito se monta sobre una pequeña placa de circuito impreso, de unos 2.5cm de lado. El circuito no requiere de alimentación para funcionar, ya que la toma de la batería bajo prueba. Por supuesto, es muy importante respetar la polaridad de la batería en cuestión, caso contrario se podría estropear el indicador.

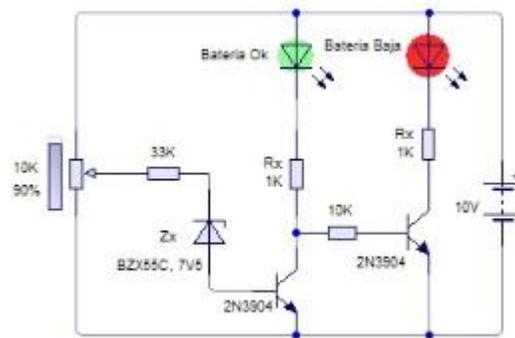
La lista de materiales es muy corta:

- 2 transistores 2N3904.
- 1 resistencia de 10K,  $\frac{1}{4}$  de watt.
- 1 resistencia de 33K,  $\frac{1}{4}$  de watt.
- 2 resistencias de 390 Ohms,  $\frac{1}{4}$  de watt.
- 1 diodo Zener de 3.3V
- 1 preset para circuito impreso de 10K.
- 1 diodo LED rojo.
- 1 diodo LED verde.

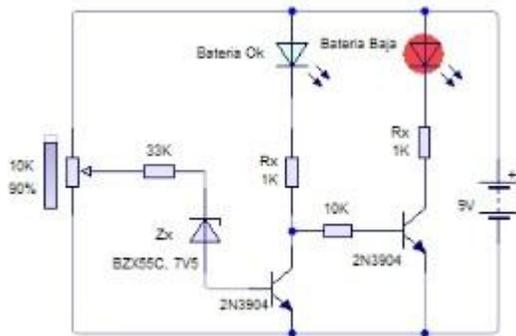
# Diagrama



Batería cargada.



Batería semi-cargada.



Batería descargada.

# APENDICE

## C

# CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UN AVR

## Electrical Characteristics

Note: Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

### Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature .....	-55°C to +125°C
Storage Temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground .....	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.0V
DC Current per I/O Pin .....	40.0 mA
DC Current $V_{CC}$ and GND Pins.....	200.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $5.5V$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage	Except XTAL1 pin	-0.5		$0.2 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage	XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins, Ext. Clock Selected	-0.5		$0.1 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage	Except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$0.6 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage	XTAL1 pin, External Clock Selected	$0.8 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH2}$	Input High Voltage	$\overline{\text{RESET}}$ pin	$0.9 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> (Ports A,B,C,D)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 5V$ $I_{OL} = 10 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 3V$			0.7 0.5	V V
$V_{OH}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> (Ports A,B,C,D)	$I_{OH} = -20 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 5V$ $I_{OH} = -10 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 3V$	4.2 2.2			V V
$I_{IL}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$ , pin low (absolute value)			1	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$ , pin high (absolute value)			1	$\mu\text{A}$
$R_{RST}$	Reset Pull-up Resistor		30		80	$k\Omega$
$R_{pu}$	I/O Pin Pull-up Resistor		20		50	$k\Omega$

T<sub>A</sub> = -40°C to 85°C, V<sub>CC</sub> = 2.7V to 5.5V (unless otherwise noted) (Continued)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units	
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current	Active 4 MHz, V <sub>CC</sub> = 3V (ATmega8L)			5	mA	
		Active 8 MHz, V <sub>CC</sub> = 5V (ATmega8)			15	mA	
		Idle 4 MHz, V <sub>CC</sub> = 3V (ATmega8L)			2	mA	
		Idle 8 MHz, V <sub>CC</sub> = 5V (ATmega8)			7	mA	
	Power-down mode <sup>(5)</sup>	WDT enabled, V <sub>CC</sub> = 3V				28	μA
		WDT disabled, V <sub>CC</sub> = 3V				3	μA
V <sub>ACIO</sub>	Analog Comparator Input Offset Voltage	V <sub>CC</sub> = 5V V <sub>in</sub> = V <sub>CC</sub> /2			20	mV	
I <sub>ACLK</sub>	Analog Comparator Input Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 5V V <sub>in</sub> = V <sub>CC</sub> /2	-50		50	nA	
t <sub>ACID</sub>	Analog Comparator Propagation Delay	V <sub>CC</sub> = 2.7V V <sub>CC</sub> = 4.0V		750 500		ns	

- Notes:
1. "Max" means the highest value where the pin is guaranteed to be read as low
  2. "Min" means the lowest value where the pin is guaranteed to be read as high
  3. Although each I/O port can sink more than the test conditions (20mA at V<sub>CC</sub> = 5V, 10mA at V<sub>CC</sub> = 3V) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:  
PDIP Package:  
1] The sum of all IOL, for all ports, should not exceed 400 mA.  
2] The sum of all IOL, for ports C0 - C5 should not exceed 200 mA.  
3] The sum of all IOL, for ports B0 - B7, C6, D0 - D7 and XTAL2, should not exceed 100 mA.  
TQFP and MLF Package:  
1] The sum of all IOL, for all ports, should not exceed 400 mA.  
2] The sum of all IOL, for ports C0 - C5, should not exceed 200 mA.  
3] The sum of all IOL, for ports C6, D0 - D4, should not exceed 300 mA.  
4] The sum of all IOL, for ports B0 - B7, D5 - D7, should not exceed 300 mA.  
If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test condition.
  4. Although each I/O port can source more than the test conditions (20mA at V<sub>CC</sub> = 5V, 10mA at V<sub>CC</sub> = 3V) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:  
PDIP Package:  
1] The sum of all IOH, for all ports, should not exceed 400 mA.  
2] The sum of all IOH, for port C0 - C5, should not exceed 100 mA.  
3] The sum of all IOH, for ports B0 - B7, C6, D0 - D7 and XTAL2, should not exceed 100 mA.  
TQFP and MLF Package:  
1] The sum of all IOH, for all ports, should not exceed 400 mA.  
2] The sum of all IOH, for ports C0 - C5, should not exceed 200 mA.  
3] The sum of all IOH, for ports C6, D0 - D4, should not exceed 300 mA.  
4] The sum of all IOH, for ports B0 - B7, D5 - D7, should not exceed 300 mA.  
If IOH exceeds the test condition, VOH may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to source current greater than the listed test condition.
  5. Minimum V<sub>CC</sub> for Power-down is 2.5V.

# CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL MOSFET

**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR**  
 TECHNICAL DATA

*Designer's Data Sheet*  
**Power Field Effect Transistor**  
**N-Channel Enhancement-Mode**  
**Silicon Gate TMOS**

These TMOS Power FETs are designed for high voltage, high speed power switching applications such as switching regulators, inverters, solenoid and relay drivers.

Silicon Gate for Fast Switching Speeds — Switching Times Specified at 100°C

Designer's Data —  $I_{DSS}$ ,  $V_{DS(on)}$ ,  $V_{GS(th)}$  and SOA Specified at Elevated Temperature

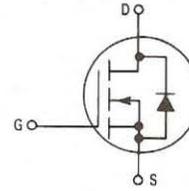
Rugged — SOA is Power Dissipation Limited

Source-to-Drain Diode Characterized for Use With Inductive Loads



**MTH15N35**  
**MTH15N40**

TMOS POWER FETs  
 15 AMPERES  
 $r_{DS(on)} = 0.3 \text{ OHM}$   
 350 and 400 VOLTS



**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	MTH		Unit
		15N35	15N40	
Drain-Source Voltage	$V_{DSS}$	350	400	Vdc
Drain-Gate Voltage ( $R_{GS} = 1 \text{ M}\Omega$ )	$V_{DGR}$	350	400	Vdc
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$		Vdc
Continuous	$V_{GSM}$	$\pm 40$		Vpk
Non-repetitive ( $t_p \leq 50 \mu\text{s}$ )				
Drain Current — Continuous	$I_D$	15		Adc
— Pulsed	$I_{DM}$	75		
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	150		Watts
Derate above $25^\circ\text{C}$		1.2		W/°C
Operating and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to 150		°C

**TERMAL CHARACTERISTICS**

Thermal Resistance — Junction to Case	$R_{\theta JC}$	0.83	°C/W
— Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	30	
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	$T_L$	275	°C

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

**OFF CHARACTERISTICS**

Drain-Source Breakdown Voltage ( $V_{GS} = 0, I_D = 0.25 \text{ mA}$ )	$V_{(BR)DSS}$	MTH15N35 350 MTH15N40 400	— —	Vdc
Zero Gate Voltage Drain Current ( $V_{DS} = \text{Rated } V_{DSS}, V_{GS} = 0$ ) ( $V_{DS} = 0.8 \text{ Rated } V_{DSS}, V_{GS} = 0, T_J = 125^\circ\text{C}$ )	$I_{DSS}$		— 0.2 — 1	mAdc
Gate-Body Leakage Current, Forward ( $V_{GSF} = 20 \text{ Vdc}, V_{DS} = 0$ )	$I_{GSSF}$		— 100	nAdc
Gate-Body Leakage Current, Reverse ( $V_{GSR} = 20 \text{ Vdc}, V_{DS} = 0$ )	$I_{GSSR}$		— 100	nAdc

(continued)

Designer's Data for "Worst Case" Conditions — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. Limit curves — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.

MOTOROLA TMOS POWER MOSFET DATA

MTH15N35,40

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — continued** ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
<b>ON CHARACTERISTICS*</b>					
Gate Threshold Voltage ( $V_{DS} = V_{GS}$ , $I_D = 1\text{ mA}$ ) $T_J = 100^\circ\text{C}$	$V_{GS(th)}$	2 1.5	4.5 4	Vdc	
Static Drain-Source On-Resistance ( $V_{GS} = 10\text{ Vdc}$ , $I_D = 8\text{ Adc}$ )	$r_{DS(on)}$	—	0.3	Ohm	
Drain-Source On-Voltage ( $V_{GS} = 10\text{ V}$ ) ( $I_D = 15\text{ Adc}$ ) ( $I_D = 8\text{ Adc}$ , $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$V_{DS(on)}$	— —	4.5 3.5	Vdc	
Forward Transconductance ( $V_{DS} = 10\text{ V}$ , $I_D = 8\text{ A}$ )	$g_{FS}$	5	—	mhos	
<b>DYNAMIC CHARACTERISTICS</b>					
Input Capacitance	( $V_{DS} = 25\text{ V}$ , $V_{GS} = 0$ , $f = 1\text{ MHz}$ ) See Figure 11	$C_{iss}$	—	3000	pF
Output Capacitance		$C_{oss}$	—	500	
Reverse Transfer Capacitance		$C_{rss}$	—	200	
<b>SWITCHING CHARACTERISTICS* (<math>T_J = 100^\circ\text{C}</math>)</b>					
Turn-On Delay Time	( $V_{DD} = 25\text{ V}$ , $I_D = 0.5\text{ Rated } I_D$ $R_{gen} = 50\text{ ohms}$ ) See Figures 13 and 14	$t_{d(on)}$	—	60	ns
Rise Time		$t_r$	—	180	
Turn-Off Delay Time		$t_{d(off)}$	—	450	
Fall Time		$t_f$	—	180	
Total Gate Charge	( $V_{DS} = 0.8\text{ Rated } V_{DSS}$ , $I_D = \text{Rated } I_D$ , $V_{GS} = 10\text{ V}$ ) See Figure 12	$Q_g$	110 (Typ)	160	nC
Gate-Source Charge		$Q_{gs}$	50 (Typ)	—	
Gate-Drain Charge		$Q_{gd}$	60 (Typ)	—	
<b>SOURCE DRAIN DIODE CHARACTERISTICS*</b>					
Forward On-Voltage	( $I_S = \text{Rated } I_D$ $V_{GS} = 0$ )	$V_{SD}$	1.3 (Typ)	1.6	Vdc
Forward Turn-On Time		$t_{on}$	Limited by stray inductance		
Reverse Recovery Time		$t_{rr}$	1200 (Typ)	—	ns
<b>INTERNAL PACKAGE INDUCTANCE</b>					
Internal Drain Inductance (Measured from screw on tab to center of die) (Measured from the drain lead 0.25" from package to center of die)	$L_d$	4 (Typ) 5 (Typ)	—	nH	
Internal Source Inductance (Measured from the source lead 0.25" from package to center of die)	$L_s$	10 (Typ)	—		

\*Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\ \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

# GLOSARIO

## GLOSARIO

**ANSI:** American National Standards Institute, Instituto Nacional Americano De Estándares.

**Brownouts:** Caídas de voltaje de larga duración son provocadas por sobrecarga en la red.

**BYPASS:** Desvío, doble línea.

**CA:** Corriente Alterna.

**CD:** Corriente Directa.

**CSI:** Inversor con fuente de corriente.

**Electrodo:** Cuerpo conductor empleado en la aplicación de un tratamiento eléctrico.

**Electrolisis:** Descomposición de un cuerpo por medio de una reacción química verificada por medio de la electricidad.

**Electrolito:** Cuerpo que se somete a la electrolisis.

**FET:** Transistor de efecto de campo (Field -Effect Transistor), este dispositivo es controlado por voltaje.

**GTO:** Interruptor controlado por compuerta.

**IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos – Electrónicos.

**JFET:** Transistor de efecto de campo de unión.

**LASCR:** Rectificador controlado de silicio activado por luz.

**MOSFET:** Transistor de efecto de metal oxido semiconductor.

**MSPWM:** de modified sinusoidal pulse – with modulation, modulación por ancho de pulso sinusoidal modificada.

**No Break:** Que significa sin interrupción.

**OFF LINE:** Fuera de línea.

**ON LINE:** En línea

**PWM:** Modulación por anchura de pulso.

**Sags:** Caídas de voltaje de corta duración, son normalmente provocadas por arranque de motores.

**SAI:** Por Sistema Ininterrumpido de Alimentación.

**SCR:** Rectificador controlado de silicio.

**SCS:** Interruptor Controlado de silicio.

**SFI:** Por Sistema de Fuerza Ininterrumpido.

**SPWM:** Modulation Modulación por ancho de pulso sinusoidal.

**STAND BY:** En espera

**Swells:** picos, son crecimientos lentos de la voltaje, pueden alcanzar valores superiores al 20% de valor nominal y durar segundos.

**TBJ:** Transistor Bipolar de juntura, este dispositivo es controlado por corriente.

**Transistor:** Dispositivo semiconductor de 3 capas ya sea 2 de material tipo **n** y 1 tipo **p** o dos capas de material tipo **p** y 1 tipo **n**.

**TVSS:** Supresor de Voltaje Transitorio -Transient Voltage Surge Suppressor

**UJT:** Transistor monounión: unijunction transistor.

**UPS:** Uninterrumpible Power Supply - Fuente de alimentación Ininterrumpible.

**UPWM:** uniform pulse – width modulation, modulación por ancho de pulso uniforme.

**VMOS:** Vertical de oxido metálico y silicio.

**VSI:** Inversor de fuente de voltaje.

**ZCS:** de zero-current-switching, convertidor resonante por conmutación a corriente cero.

**ZVS:** de zero-voltaje-switching convertidor resonante a voltaje cero.

# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

Electrónica de potencia  
Circuitos dispositivos y aplicaciones.  
Muhammad H Rashid.  
3ª Edición

Electrónica  
Teoría de circuitos  
Robert Boylestad, Louis Nashelsky  
Ed. Prentice Hall, Hispanoamericana.

Electrónica moderna  
Para ingenieros y técnicos  
Milton Kaufman/Artur H Seidman  
2ª Edición, Mc Graw Hill

Electrónica Industrial: Técnicas de Potencia.  
J.A. Gualda, S. Martínez, P.M. Martínez.  
2ª Edición 1992  
Alfaomega – marcombo.

Electrónica de potencia  
Daniel W Hart  
2001  
Prentice Hall

Electrónica Industrial Moderna  
Timothy J. Maloney  
5ª Edición, 2006.  
Pearson / Prentice Hall

Manuales de funcionamiento Agilent.  
Agilent 54600 - Series  
Mixes – Signal Oscilloscopes

Agilent 33220A, 20MHz Function  
Arbitrary Waveform Generator  
Edición 1, Febrero 2003.  
Agilent E364XA, Dual Output.  
DC Power Supplies/AC Input Ratings

[http://www.unicrom.com/Tut\\_TopologiasUPS6.asp](http://www.unicrom.com/Tut_TopologiasUPS6.asp)  
<http://www.tech-faq.com/lang/es/uninterruptible-power-supply.shtml>