



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
POTENCIA DE C.D. 2+0/KCS6-50 APLICADO A
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
(ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA)**

P R E S E N T A N :

**ALFREDO SÁNCHEZ RAMÍREZ
JESÚS SÁNCHEZ CUAXOSPA**

ASESOR: ING. PABLO PROCORO LUNA ESCORZA

MÉXICO 2007





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	7

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 ELECTRÓNICA DE POTENCIA	10
1.2 LA ELECTRICIDAD Y LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA	11
1.2.1 LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA	11
1.2.2 LA ELECTRICIDAD.....	12
1.3 CORRIENTE ALTERNA	12
1.4 CORRIENTE DIRECTA O CONTINUA	14
1.5 TENSION O VOLTAJE	15
1.6 LA RESISTENCIA ELECTRICA	16
1.6.1 CARACTERÍSTICAS	17
1.7 LA RESISTENCIA O RESISTOR	17
1.7.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN UNA RESISTENCIA	18
1.7.2 LA CONDUCTANCIA	18
1.7.3 CODIGO DE COLORES DE LA RESISTENCIA	19
1.8 LA IMPEDANCIA (reactancia + resistencia)	20
1.9 EL CONDENSADOR/ CAPACITOR	21
1.9.1 CODIGO DE LOS CAPACITORES	23
1.9.2 EL CÓDIGO 101	23
1.9.3 EL CAPACITOR Y LA C.D.	25
1.9.4 EL CAPACITOR Y LA C.A.	26
1.9.5 LA RESISTENCIA EN SERIE EQUIVALENTE (ESR)	27
1.10 LA BOBINA	27
1.10.1 LA BOBINA Y LAS CORRIENTES CD Y CA	28
1.11 EL POTENCIOMETRO/REOSTATO/ RESISTENCIA VARIABLE	30
1.11.1 EL POTENCIÓMETRO	30
1.11.2 EL REÓSTATO	30
1.12 EL TRANSFORMADOR	31
1.13 EL DIODO SEMICONDUCTOR	32
1.13.1 POLARIZACIÓN DIRECTA	33
1.13.2 POLARIZACIÓN INVERSA	33
1.13.3 APLICACIONES DEL DIODO	33
1.13.4 EL DIODO LED (DIODO EMISOR DE LUZ)	33
1.13.5 DIODO ZENER	35
1.14 EL TRANSISTOR BIPOLAR	35
1.14.1 REGIONES OPERATIVAS DEL TRANSISTOR	37

1.15	EL TIRISTOR SCR	38
1.15.1	EL SCR Y LA CORRIENTE CONTINUA	38
1.15.2	EL SCR Y LA CORRIENTE ALTERNA	39
1.16	EL TRIAC	40
1.17	EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL OPAM	41
1.17.1	EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL UTILIZADO COMO INVERSOR	42
1.17.2	EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL UTILIZADO COMO NO INVERSOR	43
1.17.3	SEGUIDOR DE TENSIÓN O SEGUIDOR DE VOLTAJE	44
1.17.4	INTEGRADOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL	44
1.17.5	GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR	46
1.18	LEY DE OHM	47
1.19	POTENCIA EN UNA RESISTENCIA (LEY DE JOULE)	50
1.20	LEY DE TENSIONES DE KIRCHOFF	51
1.21	DIVISION DE TENSION	52
1.22	DIVISION DE CORRIENTE	53
1.23	EL MULTIMETRO	55
1.23.1	MEDICION DE LA CORRIENTE CONTINUA	56
1.23.2	MEDIR CORRIENTE DIRECTA	57
1.23.3	MEDIR UNA RESISTENCIA	57
1.23.4	MEDICION DE C.A	58
1.23.5	MEDIR CORRIENTE ALTERNA	58
1.23.6	COMO MEDIR UNA RESISTENCIA / IMPEDANCIA EN C.A.	59
1.24	DECIBELES	60
1.25	DISIPADORES DE CALOR (HEATSINKS)	61
1.26	UNIDADES DE MEDIDA	63

CAPITULO II

RECTIFICADOR KCS 6-50

2.1	IDENTIFICACION DEL RECTIFICADOR	65
2.2	CARACTERISTICAS DEL RECTIFICADOR KCS 6-50	66
2.2.1	RECTIFICADOR KCS 6-50	67
2.2.2	DIMENCIONES DEL RECTIFICADOR KCS 6-50	68
2.2.3	DIAGRAMA ESQUEMATICO RECTIFICADOR KCS 6-50	69
2.2.4	INSTRUCCIONES DE INSTALACION Y OPERACIÓN	71
2.2.5	CARACTERISTICAS GENERALES	73
2.2.6	CARACTERISTICAS ADICIONALES	73
2.2.7	AJUSTES	74

CAPITULO III

PLANTA DE FUERZA DE C.D. 2+0/KCS 6-50

3.1	CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE FUERZA DE C.D. 2+0/KCS 6-50	
3.1.1	AJUSTE DE DESCONEXION POR BAJO VOLTAJE DE BATERIA	
3.2	BATERIAS PLOMO-ACIDO	77
3.3	COMPONENTES Y OPERACIÓN DE LA BATERÍA	77
3.3.1	CELDA VS BATERÍAS	77
3.3.2	CELDA Y BATERÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	77
3.3.3	COMPONENTES DE LAS BATERÍAS	78
3.3.4	CELDA Y VOLTAJE DE BATERÍA	79
3.3.5	CAPACIDAD	79
3.4	CONEXIONES SERIE Y PARALELO	80
3.5	TIPOS DE BATERÍA PLOMO-ÁCIDO	81
3.5.1	BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO ABIERTAS	81
3.5.2	BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO SELLADAS	82
3.6	OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN	82
3.6.1	MATERIALES ACTIVOS DE LAS BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO	82
3.6.2	ELECTROQUÍMICA DE LA CELDA PLOMO-ÁCIDO	83
3.6.3	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS POSITIVA Y NEGATIVA	83
3.6.4	ALEACIÓN ANTIMONIO/CALCIO/SELENIO/ESTAÑO	85
3.6.5	DENSIDAD ESPECÍFICA	87
3.6.6	EFFECTOS DE LA CORRIENTE DE DESCARGA Y TEMPERATURA EN LA CAPACIDAD Y LA VIDA	89
3.7	APLICACIONES	91
3.7.1	ARRANQUE, ILUMINACIÓN Y ENCENDIDO	92
3.7.2	INDUSTRIALES	93
3.7.3	TRACCION	93
3.7.4	ESTACIONARIAS	93
3.7.5	PORTATILES	94
3.8	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN	94
3.9	MANTENIMIENTO	96
3.10	DIMENSIONANDO EL CARGADOR A LOS REQUERIMIENTOS DE LA BATERIA	96
3.11	CARGADOR DE VOLTAJE CONSTANTE	97
3.12	RECARGA DE FLOTACIÓN	97
3.13	CARGADOR DE CORRIENTE CONSTANTE	98
3.14	PREVINIENDO LA SOBRE-DESCARGA	99

3.15 MANTENIENDO LOS NIVELES DE ELECTROLITO	99
3.16 LIMPIEZA	100
3.17 PREVINIENDO ALTAS TEMPERATURAS	100
3.18 SUMINISTRO DE VOLTAJE DE IGUALACIÓN	100
3.19 SEGURIDAD	101
3.20 PRUEBAS	102
3.21 ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DESECHO	103
3.21.1 ALMACENAMIENTO	103
3.21.2 TRANSPORTACIÓN	103
3.21.3 DESECHO	103
3.22 BATERIA NIQUEL CADMIO	103
3.22.1 PROPIEDADES DE LAS BATERÍAS NÍQUEL-CADMIO	104
3.22.2 DETALLES DE CONSTRUCCIÓN	104
3.22.3 MONTAJE DEL GRUPO DE PLACAS	105
3.22.4 AISLAMIENTO	105
3.22.5 ELECTROLITO	105
3.22.6 RECIPIENTES	105
3.22.7 PLASTICO	106
3.22.8 ACERO	106
3.23 CARACTERÍSTICAS	106
3.24 FUNCIONAMIENTO	108
3.24.1 FLOTACION	108
3.24.2 ELEMENTOS DE ALTA INTENSIDAD	108
3.24.3 TRABAJO EN CICLOS	109
3.24.4 CAPACIDAD DE BATERIA	109
3.25 METODOS DE CARGA	109
3.25.1 TENSION CONSTANTE	109
3.25.2 CARGA A TENSION CONSTANTE CON LIMITACIÓN DE CORRIENTE	109
3.25.3 INTENSIDAD CONSTANTE	109
3.26 CONDICIONES ESPECIALES DE TRABAJO	110
3.26.1 CARGA RAPIDA	110
3.26.2 CARGA A TENSIÓN CONSTANTE	110
3.26.3 DOS REGÍMENES DE CARGA	111
3.26.4 MANTENIMIENTO MUY BAJO	111
3.26.5 ANULACION DE GASES DURANTE LA CARGA	111
3.26.6 ESTRECHO MARGEN DE LOS LÍMITES DE TENSION	111
3.26.7 EFECTOS POR VARIACION DE TEMPERATURA	112
3.26.8 FUNCIONAMIENTO A TEMPERATURAS ALTAS Y BAJAS	112
3.26.9 RETENCIÓN DE CARGA	114
3.27 INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO	114
3.27.1 INSTALACION	114
3.27.2 MANTENIMIENTO	114

CAPITULO IV

ENTREGA – RECEPCION PLANTA DE FUERZA

4.1 ENTREGA – RECEPCION PLANTA DE FUERZA	115
4.1.1 ALCANCE	115
4.1.2 OBJETIVO	115
4.1.3 RESPONSABILIDADES	115
4.1.4 INGENIERIA	115
4.1.5 INGENIERO DE PROYECTO	115
4.1.6 INSTALACIONES	116
4.1.7 GERENCIA DE CALIDAD	116
4.1.8 GERENCIA DE SERVICIOS	116
4.1.9 DOCUMENTACION	117
4.1.10 DOCUMENTACIONES PARA EL CLIENTE	117
4.2 NORMAS DE SEGURIDAD	118
4.3 HERRAMIENTAS DE TRABAJO	119
4.4 PREPARACION	122
4.5 COLOCACION EN SITIO	123
4.6 MANIOBRAS	124
4.7 INTERCONEXIONES	125
4.8 ESCALERILLAS	125
4.9 ESTANTE DE BATERÍAS	125
4.10 TIERRAS	126
4.11 INSPECCION FISICA	126
4.12 ENERGIZACION	127
4.13 INSPECCION ELECTRICA	127
4.14 ENTREGA AL CLIENTE	128
4.15 ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE LAS PLANTAS DE FUERZA DE CORRIENTE DIRECTA 2+0 / KCS 6-50	128
4.16 CAMBIO DE CARGAS	130

CAPITULO V

MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE FUERZA

5.1 SEGURIDAD	132
5.2 DESCARGA ELECTRICA	132
5.3 ALAMBRES DE TIERRA	135
5.4 INTERRUPTORES DE TIERRA ACCIDENTAL	138
5.5 AYUDA A UNA VICTIMA DE DESCARGA ELECTRICA	140
5.6 QUEMADURAS	141

5.7 FUEGO	141
5.8 CODIGO DE COLOR OSHA	142
5.9 MANTENIMIENTO	143
5.10 SINTOMAS DE CIRCUITOS DAÑADOS Y SU REPARACION	144
5.11 PRUEBA DE TIERRA Y CORTO CIRCUITO	145
5.12 PRUEBA DEL DIODO	146
5.13 PRUEBA DE SCR	146
CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFIA	148

INTRODUCCION

¿CUÁL ES LA HISTORIA DE LA ELECTRÓNICA?

Se inicia con los trabajos de varios físicos destacados, tales como Coulomb, Ampère, Gauss, Faraday, Henry y Maxwell. Estos trabajos quedaron recogidos en 1865, en el marco formal de la *teoría del electromagnetismo*, formulada por Maxwell (deducida de las ecuaciones que llevan su nombre); teoría que, sin embargo, debió esperar hasta 1888 para su demostración.

La mencionada demostración la realizó Hertz con la generación, en el laboratorio, de *ondas electromagnéticas*. Más tarde, en 1896, Marconi logró transmitir y detectar estas ondas (llamadas hertzianas) y abrió el camino a posteriores avances tan importantes como la televisión y las telecomunicaciones.

El nacimiento de la electrónica, como rama de la ciencia, puede situarse en 1895, año en el que Lorentz postuló la existencia de partículas cargadas llamadas *electrones*, lo cual fue demostrado, experimentalmente, por Thomson dos años más tarde.

Braun, en 1897, hizo pública su invención del primer *tubo electrónico*, rudimentario antecesor de los tubos de rayos catódicos que forman parte de los televisores.

La electrónica no asumió las connotaciones tecnológicas que la caracterizan hasta los inicios del siglo XX, con la invención de los primeros componentes y, en particular en 1904, con la creación de la *válvula termoiónica* o *diodo*, por parte del físico británico John Ambrose Fleming.

El diodo está compuesto esencialmente por dos electrodos metálicos contenidos en un tubo vacío, uno de los cuales (el cátodo) es calentado por un filamento. Debido a este calentamiento, el cátodo emite electrones (efecto termoiónico), que son acelerados hacia el otro electrodo (el ánodo) cuando este último se mantiene positivo respecto al cátodo. De tal forma que, intercalado en un circuito, el diodo muestra la importante propiedad de conducir corriente únicamente cuando la tensión que se le aplica tiene un determinado sentido.

De esta manera, permite la rectificación de una corriente alterna. La corriente que se obtiene conectando un electrodoméstico a una de las tomas que hay en las paredes de las casas (corriente de red), tiene la característica de invertir continuamente el sentido con que circula por un circuito, y por tanto se llama *corriente alterna* (la corriente de red es alterna debido a la técnica de su producción, lo cual no compete a la electrónica. De todas maneras, en muchos casos, es necesario disponer de una *corriente continua*; es decir, que nunca invierta su sentido de circulación. Para esto se emplean unos determinados dispositivos que *rectifican* la corriente, transformándola de alterna a continua.

En 1905, el físico estadounidense Lee De Forest, perfeccionando el invento de Fleming, creó el *tríodo*. El aporte de Forest consistió en la introducción de un tercer elemento (la *rejilla*), cerca del cátodo. La proximidad entre el cátodo y la rejilla hace que, si a esta última se le aplica una pequeña tensión, influya sustancialmente sobre el flujo de electrones en el interior del tubo. Por tanto, el tríodo actúa como amplificador (el nombre de *audión*,

que originalmente dio De Forest a su invento, traduce el intento de aplicar esta característica a las señales de sonido).

El invento de los dispositivos mencionados proporcionó la base tecnológica para el rápido desarrollo de las radiocomunicaciones. Para 1912 en los Estados Unidos se constituyó una asociación de radiotécnicos. Allí mismo también se construyó, en 1920, la primera emisora de radio comercial.

En las décadas de 1920 y 1930 se introdujeron mejoras a los tubos electrónicos originarios (que culminaron con la introducción del *pentodo*), aumentando su flexibilidad y su campo de aplicaciones. Entre otras cosas, se hizo posible la invención de la televisión (1930) y de la radio de modulación de frecuencia (1933).

Los tubos de vacío dieron paso a una importante aplicación, como fue la realización de las primeras *calculadoras electrónicas* en los años siguientes de la Segunda Guerra Mundial. Mientras tanto, físicos como Block, Schottky, Sommerfeld, Winger y otros realizaban excelentes progresos en el estudio de una importante clase de sustancias sólidas: los semiconductores.

En 1945 se creó un grupo de trabajo, compuesto por físicos teóricos y experimentales, un químico y un ingeniero electrónico, en los Bell Telephone Laboratories, para encontrar una alternativa al empleo de los tubos electrónicos en las telecomunicaciones. Ciertamente los tubos presentan inconvenientes, entre los cuales se cuenta una escasa fiabilidad debida a sus elevadas temperaturas de funcionamiento. En 1947 los físicos John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley obtuvieron un efecto de amplificación en un dispositivo compuesto por dos sondas de oro prensadas sobre un cristal de germanio (un semiconductor): nacía así el *transistor*, que actualmente es el elemento fundamental de todo dispositivo electrónico (en 1965 estos físicos recibieron el Premio Nóbel).

Más tarde, el primer ejemplar fue perfeccionado por Shockley con la introducción del *transistor de unión*, totalmente de material semiconductor, gracias a los progresos efectuados por los laboratorios Bell en la obtención de materiales de base (germanio y silicio) con un elevado grado de pureza.

La comercialización del transistor en 1951 sentó las bases para el desarrollo cualitativo y cuantitativo de la tecnología electrónica en la segunda mitad del siglo. El transistor proporcionó las mismas funcionalidades del tródo, siendo más pequeño, eficiente, fiable, económico y duradero. Esto permitió la existencia de una gama de aplicaciones antes impensables y la reducción de costos y del tamaño de los dispositivos electrónicos de uso común (radio, televisión, etc.), abriéndose así el camino hacia el fenómeno de la electrónica de consumo.

La aparición del transistor también proporcionó un gran impulso al desarrollo de los ordenadores. En 1959 la IBM presentó el primer ordenador (el 7090) de estado sólido, es decir, con transistores.

En la actualidad, los componentes con semiconductor como el transistor, han sustituido casi por completo a los tubos de vacío. Estos últimos únicamente se emplean en algunas

aplicaciones particulares, en las que hacen parte microondas, o con tensiones de funcionamiento muy altas.

Los circuitos integrados

Una tercera parte de la evolución de la electrónica se abrió a finales de los años cincuenta con la introducción del *circuito integrado* por parte de Kilby, de la Texas Instrument, y de Noyce y Moore, de la Fairchild Semiconductor Company. La idea fue incluir un circuito completo en una sola pastilla de semiconductor: el *Chip*(fig 1), y hacer de las conexiones entre los dispositivos parte integrante de su proceso de producción, reduciendo así las dimensiones, peso y el costo con relación al número de elementos activos.

El desarrollo de la microelectrónica, como se denomina la electrónica de los circuitos integrados es impresionante. A partir de su comercialización (1961), el número máximo de componentes integrados en un chip se duplicó cada año desde los 100 iniciales. En la segunda mitad de los años setenta, al introducirse la integración a gran escala (VLSI) y superar los 10.000 componentes, se ingresó en la época actual, en la que es normal encontrar varios millones de componentes integrados en un chip muy pequeño, por ejemplo en los microprocesadores de las computadoras personales.

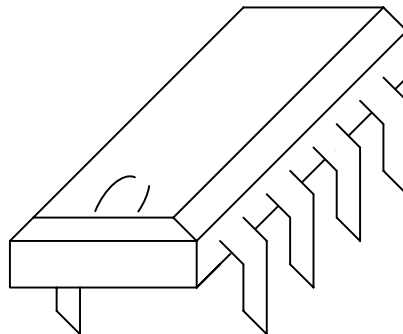


Fig. 1

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Podríamos decir que la ingeniería de la Electrónica de Potencia es donde confluyen la electrónica con la electricidad. Los problemas inherentes al manejo de altas tensiones y altas corrientes combinadas o en forma indistinta nos hacen desarrollar una ingeniería no convencional con el resto de las materias de la carrera.

Las nuevas tendencias tecnológicas, nos incitan a trabajar más sobre esta materia, que en la industria esta revolucionando los métodos de control de procesos convencionales.

Estos procesos requieren de la aplicación de dispositivos electrónicos, principalmente semiconductores, al control y transformación de potencia eléctrica. Esto incluye tanto aplicaciones en sistemas de control como de suministro eléctrico a consumos industriales o incluso la interconexión sistemas eléctricos de potencia.

Para estas aplicaciones, se han desarrollado una serie de dispositivos semiconductores de potencia, todos los cuales derivan del diodo y/o el transistor. Entre estos se encuentran:

- Tiristor
- TRIAC
- IGBT
- MCT
- GTO
- MOSFET DE POTENCIA
- SCR

Dichos dispositivos son empleados en equipos que se denominan "Convertidores Estáticos de Potencia", clasificados en:

- Rectificadores: Convierten Corriente Alterna en Corriente Continúa
- Inversores: Convierten Corriente Continua en Corriente Alterna
- Cicloconvertidores: Convierten Corriente Alterna en Corriente Alterna
- Choppers: Convierten Corriente Continua en Corriente Continua

Dependiendo de la aplicación, se emplean unos u otros de los mencionados semiconductores atendiendo a sus características constructivas y de funcionamiento. La siguiente relación muestra de forma orientativa, qué dispositivos son más utilizados, en función de la potencia y frecuencia de trabajo:

- MOSFET de potencia: entre 10 W y 1 kW; hasta 1 MHz.
- IGBT: entre 1 kW y 10 kW; entre 5 y 50 kHz.
- Bipolares de potencia: entre 1 kW y 50 kW; ente 1 kHz y 5 kHz.
- Tiristores/Triacs/GTO: hasta 5 MW; entre 50 Hz y 400 Hz.

Como puede observarse los MOSFET de potencia son más adecuados cuando la aplicación requiere manejar frecuencias de funcionamiento grandes, ya que estos dispositivos son los que tienen una frecuencia de conmutación más alta. Por el contrario, no son capaces de manejar grandes potencias.

En el caso contrario, en que se manejan grandes potencias pero a baja frecuencia (por ejemplo, en sistemas de control de redes eléctricas), son más convenientes los Tiristores, Triacs y GTO's.

Así como los semiconductores, es necesario conocer de una manera clara y precisa algunos conceptos básicos de electrónica que nos servirán para entender el funcionamiento eléctrico y electrónica de nuestro sistema de fuerza de C.D. 2+0/KCS 6-50 R.D.A.

1.2 LA ELECTRICIDAD Y LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

1.2.1 LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

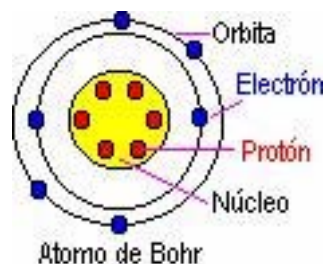
La materia se divide en moléculas, las cuales a su vez se dividen en átomos. Estos átomos se componen de dos partes: el núcleo y la periferia.

En el núcleo del átomo se encuentran:

Los protones con carga eléctrica positiva, y Los neutrones que como su nombre insinúa, no tienen carga eléctrica o son neutros.

En la periferia se encuentran:

Los electrones con carga eléctrica negativa. El físico Danés Niels Bohr, creó el modelo (después llamado modelo de Bohr) donde se muestra la estructura del átomo. Ver la siguiente figura:



En el átomo, el número de electrones (en azul) es igual al número de protones (en rojo), por lo que se dice que el átomo es eléctricamente neutro.

$$\text{Número de protones} = \text{Número de electrones}$$

Hay algunos electrones que se encuentran en las órbitas más alejadas del núcleo, por lo que podrían liberarse fácilmente. Estos electrones son los llamados electrones de valencia

Ejemplo: El átomo de cobre tiene 29 protones y 29 electrones. De estos 29 electrones, 28 viajan en órbitas cercanas al núcleo y 1 viaja en una órbita lejana. A este electrón se le llama: electrón libre, (electrón de valencia).

Si un material tiene muchos electrones libres en su estructura se le llama conductor y si tiene pocos electrones libres se le llama aisladores o aislantes

Ejemplos:

Conductores: Oro, plata, aluminio, cobre, etc.

Aisladores o aislantes: cerámica, vidrio, madera, papel, etc.

Cuando a un átomo de cualquier materia le falta un electrón o más se le llama: Ión positivo

Cuando a un átomo de cualquier materia le sobra un electrón o más se le llama: Ión negativo

1.2.2 LA ELECTRICIDAD

La electricidad es la acumulación o movimiento de electrones que han sido sacados de sus órbitas. Estos electrones son los llamados electrones libres, que al ser sacados de sus órbitas dentro del átomo se mueven con facilidad por la materia. A esto se le llama corriente eléctrica.

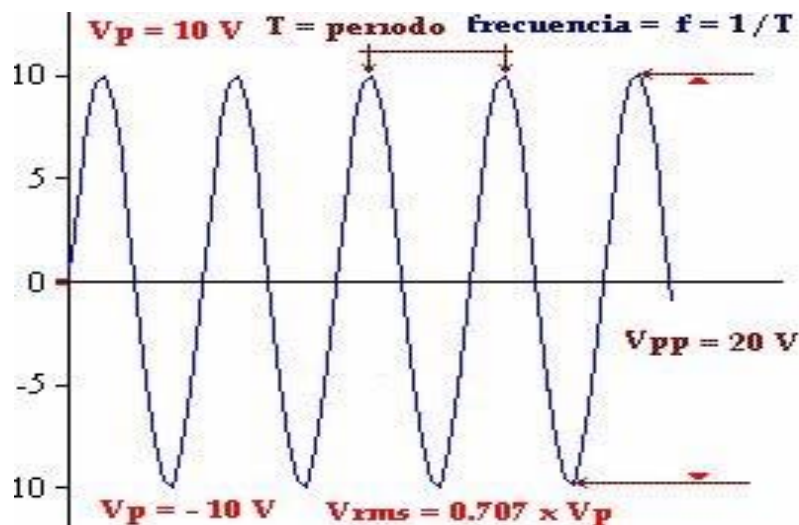
1.3 CORRIENTE ALTERNA

La diferencia de la corriente alterna con la corriente continua, es que la continua circula sólo en un sentido.

La corriente alterna (como su nombre lo indica) circula por durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante.

Este tipo de corriente es la que nos llega a nuestras casas y la usamos para alimentar la TV, el equipo de sonido, la lavadora, la refrigeradora, etc.

El siguiente gráfico aclara el concepto:



En este caso el gráfico muestra el voltaje (que es también alterno) y tenemos que la magnitud de éste varía primero hacia arriba y luego hacia abajo (de la misma forma en que se comporta la corriente) y nos da una forma de onda llamada: onda senoidal.

El voltaje varía continuamente, y para saber que voltaje tenemos en un momento específico, utilizamos la fórmula; $V = V_p \times \text{Seno}(\Theta)$ donde $V_p = V$ pico (*ver gráfico*) es el valor máximo que obtiene la onda y " Θ " es una distancia angular y se mide en grados.

Aclarando un poco esta última parte y analizando el gráfico anterior, se ve que la onda senoidal es *periódica* (se repite la misma forma de onda continuamente). Si se toma un período de ésta (un ciclo completo), se dice que tiene una distancia angular de 360° .

Y con ayuda de la fórmula que ya dimos, e incluyendo " Θ " (distancia angular para la cual queremos saber el voltaje) obtenemos el voltaje instantáneo de nuestro interés. Para cada distancia angular diferente el valor del voltaje es diferente, siendo en algunos casos positivos y en otros negativos (cuando se invierte su polaridad).

FRECUENCIA (f): Si se pudiera contar cuantos ciclos de esta señal de voltaje suceden en un segundo tendríamos la frecuencia de esta señal, con unidad de ciclos / segundo, que es lo mismo que Hertz o Hertzios.

PERIODO (T): El tiempo necesario para que un ciclo de la señal anterior se produzca, se llama período (T) y tiene la fórmula:

$$T = 1 / f, \text{ o sea el período (T) es el inverso de la frecuencia (f).}$$

VOLTAJE PICO-PICO (V_{pp}): Analizando el gráfico se ve que hay un voltaje máximo y un voltaje mínimo. La diferencia entre estos dos voltajes es el llamado voltaje pico-pico (V_{pp}) y es igual al doble del Voltaje Pico (V_p) (*ver gráfico*)

VOLTAJE RMS (V_{rms}): Se puede obtener el voltaje equivalente en corriente continua (V_{rms}) de este voltaje alterno con ayuda de la fórmula $V_{rms} = 0.707 \times V_p$. Este valor de voltaje es el que obtenemos cuando utilizamos un voltímetro.

Si se prepara un voltímetro para que pueda medir voltajes en corriente alterna (a.c.) y medimos la salida de un tomacorriente, lo que vamos a obtener es: 110 Voltios o 220 Voltios aproximadamente.

Cuál será el voltaje pico (V_p) de esta señal?

Revisando la fórmula del párrafo anterior despejamos V_p . $V_p = V_{rms} / 0.707$

$$V_{rms} = 110 \text{ V}$$

$$V_p = 110 / 0.707 = 155.6 \text{ Voltios}$$

$$V_{rms} = 220 \text{ V}$$

$$V_p = 220 / 0.707 = 311.17 \text{ Voltios}$$

1.4 CORRIENTE DIRECTA O CONTINUA

Corriente continua (CC en forma abreviada), es el resultado del flujo de electrones por un conductor.



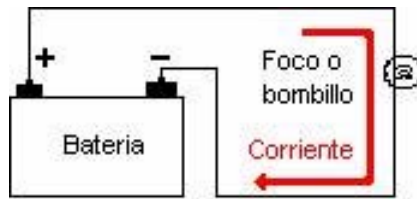
La cantidad de carga de electrón es muy pequeña. Una unidad de carga muy utilizada es el Coulomb (mucho más grande que la carga de un electrón).

1 Coulomb = la carga de 6 280 000 000 000 000 electrones

Ó

En notación científica: 6.28×10^{18} electrones

Para ser consecuentes con nuestro gráfico y con la convención existente, se toma a la corriente como positiva y ésta circula desde el terminal positivo al terminal negativo. Lo que sucede es que un electrón al avanzar por el conductor va dejando un espacio [hueco] positivo que a su vez es ocupado por otro electrón que deja otro espacio [hueco] y así sucesivamente, generando una serie de huecos que viajan en sentido opuesto al viaje de los electrones y que se puede entender como el sentido de la corriente positiva que se conoce.



La corriente es la cantidad de carga que atraviesa la lámpara en un segundo, entonces

$$\text{Corriente} = \text{Carga en coulombs} / \text{tiempo} \quad \text{ó} \quad I = Q / T$$

Si la carga que pasa por la lámpara es de 1 coulomb en un segundo, la corriente es de 1 amperio

Ejemplo: Si por la lámpara pasa una carga de 14 coulombs en un segundo, entonces la corriente será:

$$I = Q / T = 14 \text{ coulombs} / 1 \text{ segundo} = 14 \text{ amperios}$$

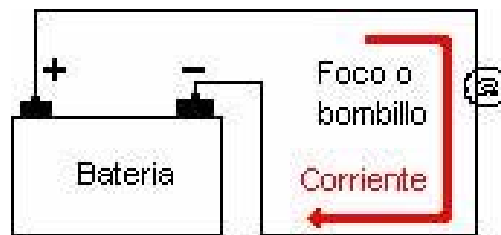
La corriente eléctrica se mide en (A) Amperios y para circuitos electrónicos generalmente se mide en mA (miliAmperios) o (uA) microAmperios. Ver las siguientes conversiones.

$$1 \text{ A (miliamperio)} = 0.001 \text{ A (Amperios)}$$

$$1 \text{ uA (microAmperio)} = 0,000001 \text{ A (Amperios)}$$

1.5 TENSION O VOLTAJE

Para lograr que una lámpara como la de la figura se encienda, debe circular por los cables a los cuales está conectada, una corriente eléctrica.



Para que esta corriente circule por los cables debe existir una fuerza, llamada *Fuente de fuerza electromotriz* o una batería (en el caso de corriente continua), que es simplemente una fuente de tensión., que tiene unidad de voltios.

$$1 \text{ kilovoltio} = 1000 \text{ voltios (volts)}$$

$$1 \text{ milivoltio} = 1 / 1000 = 0.001 \text{ voltios (volts)}$$

Normalmente las fuentes de tensión tienen en su salida un valor fijo. Ejemplo: 3, 6, 9, 12 Voltios, etc., pero hay casos de fuentes de tensión de salida variable, que tienen aplicaciones especiales.

Cuando hablamos del voltaje de una batería o el voltaje que se puede obtener de un tomacorriente en la pared, estamos hablando de una tensión. En el primer caso es una fuente de tensión de corriente directa y en el segundo una fuente de tensión de corriente alterna.

Tal vez la forma más fácil de entender el significado de una tensión es haciendo una analogía con un fenómeno de la naturaleza.

Si comparamos el flujo de la corriente continua con el flujo de la corriente de agua de un río y a la tensión con la altura de una catarata (caída de agua), se puede entender a que se refiere el término tensión (diferencia de potencial), que sería la diferencia de altura de la caída de agua.

La diferencia de potencial se entiende mejor cuando se habla de la energía potencial. La energía es la capacidad de realizar trabajo, energía potencial es la energía que se asocia a un cuerpo por la posición que tiene.

Dos casos posibles

Una fuente que entregue una tensión elevada pero poca corriente, el caso de una caída de agua muy alta con poco caudal.

Una fuente que entregue una tensión reducida pero mucha corriente, caso de una caída de agua muy pequeña pero con mucho agua.

Un caso interesante es aquel en que la fuente tiene un valor de tensión elevada y entrega mucha corriente. Este caso se presentaría en una caída de agua muy alta y existe caudal muy grande. Este caso en especial nos indicaría que tenemos una fuente de tensión con gran capacidad de entrega de potencia.

1.6 LA RESISTENCIA ELECTRICA

Es la oposición que ofrece un material al paso de los electrones (la corriente eléctrica). Cuando el material tiene muchos electrones libres, como es el caso de los metales, permite el paso de los electrones con facilidad y se le llama conductor.

Si por el contrario el material tiene pocos electrones libres, éste no permitirá el paso de la corriente y se le llama aislante o dieléctrico

Los factores principales que determinan la resistencia eléctrica de un material son:

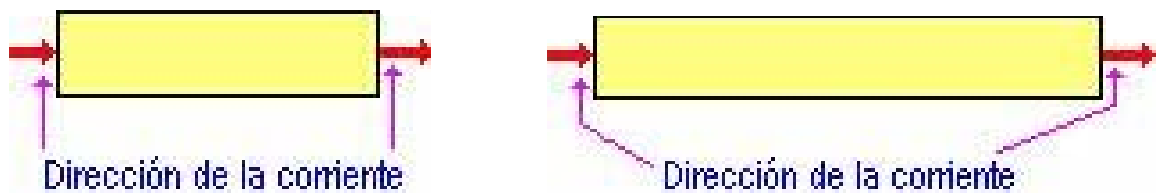
- Tipo de material
- Longitud
- Sección transversal

- o Temperatura

Un material puede ser aislante o conductor dependiendo de su configuración atómica, y podrá ser mejor o peor conductor o aislante dependiendo de ello.

1.6.1 CARACTERÍSTICAS

Un material de *mayor* longitud tiene *mayor* resistencia eléctrica



El material de mayor longitud ofrece más resistencia al paso de la corriente que el de menor longitud

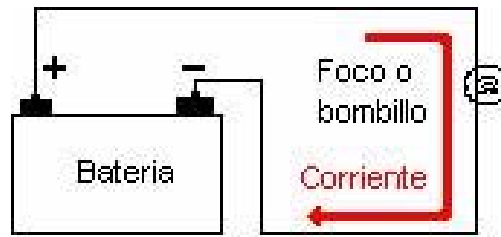
Un material con *mayor* sección transversal tiene *menor* resistencia. La dirección de la corriente (la flecha de la corriente) en este caso entra o sale de la página



Los materiales que se encuentran a *mayor* temperatura tienen *mayor* resistencia. La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el Ohmio y se representa por la letra griega omega (Ω) y se expresa con la letra griega "R".

1.7 LA RESISTENCIA O RESISTOR

Cualquier elemento localizado en el paso de una corriente eléctrica sea esta corriente continua o corriente alterna y causa oposición a que ésta circule se llama resistencia o resistor. En el gráfico siguiente vemos que tenemos un foco en el paso de la corriente que sale del terminal positivo de la batería y regresa al terminal negativo. Este foco que todos tenemos es una resistencia.



Las resistencias o resistores son fabricadas en una amplia variedad de valores. Hay resistencias con valores de Kiloohmios ($K\Omega$), Megaohmios ($M\Omega$). Estas dos últimas unidades se utilizan para representar resistencias muy grandes. En la siguiente tabla vemos las equivalencias entre ellas

1 Kiloohmio ($K\Omega$) = 1,000 Ohmios (Ω)

1 Megaohmio ($M\Omega$) = 1, 000,000 Ohmios (Ω)

1 Megaohmio ($M\Omega$) = 1,000 Kiloohmios ($K\Omega$)

1.7.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN UNA RESISTENCIA:

La resistencia disminuye su valor cuando la temperatura sube, es por este motivo que el circuito que contenga estos elementos funcione en ambientes donde la temperatura sea normal y constante.

Para poder saber el valor de las resistencias existe un código de colores que nos ayuda a obtener con facilidad este valor con sólo verlas.

1.7.2 LA CONDUCTANCIA

La recíproca (inverso) de la resistencia es la conductancia. Se representa generalmente por la letra G. Un circuito con elevada conductancia tiene baja resistencia, y viceversa. Una resistencia de 1 Ohmio (ohm) posee una conductancia de 1 mho. Una resistencia de 1000 Ohmios (ohms) posee una conductancia de 0.001 mho.

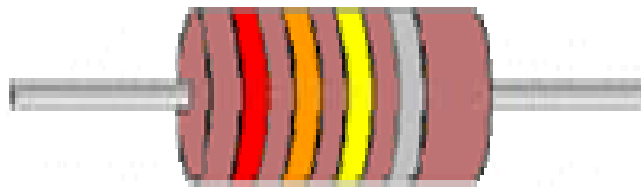
Los valores comunes de resistencias son: 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2, etc., todas ellas $\times 10^n$, donde $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$. A continuación se presentan los valores normalizados de estas para diferentes casos de tolerancia

Tolerancia: 10 %	Tolerancia: 5 %	Tolerancia: 2 %
1.0	1.0 - 1.1	1.00 - 1.05 - 1.1 - 1.15
1.2	1.2 - 1.3	1.21 - 1.27 - 1.33 - 1.40 - 1.47
1.5	1.5 - 1.6	1.54 - 1.62 - 1.69 - 1.78
1.8	1.8 - 2.0	1.87 - 1.96 - 2.00 - 2.05 - 2.15
2.2	2.2 - 2.4	2.26 - 2.37 - 2.49 - 2.61
2.7	2.7 - 3.0	2.74 - 2.87 - 3.01 - 3.16
3.3	3.3 - 3.6	3.32 - 3.48 - 3.65 - 3.83
3.9	3.9 - 4.3	4.02 - 4.22 - 4.42 - 4.64
4.7	4.7 - 5.1	4.87 - 5.11 - 5.36
5.6	5.6 - 6.2	5.62 - 5.90 - 6.19 - 6.49
6.8	6.8 - 7.5	6.81 - 7.15 - 7.50 - 7.87
8.2	8.2 - 9.1	8.25 - 8.66 - 9.09 - 9.53

1.7.3 CODIGO DE COLORES DE LA RESISTENCIA

Las resistencias (resistores) son fabricados en una gran variedad de formas y tamaños. En los más grandes, el valor de la resistencia se imprime directamente en el cuerpo de la resistencia, pero en las más pequeñas, esto no se puede hacer.

Sobre estas resistencias se pintan unas bandas de colores. Cada color representa un número que se utiliza para obtener el valor final de la resistencia. Las dos primeras bandas indican las dos primeras cifras del valor de la resistencia, la tercera banda indica por cuanto hay que multiplicar el valor anterior para obtener el valor final de la resistencia. La cuarta banda nos indica la tolerancia y si hay quinta banda, ésta nos indica su confiabilidad.



Color	1era y 2da banda	3ra banda	4ta banda	
	1era y 2da cifra significativa	Factor multiplicador	Tolerancia	%
plata		0.01		+/- 10
oro		0.1		+/- 5
negro	0	x 1	Sin color	+/- 20
marrón	1	x 10	Plateado	+/- 1
rojo	2	x 100	Dorado	+/- 2
naranja	3	x 1,000		+/- 3
amarillo	4	x 10,000		+/- 4
verde	5	x 100,000		
azul	6	x 1,000,000		
violeta	7			
gris	8	x 0.1		
blanco	9	x 0.01		

Ejemplo: Si una resistencia tiene las siguientes bandas de colores:

rojo amarillo verde oro
 2 4 5 +/- 5 %

La resistencia tiene un valor de 2400,000 Ohmios +/- 5 %
 El valor máximo de esta resistencia puede ser: 25200,000 Ω
 El valor mínimo de esta resistencia puede ser: 22800,000 Ω

La resistencia puede tener cualquier valor entre el máximo y mínimo calculados

Nota: - Los colores de la resistencia no indican la potencia que puede disipar la misma.

1.8 LA IMPEDANCIA (reactancia + resistencia)

La resistencia es el valor de oposición al paso de la corriente (sea directa o alterna) que tiene el resistor o resistencia. La reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente (solo corriente alterna) que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). En este caso existe la reactancia capacitiva debido a los condensadores y la reactancia inductiva debido a las bobinas.

Cuando en un mismo circuito se tienen estos elementos combinados (resistencias, condensadores y bobinas) y por ellas circula corriente alterna, la oposición de este conjunto de elementos al paso de la corriente alterna se llama: impedancia.

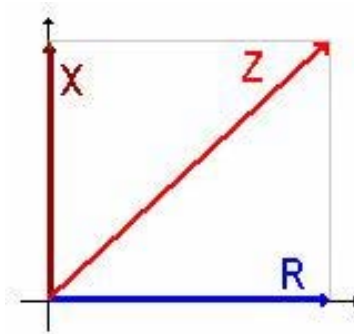
La impedancia tiene unidades de Ohmios (Ohms). Y es la suma de una componente resistiva (debido a las resistencias) y una componente reactiva (debido a las bobinas y los condensadores).

$$Z = R + j X$$

La jota (j) que precede a la X, nos indica que ésta es un número imaginario. No es una suma directa, es una suma fasorial (suma de fasores). Lo que sucede es que estos elementos (la bobina y el condensador) causan una oposición al paso de la corriente alterna (además de un desfase), pero idealmente no causa ninguna disipación de potencia, como si lo hace la resistencia (La Ley de Joule).

En la bobina y las corrientes y el condensador y las corrientes se sabe que hay un desfase entre las corrientes y los voltajes, que en el primer caso es atrasada y en el segundo caso es adelantada. El desfase que ofrece una bobina y un condensador son opuestos, y si estos llegaran a ser de la misma magnitud, se cancelarían y la impedancia total del circuito sería igual al valor de la resistencia.

La fórmula anterior se grafica:



Se puede ver que las reactancias se grafican en el eje Y (el eje imaginario) pudiendo dirigirse para arriba o para abajo, dependiendo de si es mas alta la influencia de la bobina o el condensador y las resistencias en el eje X. (solo en la parte positiva del eje X). El valor de la impedancia (la línea diagonal) será:

$$Z = (R^2 + X^2)^{1/2}$$

Z (impedancia) = raíz cuadrada de: (la suma de: (la resistencia al cuadrado y la reactancia al cuadrado))

1.9 EL CONDENSADOR/ CAPACITOR

Un condensador o capacitor es un dispositivo electrónico que está formado por dos placas metálicas separadas por un aislante llamado dieléctrico. Un dieléctrico o aislante es un material que evita el paso de la corriente.

El capacitor es un dispositivo que almacena energía en la forma de un campo eléctrico (es evidente cuando el capacitor funciona con corriente directa) y se llama capacitancia o capacidad a la cantidad de cargas eléctricas que es capaz de almacenar. La capacidad depende de las características físicas de condensador:

- Si el área de las placas que están frente a frente es grande la capacidad aumenta
- Si la separación entre placas aumenta, disminuye la capacidad
- El tipo de material dieléctrico que se aplica entre las placas también afecta la capacidad
- Si se aumenta la tensión aplicada, se aumenta la carga almacenada

La función del dieléctrico es aumentar la capacidad del condensador. Los diferentes materiales que se utilizan como dieléctricos tienen diferentes grados de permitividad. (Diferente capacidad para el establecimiento de un campo eléctrico)

Material	Permitividad relativa (Er)
Vacío	1
Aire	1,0059
Polietileno	2,5
Porcelana	5...6
Mica	7
Pentóxido Tántalo	26
Cerámica	10 a 50000

Mientras mayor sea la permitividad mayor es la capacidad del condensador. La capacitancia de un condensador está dada por la fórmula:

$$C = Er \times A / d$$

Donde:

- C = capacidad
- Er = permitividad
- A = área entre placas
- d = separación entre las placas

La unidad de medida es el faradio. Hay submúltiplos como el miliFaradio (mF), microFaradio (uF), el nanoFaradio (nF) y el picoFaradio (pF). Las principales características eléctricas de un condensador son su capacidad o capacitancia y su máxima tensión entre placas (máxima tensión que es capaz de aguantar sin dañarse).

Nota: Nunca conectar un capacitor a un voltaje superior al que puede aguantar pues puede explotar.

Algunos capacitores son polarizados (ver signo + o signo - en el cuerpo del elemento) y hay que conectarlos con cautela. Nunca conectarlo al revés pues puede dañarse y explotar. Hay dos tipos de condensadores. Fijos y variables.

1.9.1 CODIGO DE LOS CAPACITORES

Aunque parece difícil, determinar el valor de un capacitor o condensador se realiza sin problemas. Al igual que en las resistencias este código permite de manera fácil establecer su valor.



Color	1ra y 2da banda	3era banda	Tolerancia		Tensión
			Factor multiplicador		
	1era y 2da cifra significativa		para C > 10 pF	para C < 10 pF	
Negro		X 1	+ / - 20%	+ / - 1 pF	
Marrón	1	X 10	+ / - 1%	+ / - 0.1 pF	100 V
Rojo	2	X 100	+ / - 2%	+ / - 0.25 pF	250 V
Naranja	3	X 10 ³			
Amarillo	4	X 10 ⁴			400 V
Verde	5	X 10 ⁵	+ / - 5%	+ / - 0.5 pF	
Azul	6	X 10 ⁶			630 V
Violeta	7				
Gris	8				
Blanco	9		+ / - 10%		

1.9.2 EL CÓDIGO 101

Muy utilizado en condensadores cerámicos. Muchos de ellos que tienen su valor impreso, como los de valores de 1 uF o más.

Donde: uF = microfaradio

Ejemplo: 47 uF, 100 uF, 22 uF, etc.

Para capacitores de menos de 1 uF, la unidad de medida es ahora el pF (picoFaradio) y se expresa con una cifra de 3 números. Los dos primeros números expresan su significado por sí mismos, pero el tercero expresa el valor multiplicador de los dos primeros

Ejemplo:

Un condensador que tenga impreso 103 significa que su valor es $10 + 1000 \text{ pF} = 10,000 \text{ pF}$. Ver que 1000 son 3 ceros (el tercer número impreso). En otras palabras 10 más 3 ceros es igual a 10 000 pF. El significado del tercer número se muestra en la siguiente tabla.

Tercer número	Factor de multiplicación
0	1
1	10
2	100
3	1000
4	10000
5	100000
6	
7	
8	0.01
9	0.1

Después del tercer número aparece muchas veces una letra que indica la tolerancia expresada en porcentaje (algo parecido a la tolerancia en las resistencias). La siguiente tabla nos muestra las distintas letras y su significado (porcentaje)

Letra	Tolerancia
D	+/- 0.5 pF
F	+/- 1%
G	+/- 2%
H	+/- 3%
J	+/- 5%
K	+/- 10%
M	+/- 20%
P	+100%, -0%
Z	+80%, -20%

Ejemplo: Un capacitor tiene impreso lo siguiente

104H

104 significa $10 + 4 \text{ ceros} = 10,000 \text{ pF}$

H = +/- 3% de tolerancia.

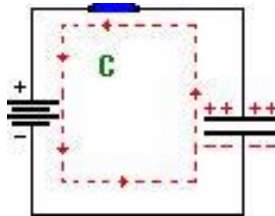
Por ejemplo: 474J

474 significa $47 + 4$ ceros = $470,000$ pF,
J = +/- 5% de tolerancia.
 $470.000\text{pF} = 470\text{nF} = 0.47\mu\text{F}$

Algunos capacitores tiene impreso directamente sobre ellos el valor de 0.1 o 0.01, lo que significa 0.1 uF o 0.01 uF .

1.9.3 EL CAPACITOR Y LA C.D.

El condensador es fabricado de muchas formas y materiales, pero sin importar como haya sido construido, siempre es un dispositivo con dos placas separadas por un material aislante. Si se hace circular corriente continua (con una fuente de voltaje directa) a un condensador, circula una corriente de los terminales de la fuente hacia las placas del capacitor



Flujo de los electrones cargando las placas del capacitor

El terminal positivo de la fuente saca electrones de la placa superior y la carga positivamente. El terminal negativo llena de electrones la placa inferior y la carga negativamente. Esta situación se mantiene hasta que el flujo de electrones se detiene (la corriente deja de circular) comportándose el capacitor como un circuito abierto para la corriente continua (no permite el paso de corriente).

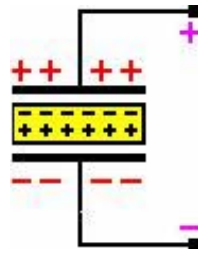
Normalmente se dice que un capacitor no permite el paso de la corriente continua. La corriente que circula y que se comenta en anteriores párrafos es una corriente que varía en el tiempo (corriente que si puede atravesar un capacitor), desde un valor máximo a un valor de 0 amperios, momento en que ya no hay circulación de corriente.

A la cantidad de carga que es capaz de almacenar un capacitor se le llama "capacitancia" o "capacidad". El valor de la capacitancia depende de las características físicas del capacitor.

- A mayor área de las placas, mayor capacitancia
- A menor separación entre las placas, mayor capacitancia
- El tipo de dieléctrico o aislante que se utilice entre las placas afecta el valor de la capacitancia

El aislante o dieléctrico tiene el objetivo de aumentar el valor de la capacitancia del condensador. Cuando se coloca un dieléctrico, este adquiere por conducción una carga

opuesta a la carga de las placas, disminuyendo la carga neta del dispositivo y así permite la llegada de más cargas a las placas.



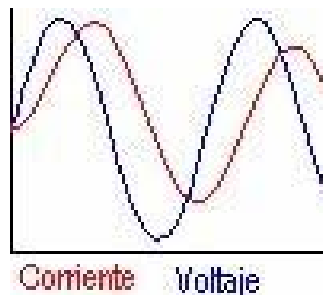
El aislante aumenta la capacitancia del condensador

Hay dos tipos de capacitores:

- Los fijos: Los de papel, plástico, cerámica y los electrolíticos
- Los variables: los giratorios y los de ajuste (Timmer)

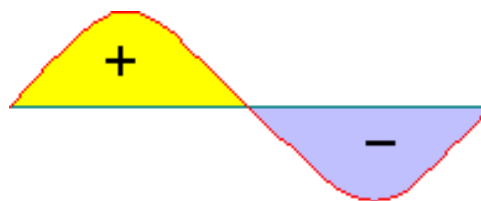
1.9.4 EL CAPACITOR Y LA C.A.

A diferencia del condensador con la corriente continua, el paso de la corriente alterna por el condensador si ocurre. Otra característica del paso de una corriente alterna en un condensador es que el voltaje que aparece en los terminales del condensador está desfasado o corrido 90° hacia atrás con respecto a la corriente. Esto se debe a que el capacitor se opone a cambios bruscos de voltaje. Qué significa estar desfasado o corrido? significa que el valor máximo del voltaje aparece 90° después que el valor máximo de la corriente.



La corriente adelanta al voltaje en un capacitor en 90 grados

Si se multiplican los valores instantáneos de la corriente y el voltaje en un capacitor se obtiene una curva sinusoidal (del doble de la frecuencia de corriente o voltaje), que es la curva de potencia. (Acordarse que: $P = I \times V$, Potencia = Corriente x Voltaje)



Potencia en un capacitor

Recibe y entrega potencia en igual magnitud. Esta curva tiene una parte positiva y una parte negativa, esto significa que en un instante el capacitor recibe potencia y en otro tiene que entregar potencia, con lo cual se deduce que el capacitor no consume potencia (caso ideal).

Al aplicar voltaje alterno a un capacitor, éste presenta una oposición al paso de la corriente alterna, el valor de esta oposición se llama reactancia capacitiva (X_C) y se puede calcular con la Ley de Ohm: $X_C = V / I$, y con la fórmula:

$$X_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$$

Donde:

- X_C = Reactancia capacitiva en ohmios
- f = Frecuencia en Hertz (Hz)
- C = Capacidad en Faradios (F)

1.9.5 LA RESISTENCIA EN SERIE EQUIVALENTE (ESR)

El capacitor analizado en el párrafo anterior es ideal. En la realidad el capacitor tiene una resistencia en serie debido a varios factores: las placas metálicas, el dieléctrico o aislante, etc. El ESR es el equivalente al factor de calidad Q de los inductores y mientras más pequeño sea menor

1.10 LA BOBINA

La bobina o inductor es un elemento muy interesante. A diferencia del condensador o capacitor, la bobina por su forma (espiras de alambre arrollados) almacena energía en forma de campo magnético. Todo cable por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la corriente, siendo el sentido de flujo del campo magnético, el que establece la ley de la mano derecha. Al estar la bobina hecha de espiras de cable, el campo magnético circula por el centro de la bobina y cierra su camino por su parte exterior.

Una característica interesante de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas. Esto significa que a la hora de modificar la corriente que circula por ellas (ejemplo: ser conectada y desconectada a una fuente de poder de corriente directa), esta tratará de mantener su condición anterior. Las bobinas se miden en Henrios (H.), pudiendo encontrarse bobinas que se miden en MiliHenrios (mH). El valor que tiene una bobina depende de:

- El número de espiras que tenga la bobina (a más vueltas mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).

- El diámetro de las espiras (a mayor diámetro, mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
- La longitud del cable de que está hecha la bobina.
- El tipo de material de que esta hecho el núcleo, si es que lo tiene.

Qué aplicaciones tiene una bobina?

- Una de las aplicaciones más comunes de las bobinas y que forma parte de nuestra vida diaria es la bobina que se encuentra en nuestros autos y forma parte del sistema de ignición.
- En los sistemas de iluminación con tubos fluorescentes existe un elemento adicional que acompaña al tubo y que comúnmente se llama balastro
- En las fuentes de alimentación también se usan bobinas para filtrar componentes de corriente alterna, y solo obtener corriente continua en la salida.

1.10.1 LA BOBINA Y LAS CORRIENTES CD Y CA

El inductor (bobina) y la corriente continua (c.c.)

La bobina es formada de un alambre conductor con el cual se han hecho espiras a manera, en su forma más sencilla, de un resorte. Si se aplica corriente continua (corriente que no varía con el tiempo) a un inductor, éste se comporta como un corto circuito y dejará pasar la corriente a través de ella sin ninguna oposición.

Pero en la bobina sí existe oposición al paso de la corriente, y esto sucede sólo en el momento en que se hace la conexión a la fuente de voltaje y dura por un tiempo muy pequeño. Lo que sucede es que en ese pequeño espacio de tiempo la corriente esta variando desde 0V hasta su valor final de corriente continua (la corriente varía con el tiempo por un espacio de tiempo muy pequeño)

El inductor (bobina) y la corriente alterna (c.a.)

La bobina como la resistencia se opone al flujo de la corriente, pero a diferencia de esta, el valor de esta oposición se llama reactancia inductiva (X_L) y se puede calcular con la Ley de Ohm: $X_L = V / I$ y por la fórmula $X_L = 2\pi \times f \times L$

Donde:

- X_L : reactancia en ohmios
- V : en voltios
- I : en amperios
- π : 3.1416
- f : frecuencia en Hertz
- L : inductancia en henrios

El factor de calidad (Q) de una bobina / inductor

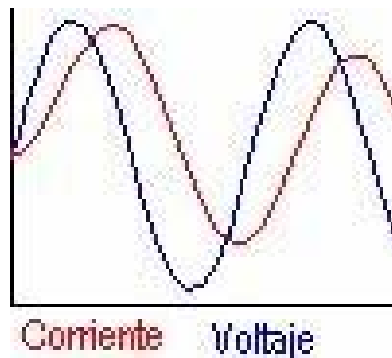
El caso de la reactancia inductiva (X_L) calculada en el párrafo anterior toma en cuenta que el inductor es ideal. En la realidad un inductor tiene asociado una resistencia r_L debido al

material que esta hecha y también (si tiene un núcleo que no es de aire) una resistencia debido a este núcleo. Esta resistencia (r_L) se pone en serie con inductor.

La relación que existe entre la reactancia X_L y la resistencia r_L es llamada "Factor de calidad". $Q = X_L / r_L$, donde r_L es la resistencia en serie. Tanto X_L como r_L dependen de la frecuencia por lo que Q depende de la frecuencia. A menor r_L mayor factor de calidad. Tomar en cuenta que el factor de calidad se utiliza para el caso de corriente alterna.

Qué significa estar desfasado?

En la bobina el voltaje adelanta a la corriente en 90° . Ver gráfico:



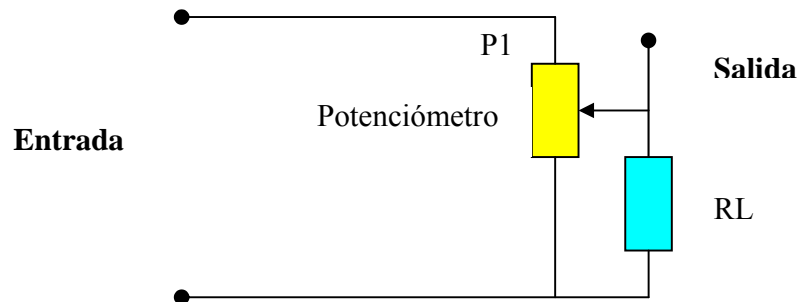
Las señales alternas como la corriente alterna (nuestro caso) tiene la característica de ser periódica, esto significa que esta se repite a espacios fijos de tiempo. Si dos señales periódicas, iguales están en fase, sus valores máximos y mínimos coinciden. Si una señal se atrasa respecto a otra a tal punto de que estas vuelven a coincidir en estos valores (máximo y mínimo) se dice que el desfase fue de 360° . Desfases intermedios serían de 180° (las ondas están desfasadas en la mitad de su período) y desfase de 90° (las ondas están desfasadas en la cuarta parte de su período)

1.11 EL POTENCIOMETRO/REOSTATO/ RESISTENCIA VARIABLE

Las resistencias variables se dividen en dos categorías:

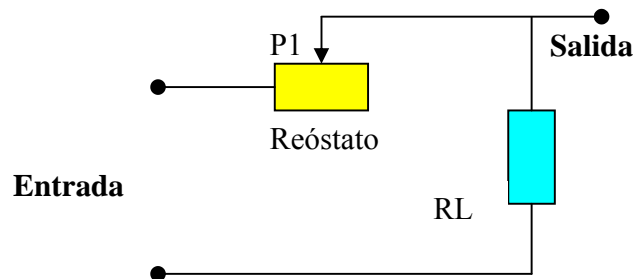
1.11.1 EL POTENCIÓMETRO

Los potenciómetros y los reóstatos se diferencian entre sí, entre otras cosas, por la forma en que se conectan. En el caso de los potenciómetros, estos se conectan en paralelo al circuito y se comporta como un divisor de tensión. Ver la figura



1.11.2 EL REÓSTATO

En el caso del reóstato, éste va conectado en serie con el circuito y se debe tener cuidado de que su valor (en ohmios) y su potencia (en Watts) que puede aguantar sea el adecuado para soportar la corriente (I en amperios) que por él va a circular.



Como regla general

- los potenciómetros se utilizan para variar niveles de voltaje
- los reóstatos para variar niveles de corriente

Las resistencias también se pueden dividir tomando en cuenta otras características:

- Si son bobinadas.
- Si no son bobinadas.
- De débil disipación.
- De fuerte disipación.
- De precisión.

Normalmente los potenciómetros se utilizan en circuitos con poca corriente, pues no disipan casi potencia, en cambio los reóstatos son de mayor tamaño, por ellos circula más corriente y disipan mas potencia.

1.12 EL TRANSFORMADOR

Es un dispositivo que se encarga de "transformar" el voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada en otro diferente que entrega a su salida. El transformador se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominan: Bobina primaria o "primario" a aquella que recibe el voltaje de entrada y Bobina secundaria o "Secundario" a aquella que entrega el voltaje transformado.

- La Bobina primaria recibe un voltaje alterno que hará circular por ella, una corriente alterna.
- Esta corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro
- Como el bobinado secundario está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste.
- Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del "Secundario", se generará por el alambre del secundario una tensión. En este bobinado secundario habría una corriente si hay una carga conectada

La razón de la transformación del voltaje entre el bobinado "Primario" y el "Secundario" depende del número de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario. En el secundario habrá el triple de voltaje.

La fórmula:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario (Np)}}{\text{Número de espiras del secundario (Ns)}} = \frac{\text{Voltaje del primario (Vp)}}{\text{Voltaje del secundario (Vs)}}$$

Entonces: $V_s = N_s \times V_p / N_p$

Un transformador puede ser "elevador o reductor" dependiendo del número de espiras de cada bobinado. Si se supone que el transformador es ideal. (La potencia que se le entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

Potencia de entrada (P_i) = Potencia de salida (P_s).

$$P_i = P_s$$

Si tenemos los datos de corriente y voltaje de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

$$\text{Potencia (P)} = \text{Voltaje (V)} \times \text{corriente (I)}$$

$$P = V \times I \text{ (watts)}$$

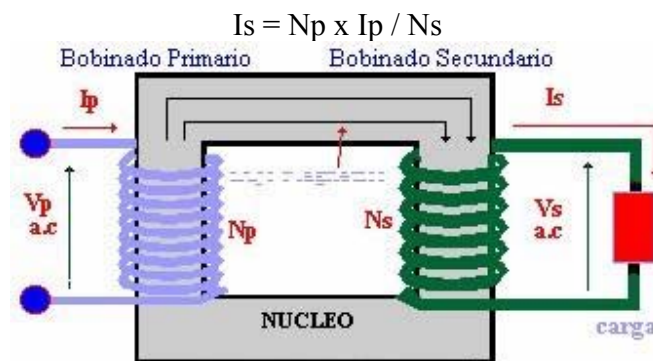
Aplicamos este concepto al transformador y...

$$P \text{ (bobinado primario)} = P \text{ (bobinado secundario)}$$

La única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es que cuando el voltaje se eleve la corriente se disminuya en la misma proporción y viceversa. Entonces:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario (Np)}}{\text{Número de espiras del secundario (Ns)}} = \frac{\text{Corriente del secundario (Is)}}{\text{Corriente del primario (Ip)}}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario cuando tengo la corriente I_p (corriente en el primario), N_p (espiras en el primario) y N_s (espiras en el secundario) se utiliza la siguiente fórmula:



1.13 EL DIODO SEMICONDUCTOR

Es el dispositivo semiconductor más sencillo y se puede encontrar, prácticamente en cualquier circuito electrónico. Los diodos se fabrican en versiones de silicio (la más utilizada) y de germanio. Constan de dos partes una llamada N y la otra llamada P, separados por una juntura también llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0.3 voltios en el germanio y de 0.7 voltios aproximadamente en el diodo de silicio.

El diodo se puede hacer funcionar de 2 maneras diferentes:

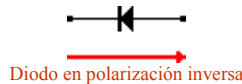
1.13.1 POLARIZACIÓN DIRECTA:

Es cuando la corriente que circula por el diodo sigue la ruta de la flecha (la del diodo), o sea del ánodo al cátodo. En este caso la corriente atraviesa el diodo con mucha facilidad comportándose prácticamente como un corto circuito.



1.13.2 POLARIZACIÓN INVERSA:

Es cuando la corriente en el diodo desea circular en sentido *opuesto* a la flecha (la flecha del diodo), o se del cátodo al ánodo. En este caso la corriente no atraviesa el diodo, y se comporta prácticamente como un circuito abierto.



Nota:

El funcionamiento antes mencionado se refiere al diodo ideal, esto quiere decir que el diodo se toma como un elemento perfecto (como se hace en casi todos los casos), tanto en *polarización directa* como en *polarización inversa*.

1.13.3 APLICACIONES DEL DIODO:

Los diodos tienen muchas aplicaciones, pero una de las más comunes es el proceso de *conversión de corriente alterna (C.A.) a corriente continua (C.C.)*. En este caso se utiliza el diodo como rectificador.

1.13.4 EL DIODO LED (DIODO EMISOR DE LUZ)

El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo.

Eléctricamente el diodo LED se comporta igual que un diodo de silicio o germanio. Si se pasa una corriente a través del diodo semiconductor, se inyectan electrones y huecos en las regiones P y N, respectivamente. Dependiendo de la magnitud de la corriente, hay recombinación de los portadores de carga (electrones y huecos). Hay un tipo de recombinaciones que se llaman recombinaciones radiantes (aquí la emisión de luz). La

relación entre las recombinaciones radiantes y el total de recombinaciones depende del material semiconductor utilizado (GaAs, GaAsP, y GaP)

Dependiendo del material de que está hecho el LED, será la emisión de la longitud de onda y por ende el color

Material	Longitud de onda de emisión en Angstroms (Å)	Color
GaAs: Zn	9100	Infrarojo
GaAsP.4	6500	Rojo
GaAsP.5	6100	Ambar
GaAsP.85:N	5900	Amarillo
Ga:P	5600	Verde

Debe de escogerse bien la corriente que atraviesa el LED para obtener una buena intensidad luminosa y evitar que este se pueda dañar. El LED tiene un voltaje de operación que va de 1.5 V a 2.2 voltios. Aproximadamente y la gama de corrientes que debe circular por él está entre los 10 y 20 miliamperios (mA) en los diodos de color rojo y de entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los otros LEDs. Tiene enormes ventajas sobre las lámparas indicadoras comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada de 100,000 horas.

El diodo LED debe ser protegido. Una pequeña cantidad de corriente en sentido inverso no lo dañará, pero si hay picos inesperados puede dañarse. Una forma de protegerlo es colocar en paralelo con el diodo LED pero apuntando en sentido opuesto un diodo de silicio común. Las aplicaciones del diodo LED son visuales, como indicadoras de cierta situación específica de funcionamiento.

EJEMPLOS

- Se utilizan para desplegar contadores
- Para indicar la polaridad de una fuente de alimentación de corriente directa.
- Para indicar la actividad de una fuente de alimentación de corriente alterna.
- En dispositivos de alarma

Sus desventajas son que su potencia de iluminación es tan baja, que su luz es invisible bajo una fuente de luz brillante y que su ángulo de visibilidad está entre los 30° y 60°. Este último problema se corrige con cubiertas difusores de luz.

1.13.5 DIODO ZENER

Es un tipo especial de diodo que diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa) el diodo Zener siempre se utiliza en polarización inversa, en donde la corriente desea circular en *contra* de la flecha que representa el mismo diodo.



(A - Ánodo K - cátodo)

En este caso analizaremos el diodo Zener, pero no como un elemento ideal, si no como un elemento real y debemos tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso si existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor.

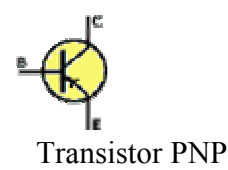
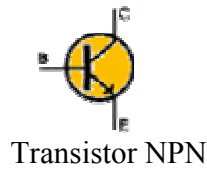


Analizando la curva del diodo Zener vemos que en el lugar donde se marca como *región operativa*, la corriente (I_r , en la línea vertical inferior) puede variar en un amplio margen, pero el voltaje (V_z) cambia muy poco. Se mantiene aproximadamente en 5.6 V. (para un diodo Zener de 5.6 V). La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador.

1.14 EL TRANSISTOR BIPOLAR

El transistor bipolar es el más común de los transistores, y como los diodos, puede ser de germanio o silicio.

Existen dos tipos de transistores: el NPN y el PNP, y la dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que se ve en el gráfico de cada tipo. El transistor es un dispositivo de 3 patillas: base (B), colector (C) y emisor (E), coincidiendo siempre el emisor, con la patilla que tiene la flecha en el gráfico de transistor.



El transistor es un amplificador de corriente, esto quiere decir que si le introducimos una cantidad de corriente por la base, el entregará por el emisor, una cantidad mayor a ésta, en un factor que se llama amplificación. Este factor se llama “ β ” (beta) y es un dato propio de cada transistor.

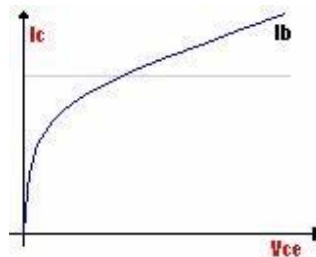
Entonces:

- I_c (corriente que pasa por el colector) es igual a β (factor de amplificación) por I_b (corriente que pasa por la base).

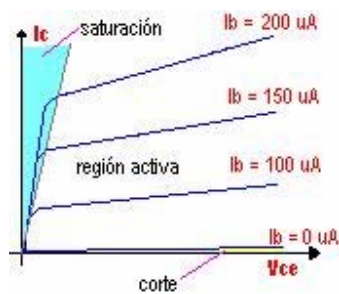
$$I_c = \beta * I_b$$

- I_e (corriente que pasa por el emisor) es del mismo valor que I_c , sólo que, la corriente en un caso entra al transistor y en el otro caso sale de él, o viceversa.

Según la fórmula anterior las corrientes no dependen del voltaje que alimenta el circuito (V_{cc}), pero en la realidad si lo hace y la corriente I_b cambia ligeramente cuando se cambia V_{cc} . Ver figura.



En el segundo gráfico las corrientes de base (I_b) son ejemplos para poder entender que a más corriente la curva es más alta



1.14.1 REGIONES OPERATIVAS DEL TRANSISTOR

REGIÓN DE CORTE

Un transistor está en corte cuando la corriente de colector y la corriente de emisor son iguales a cero

$$I_c = I_e = 0$$

En este caso el voltaje entre el colector y el emisor del transistor es el voltaje de alimentación del circuito. (Como no hay corriente circulando, no hay caída de voltaje, *ver Ley de Ohm*. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es cero, $I_b = 0$)

REGIÓN DE SATURACIÓN

Un transistor está saturado cuando la corriente de colector y la corriente de emisor son iguales a la corriente máxima,

$$I_c = I_e = I_{\text{máxima}}$$

En este caso la magnitud de la corriente depende del voltaje de alimentación del circuito y de las resistencias conectadas en el colector o el emisor o en ambos, *ver ley de Ohm*. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es lo suficientemente grande como para inducir una corriente de colector β veces más grande. (Recordar que $I_c = \beta * I_b$)

REGIÓN ACTIVA

Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector (I_c) depende principalmente de la corriente de base (I_b), de β (ganancia de corriente de un amplificador, es un dato del fabricante) y de las resistencias que hayan conectadas en el colector y emisor. Esta región es la más importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador.

CONFIGURACIONES

Hay tres tipos de configuraciones típicas en los amplificadores con transistores, cada una de ellas con características especiales que las hacen mejor para cierto tipo de aplicación

- Emisor común
- Colector común
- Base común

NOTA: Corriente de colector y corriente de emisor no son exactamente iguales, pero se toman como tal, debido a la pequeña diferencia que existe entre ellas, y que no afectan en casi nada a los circuitos hechos con transistores.

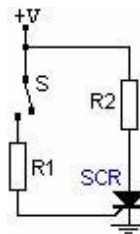
1.15 EL TIRISTOR SCR

1.15.1 EL SCR Y LA CORRIENTE CONTINUA

Rectificador controlado de silicio, estos elementos semiconductores son muy utilizados para controlar la cantidad de potencia que se entrega a una carga, donde:

- A = ánodo
- C = cátodo, también representado por la letra K
- G = compuerta o gate

Tomar en cuenta el gráfico siguiente: ver que es un circuito de corriente continua



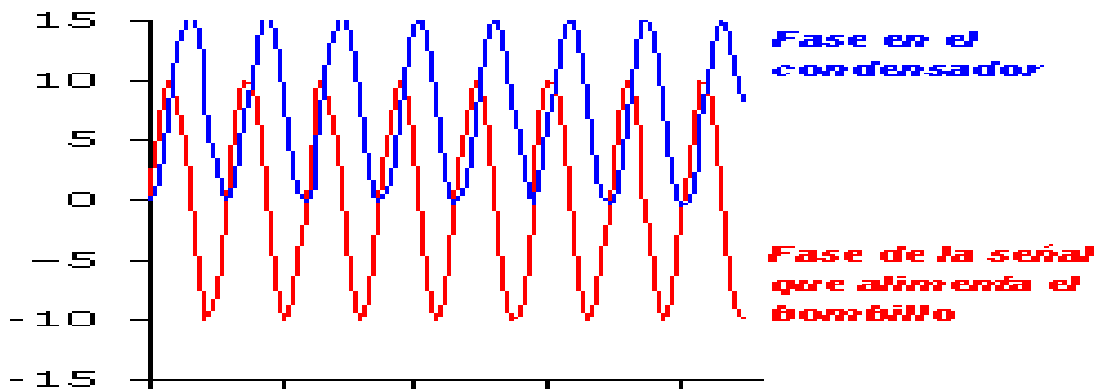
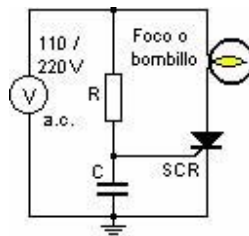
Normalmente el SCR se comporta como un circuito abierto hasta que activa su compuerta (GATE) con una pequeña corriente (se cierra el interruptor S) y así este conduce y se comporta como un diodo en polarización directa. Si no existe corriente en la compuerta el Tiristor no conduce.

Lo que sucede después de ser activado el SCR, se queda conduciendo y se mantiene así. Si se desea que el tiristor deje de conducir, el voltaje +V debe ser reducido a 0 Volts. Si se disminuye lentamente el voltaje (tensión), el tiristor seguirá conduciendo hasta que por el pase una cantidad de corriente menor a la llamada "corriente de mantenimiento o de retención", lo que causará que el SCR deje de conducir aunque la tensión VG (voltaje de la compuerta con respecto a tierra) no sea cero. Como se puede ver el SCR, tiene dos estados:

- 1.- Estado de conducción, en donde la resistencia entre ánodo y cátodo es muy baja.
- 2.- Estado de corte, donde la resistencia es muy elevada.

1.15.2 EL SCR Y LA CORRIENTE ALTERNA

Se usa principalmente para controlar la potencia que se entrega a una carga. (En el caso de la figura un foco). La fuente de voltaje puede ser de 110, 120, 240V c.a., etc. El circuito RC produce un corrimiento de la fase entre la tensión de entrada y la tensión en el condensador que es la que suministra la corriente a la compuerta del SCR. Puede verse que el voltaje en el condensador (en azul) está atrasado con respecto al voltaje de alimentación (en rojo) causando que el tiristor conduzca un poco después.



Durante el ciclo negativo el tiristor se abre dejando de conducir. Si se modifica el valor de la resistencia, por ejemplo si utilizamos un potenciómetro, se modifica el desfase que hay entre las dos tensiones antes mencionadas ocasionando que el SCR se active en diferentes momentos antes de que se desactive por el ciclo negativo de la señal. Y deje de conducir.

1.16 EL TRIAC

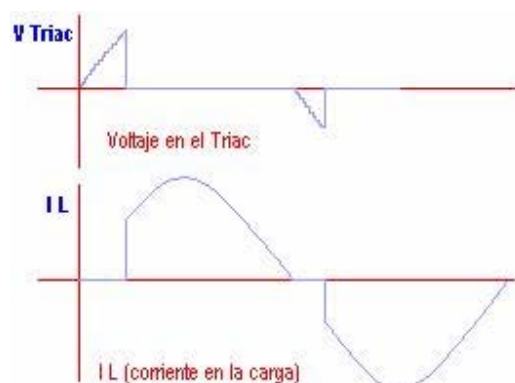
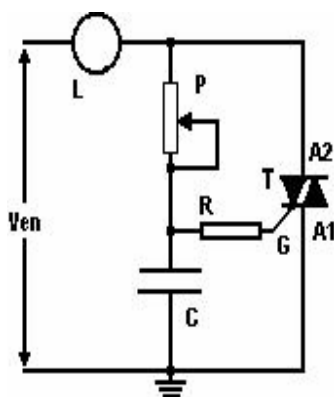
El Triac es un dispositivo semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por tiristores. El triac es en esencia la conexión de dos tiristores en paralelo pero conectados en sentido opuesto y compartiendo la misma compuerta. (Ver imagen).



El triac sólo se utiliza en corriente alterna y al igual que el tiristor, se dispara por la compuerta. Como el triac funciona en corriente alterna, habrá una parte de la onda que será positiva y otra negativa. La parte positiva de la onda (semiciclo positivo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de arriba hacia abajo (pasará por el tiristor que apunta hacia abajo), de igual manera, la parte negativa de la onda (semiciclo negativo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de abajo hacia arriba (pasará por el tiristor que apunta hacia arriba)

Para ambos semiciclos la señal de disparo se obtiene de la misma patilla (la compuerta). Lo interesante es, que se puede controlar el momento de disparo de esta patilla y así, controlar el tiempo que cada tiristor estará en conducción. (Recordar que un tiristor solo conduce cuando ha sido disparada (activada) la compuerta y entre sus terminales hay un voltaje positivo de un valor mínimo para cada tiristor). Entonces, si se controla el tiempo que cada tiristor está en conducción, se puede controlar la corriente que se entrega a una carga y por consiguiente la potencia que consume.

Ejemplo: Una aplicación muy común es el atenuador luminoso de lámparas incandescentes (circuito de control de fase).



Donde:

Ven	Voltaje aplicado al circuito (A.C.)
L	Lámpara
P	Potenciómetro
C	Capacitor
R	Resistencia
T	Triac
A2	Ánodo 2 del Triac
A3	Ánodo 3 del Triac
G	Gate, puerta o compuerta del Triac

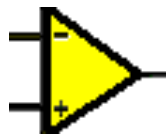
El triac controla el paso de la corriente alterna a la lámpara (carga), pasando continuamente entre los estados de conducción (cuando la corriente circula por el triac) y el de corte (cuando la corriente no circula). Si se varía el potenciómetro, se varía el tiempo de carga del condensador causando que se incremente o reduzca la diferencia de fase de la tensión de alimentación y la que se aplica a la compuerta

Nota: la diferencia de fase o la fase entre dos señales u ondas se define como el ángulo (diferencia de tiempo) que existe entre los dos orígenes de las mismas.

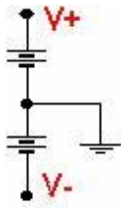
1.17 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL OPAM

El Amplificador Operacional fue desarrollado para ser utilizado en computadoras analógicas en los inicios de los años 1940. Los primeros Opam. Utilizaban los tubos al vacío. En 1967 la empresa "Fairchild Semiconductor" introdujo al mercado el primer amplificador operacional en la forma de un circuito integrado, logrando disminuir su tamaño, consumo de energía y su precio.

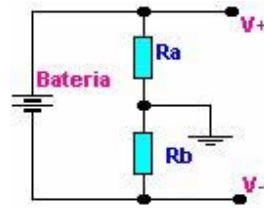
Este dispositivo es un amplificador lineal de alto rendimiento, con una gran variedad de usos. Básicamente el Amp. Op. (Opam.) Es un dispositivo amplificador, de la diferencia de sus dos entradas, con una alta ganancia, una impedancia de entrada muy alta y una baja impedancia de salida



Como se mencionó antes, el amplificador tiene 2 entradas: una de ellas es la entrada inversora (-) y la otra es la entrada no inversora (+) y tiene una sola salida. Este amplificador se alimenta usualmente por una fuente de voltaje de doble polaridad que está en los rangos de +/- 5 voltios a +/- 15 voltios, también se puede alimentar con una sola fuente con ayuda de un arreglo adicional. Ver las siguientes figuras:



Fuente de doble polaridad

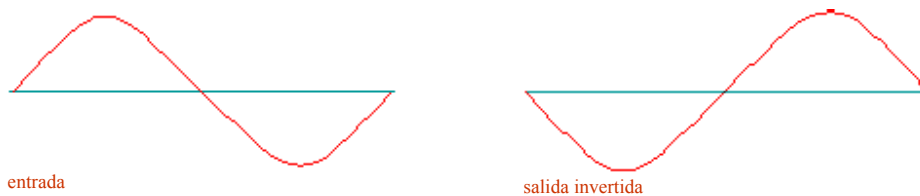


Fuente de doble polaridad desde una sola fuente

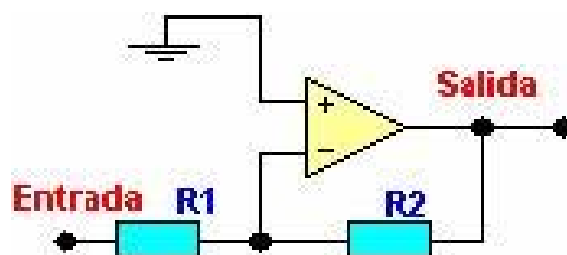
En la segunda figura las resistencias R_a y R_b deben ser exactamente iguales, para que V_+ y V_- tengan el mismo valor absoluto.

1.17.1 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL UTILIZADO COMO INVERSOR

Por qué el nombre de inversor? La razón es muy simple: la señal de salida es igual en forma (no necesariamente en magnitud) a la señal de entrada, pero invertida, ver los dos gráficos siguientes. (Cuando la señal de entrada se mueve en un sentido, la de salida se mueve en sentido opuesto)



El amplificador se conecta como se muestra en la siguiente figura, donde tenemos una resistencia R_1 , conectada entre la entrada de la señal y la entrada inversora (-) del amplificador y una resistencia R_2 conectada entre la salida del amplificador y la entrada no inversora (+). La entrada no inversora (+) se conecta a tierra en el caso de que el circuito amplificador esté alimentado con una fuente de doble polaridad o a la tierra virtual en el caso de que esté alimentado con una fuente de una sola polaridad.



La ganancia del amplificador o lo que es lo mismo la relación de magnitudes entre la señal de salida y la de entrada, depende de los valores de las resistencias R1 y R2 y está dada por la fórmula:

$$A_v = - R_2 / R_1$$

El signo negativo indica que la señal de salida es la invertida de la señal de entrada

Por ejemplo:

$$R_1 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega$$

La ganancia del amplificador será:

$$A_v = 10 \text{ K}\Omega / 1 \text{ K}\Omega = 10$$

Entonces

Si la señal de entrada es de: + 1 Volt, la corriente a través de R1 es igual a:

$$I = V_{ent} / R_1$$

$$I = 1 \text{ V} / 1000 \Omega = 1 \text{ mA}$$

Y la señal de salida será de – 10 Volts (el signo negativo se pone porque la salida es invertida), entregando la misma corriente a la salida, a través de la resistencia R2.

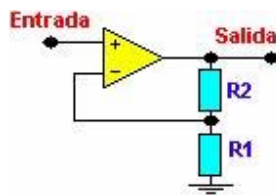
$$I = V_{sal} / R_2$$

$$I = 10 \text{ Volts} / 10 \text{ KW} = 1 \text{ mA}$$

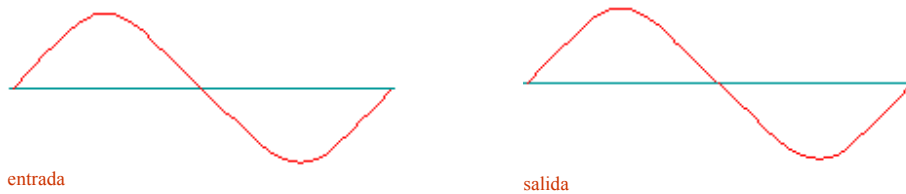
La impedancia de entrada será igual a R1, debido a que el terminal inversor está puesto a tierra (tierra virtual). En este caso la impedancia será de 1KΩ, pero puede incrementarse cambiando el valor de la resistencia.

1.17.2 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL UTILIZADO COMO NO INVERSOR

A este tipo de amplificador la señal le entra directamente a la entrada no inversora (+) y la resistencia de entrada R1 se pone a tierra. En este caso la impedancia de entrada es mucho mayor que en el caso del amplificador inversor.



Aquí, si la señal de entrada se mueve en un sentido, la señal de salida se mueve en el mismo sentido o sea la señal de salida sigue a la de entrada (están en fase). Ver los gráficos siguientes.

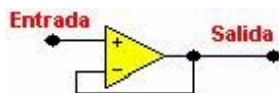


En esta configuración la ganancia de de voltaje es siempre mayor de 1 y está dada por la fórmula:

$$A_v = 1 + R_2 / R_1$$

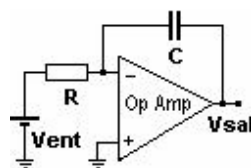
1.17.3 SEGUIDOR DE TENSIÓN O SEGUIDOR DE VOLTAJE

En el seguidor de tensión las formas de onda de la entrada y salida serían iguales y estarían en fase (ver gráfico anterior).



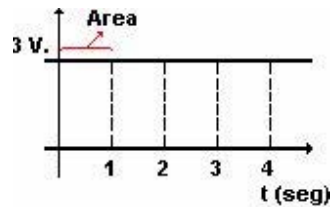
1.17.4 INTEGRADOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Un circuito integrador realiza un proceso de suma llamado "integración". La tensión de salida del circuito integrador es proporcional al área bajo la curva de entrada (onda de entrada), para cualquier instante.



Integrador con un amplificador operacional

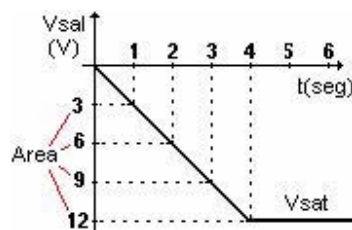
En el siguiente gráfico se puede ver una señal de entrada (línea recta) de 3 volts que se mantiene continuo con el pasar del tiempo.



Onda de entrada

En el siguiente gráfico se muestra que el área bajo la curva en un momento cualquiera es igual al valor de la entrada multiplicado por el tiempo.

$$V_{sal} = V_{ent} \times t$$



Onda de salida

Dando los valores

$$R = 1 \text{ M}\Omega$$

$$C = 1 \text{ uF}$$

Al gráfico, el valor de la tensión de salida es

$$V_{sal} = - (1 / RC) \times V_{ent} \times t.$$

La ganancia de este amplificador en este caso es

$$V_{sal} = -1 / (1 \times 10^6)(1 \times 10^{-6})$$
$$V_{sal} = -1$$

Y el signo negativo se debe a que el amplificador operacional está configurado como amplificador inversor

Así:

Al primer segundo

$$V_{sal} = - V_{ent} \times t$$
$$V_{sal} = - 3 \times 1 = - 3$$

Al siguiente segundo

$$V_{sal} = - V_{ent} \times t$$
$$V_{sal} = - 3 \times 2 = - 6$$

Al tercer segundo

$$V_{sal} = V_{ent} \times t$$
$$V_{sal} = - 3 \times 3 = - 9$$

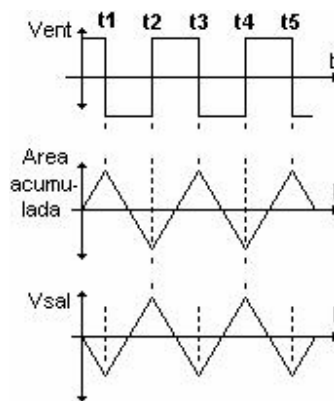
Al cuarto segundo

$$V_{sal} = V_{ent} \times t$$
$$V_{sal} = - 3 \times 4 = - 12$$

Esta tensión de salida no crece indefinidamente (en sentido negativo). Hay un momento, como se puede ver en el último gráfico, en que ésta línea se mantiene a un valor constante. Esto sucede cuando el amplificador llega a su tensión de saturación.

1.17.5 GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR

Si a un integrador se le mantiene la entrada a un nivel de corriente continua constante, por un largo periodo de tiempo, este llegará a saturación. Observando las siguientes figuras se puede ver que si la onda de entrada es cuadrada, el área acumulada y la forma de onda de la salida serán.



Entre t_0 y T_1 : En el gráfico superior se ve que mientras la tensión de entrada (V_{ent}) se mantiene constante positiva el área acumulada aumenta y la tensión de salida (V_{sal}) tiene pendiente negativa debido a la inversión (la señal de entrada ingresa por el terminal inversor del amplificador operacional).

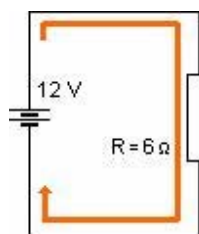
En t_1 : La forma de onda de la entrada cambia su polaridad bruscamente a un valor negativo, el área acumulada va disminuyendo y la forma de onda de la salida tiene pendiente positiva.

En t_2 : La entrada cambia a un valor positivo bruscamente y el ciclo se vuelve a repetir.

En el gráfico anterior el tiempo en que la señal de entrada permanece constante, ya sea positiva o negativa, no es suficiente para que el integrador se sature en su salida. Si la entrada es una onda cuadrada, el integrador se puede utilizar como generador de onda triangular.

1.18 LEY DE OHM

En un circuito sencillo en donde tenemos en serie una fuente de tensión (una batería de 12 volts) y una resistencia de 6 ohms, se puede establecer una relación entre la tensión de la batería, la resistencia y la corriente que entrega la batería y circula a través de esta resistencia.



Esta relación es:

$$I = V / R \text{ y se llama la Ley de Ohm}$$

Entonces la corriente que circula por el circuito es:

$$I = 12 \text{ Voltios} / 6 \text{ ohms} = 2 \text{ Amperes.}$$

De la misma manera, se puede despejar la tensión en función de la corriente y la resistencia, entonces la Ley de Ohm queda:

$$V = I * R.$$

Así, si se conoce la corriente y la resistencia se puede obtener la tensión entre las terminales de la resistencia

$$V = 2 \text{ Amperios} * 6 \text{ ohms} = 12 \text{ V}$$

Al igual que en el caso anterior, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, se obtiene la Ley de Ohm de la forma:

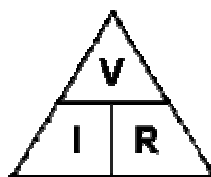
$$R = V / I.$$

Si se conoce la tensión en la resistencia y la corriente que pasa por ella se obtiene que:

$$R = 12 \text{ Voltios} / 2 \text{ Amperios} = 6 \text{ ohms}$$

Es interesante ver que la relación entre la corriente y la tensión en una resistencia siempre es lineal y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor de la resistencia. Así, a mayor resistencia mayor pendiente.

Para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm se utiliza el siguiente triángulo que tiene mucha similitud con las fórmulas analizadas anteriormente.



Triángulo de la ley de Ohm

$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Se dan 3 Casos:

CON LA RESISTENCIA FIJA.

La corriente sigue a la tensión. Un incremento en la tensión, significa un incremento en la corriente y un incremento en la corriente significa un incremento en la tensión.

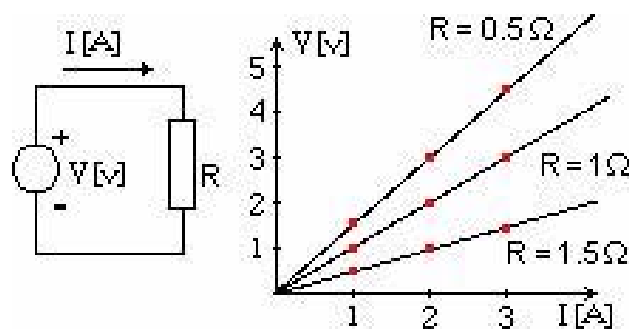
CON LA TENSIÓN FIJA.

Un incremento en la corriente, causa una disminución en la resistencia y un incremento en la resistencia causa una disminución en la corriente

CON LA CORRIENTE FIJA.

La tensión sigue a la resistencia. Un incremento en la resistencia, causa un incremento en la tensión y un incremento en tensión causa un incremento en la resistencia

Para tres valores de resistencia diferentes, un valor en el eje vertical (corriente) corresponde un valor en el eje horizontal (tensión). Las pendientes de estas líneas rectas representan el valor de la resistencia. Con ayuda de estos gráficos se puede obtener un valor de corriente para un resistor y una tensión dados. Igualmente para una tensión y un resistor dados se puede obtener la corriente. Ver en siguiente gráfico



1.19 POTENCIA EN UNA RESISTENCIA (LEY DE JOULE)

Antes de examinar que es Potencia, primero se debe de entender que es energía

Energía: Es la capacidad que se tiene para realizar algo.

Por ejemplo, si se conecta una batería a un foco incandescente se observa que esta energía se convierte en luz y también se disipa en calor.

La unidad de la energía es el joule (J) y la rapidez o velocidad con que se consume esa energía (se deja el foco encendido gastando energía en luz y calor) se mide en joules/segundo. A esto se le llama Potencia.

La fórmula es

$$P = J / t \text{ (potencia = energía por unidad de tiempo)}$$

Si se consume un Joule en un segundo se dice que se consumió un Watt de potencia. Existen varias fórmulas que nos ayudan a obtener la potencia que se consume en un elemento en particular. Una de las más conocidas es

$$P = V \times I$$

Donde:

V es la tensión en las terminales del elemento en cuestión

I es la corriente que circula por él.

Para el caso de las resistencias, además de la fórmula anterior, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$P = V^2 / R$$

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

Ejemplo:

Si se conecta un foco a la batería (12 Volts) de un auto y por este foco circula una corriente de 2 amperes, entonces la potencia que se consume en ese foco (en calor y luz) es:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 2 = 24 \text{ watts}$$

Con los mismos datos y con la potencia ya encontrada es posible encontrar el valor en ohms del foco, utilizando cualquiera de las fórmulas de potencia.

Utilizando la fórmula $P = V^2 / R$, y despejando R, se obtiene:

$$R = V^2 / P$$

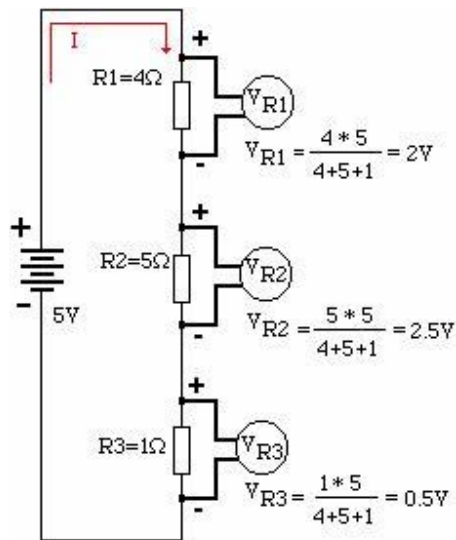
$$R = 12^2 / 24 = 6 \text{ ohms}$$

1.20 LEY DE TENSIONES DE KIRCHOFF

Esta Ley dice que:

La suma de todas las tensiones en un camino cerrado debe ser igual a cero. En otras palabras, en un circuito: La tensión es igual a las caídas de tensión. (Positivos los aumentos y negativas las caídas de tensión)

Aumento de tensión - suma de las caídas de tensión = 0



En un circuito serie (supongamos resistencias en serie conectadas a una fuente de tensión), la suma de las tensiones en todo el circuito debe de ser cero. Ver gráfico.

$$\text{Fuente} - (V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}) = 0$$

Donde:

Fuente [5 Voltios] ----> aumento de tensión

$(V_{R1} + V_{R2} + V_{R3})$ ----> suma de caídas de tensión

Con la ayuda de este conocimiento se puede obtener el valor de tensión en cualquier resistencia que esté en un camino cerrado.

Se puede ver con ayuda de los datos que se presentan en el gráfico.

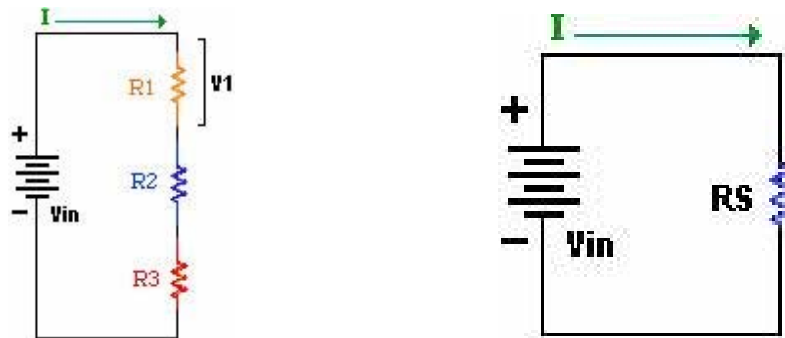
$$5 \text{ V} = 2 \text{ V} + 2.5 \text{ V} + 0.5$$

$$5 \text{ V} - (2 \text{ V} + 2.5 \text{ V} + 0.5 \text{ V}) = 0$$

1.21 DIVISION DE TENSION

El valor de tensión que a veces se necesita utilizar, no necesariamente es el valor que suministra la fuente de tensión que tenemos. (Especialmente si la fuente no es variable). Esta fuente puede tener salidas fijas de: 5, 9, 12, 15 voltios, y a veces se necesita tener un valor diferente para operar un circuito.

La tensión que se necesita se puede obtener a partir de un circuito serie mediante el uso del "divisor de tensión". Ver el siguiente gráfico.



Circuito original y circuito equivalente

A partir de los principios del circuito en serie, se sabe que la corriente tiene el mismo valor a través de ambos circuitos, y que está dado por la ley de Ohm como:

$$I = V_{in} / R_s$$

$$I = V_1 / R_1$$

$$I = V_2 / R_2$$

$$I = V_3 / R_3.$$

Como $I = I$, se pueden igualar las ecuaciones, entonces:

$$V_{in} / R_s = V_1 / R_1.$$

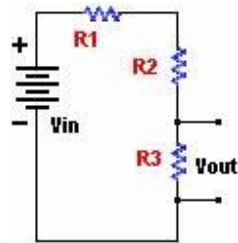
Suponiendo que el voltaje que se desea conocer es V_1 , se despeja este valor.

$$V_1 = V_{in} \times R_1 / R_s$$

Las tensiones V_2 y V_3 se obtienen de igual manera, pero con el valor correspondiente de resistencia. (Para V_2 se cambia R_1 por R_2 , para V_3 se cambia R_1 por R_3)

Generalizando en palabras:

$V_{out} = (\text{Resistencia a través de la salida} / \text{resistencia total del circuito}) \times V_{in}$



Con $R_1 = 1K$, $R_2 = 2K$ y $R_3 = 3K$:

$$V_{out} = V_{in} \times R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

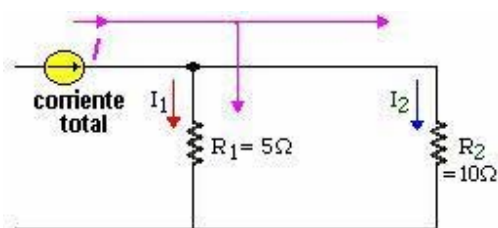
$$V_{out} = 12 \text{ V} \times 3K / (1K + 2K + 3K)$$

$$V_{out} = 12 \text{ V} \times 3K / 6K = 12 \text{ V} / 2K = 6 \text{ V}$$

1.22 DIVISION DE CORRIENTE

Cuando una corriente se desplaza por un circuito de resistencias en paralelo, la corriente total se divide pasando una parte por una resistencia y la otra parte por la otra. Para poder saber cual es la cantidad de corriente que pasa por cada una de ellas, se puede utilizar la siguiente fórmula

$$I_R = C_I / C_R \times I_T$$



Donde:

I_R = Corriente en la resistencia de interés

C_I = Conductancia por donde circula la corriente I_R

C_R = Conductancia equivalente

I_T = corriente total

Y la conductancia = $1 / R$

Otra forma de medir la corriente, un poco más larga, pero más fácil de entender es:

- Obtener la resistencia equivalente de las resistencias en paralelo
- Con la resistencia equivalente y la corriente Total (conocida), se obtiene el voltaje en las terminales de esa resistencia equivalente (fórmula de Ley de Ohm)
- Utilizando otra vez la Ley de Ohm, pero esta vez en cada resistencia obtenemos la corriente en cada una de ellas.

En este método no tenemos que aplicar el concepto de conductancia que es poco utilizado

Ejemplo:

Si I corriente total = 6 amperes y esta corriente pasa por dos resistencias en paralelo de R1 = 5 Ω y R2 = 10 Ω. Cual será la corriente en cada una de las resistencias?

Obtenemos el circuito equivalente de las resistencias en paralelo

$$R_{eq} = (R1 \times R2) / (R1 + R2) = 5 \times 10 / 15 = 3.33 \Omega$$

Con la ley de Ohm se obtiene el voltaje aplicado a ellas.

$$V = I \times R_{eq}$$
$$V = 6 \text{ amp} \times 3.33 \Omega = 19.98 \text{ Volts (20 Volts)}$$

Este voltaje es el que tiene la resistencia equivalente. Nuevamente con la ayuda de la ley de Ohm, se obtiene la corriente en cada resistencia.

$$I_{R1} = V / R1 = 20 / 5 = 4 \text{ Amp}$$
$$I_{R2} = V / R2 = 20 / 10 = 2 \text{ Amp}$$

Para comprobarlo, simplemente sumamos las corrientes de cada resistencia y debe de dar la corriente total.

$$I_T = I_{R1} + I_{R2}$$
$$I_T = 4 + 2 = 6 \text{ Amp}$$

1.23 EL MULTIMETRO

Hay dos tipos de multimetros: los analógicos y los digitales.

Los multimetros analógicos son fáciles de identificar por una aguja que al moverse sobre una escala indica del valor de la magnitud medida



Multimetro analógico



Multimetro digital

Los multimetros digitales se identifican principalmente por un panel numérico para leer los valores medidos, la ausencia de la escala que es común en los analógicos. Lo que si tienen es un selector de función y un selector de escala. El selector de funciones sirve para escoger el tipo de medida que se realizará. Ejemplo:

Voltaje	A.C.	(ACV) Voltaje en corriente alterna (en volts)
Voltaje	DC	(DCV) Voltaje en corriente directa (en volts)
Corriente	AC	(AC-mA) Corriente alterna (en miliamperes)
Corriente	DC	(DC-mA) Corriente directa (en miliamperes)
Resistencia	(Ω)	Resistencia (en ohms)

El selector de rangos sirve para establecer máxima que se podrá visualizar (Si no se tiene una idea de la magnitud a medir empezar por el rango más grande). Ejemplo:

Para medir	Seleccionar el rango
28	Volts.30V
2	Volts.3V
250	Volts.300V
10	Volts.30V
12	Volts.30V
2	Volts.3V
180	Volts.300V
21 Voltios	30V

Véase que se escoge siempre un rango superior al de la magnitud que se mide

Rangos de medida para resistencias en un multimetro

El selector de rango de las resistencias es diferente a la del voltaje y las corrientes. Siempre que la función este en ohms el resultado medido será multiplicado por el factor que se muestra en el rango. Los rangos normales son: R X 1, R X 10, R X 100, R X 1K, R X 10K, R X 1M, donde “K” significa Kilo ohms y “M” megaohms

Si en la pantalla de un multímetro digital o en la escala de uno analógico en función de medir una resistencia, se lee 4.7 y el rango muestra: x 1000, se tendría medida una resistencia de valor $4.7 \times 1000 = 4700$ ó 4.7 K (Kilohms). Es muy importante escoger la función y el rango adecuados antes de realizar una medición. Si se equivoca puede dañar el instrumento en forma definitiva.

Adicionalmente un multímetro analógico tiene dos perillas que permiten ajustar la aguja a cero (posición de descanso) y la otra para ajustar la lectura de ohms a cero (0). Para lograr esto se procede de la siguiente forma:

- 1- Se pone la función en Ohmios
- 2- Se pone en el rango: x 1
- 3- Se unen las puntas de prueba.

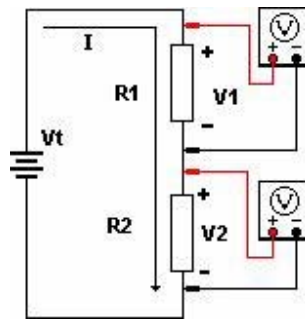
Al final del proceso anterior la aguja debe estar en 0 ohmios (ohms). Si no es así se realiza el ajuste con la perilla (con las puntas unidas).

Los nuevos multímetros digitales son muy sencillos de utilizar debido a que son autorango, esto hace que los cuidados para los multímetros sean mínimos

1.23.1 MEDICION DE LA CORRIENTE CONTINUA

Se selecciona, en el multímetro, la unidad volts en DC. Se revisa que los cables rojo y negro estén conectados correctamente. Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala, (si no tenemos idea de que magnitud de voltaje vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala para medir automáticamente.

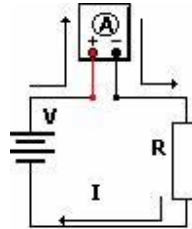
Se conecta el multímetro a los extremos del componente (se pone en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Si la lectura es negativa significa que el voltaje en el componente medido tiene la polaridad al revés de la que supusimos (Normalmente en los multímetros el cable rojo debe tener la tensión mas alta que el cable negro).



1.23.2 MEDIR CORRIENTE DIRECTA

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad amperes en DC. Se revisa que los cables rojo y negro estén conectados correctamente. Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la corriente que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una corriente con el multímetro, éste tiene que ubicarse en el paso de la corriente que se desea medir. Para esto se abre el circuito en el lugar donde pasa la corriente a medir y conectamos el multímetro (*lo ponemos en "serie"*). Si la lectura es negativa significa que la corriente en el componente, circula en sentido opuesto al que se había supuesto, (Normalmente se supone que por el cable rojo entra la corriente al multímetro y por el cable negro sale)



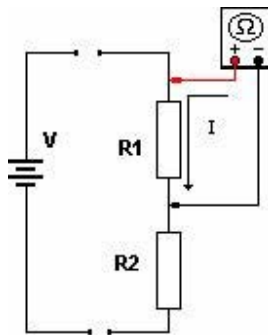
En algunas ocasiones no es posible abrir el circuito para colocar el amperímetro. En estos casos, si se desea averiguar la corriente que pasa por un elemento, se utiliza la Ley de Ohm. Se mide la tensión que hay entre los terminales del elemento por el cual pasa la corriente que se desea averiguar y después, con la ayuda de la Ley de Ohm, se obtiene la corriente. Para obtener una buena medición, se debe tener los valores exactos tanto de la tensión como de la resistencia.

Otra opción es utilizar un amperímetro de gancho, que permite obtener la corriente que pasa por un circuito sin abrirlo. Este dispositivo, como su nombre lo indica, tiene un gancho que se coloca alrededor del conductor por donde pasa la corriente y mide el campo magnético alrededor de él. Esta medición es directamente proporcional a la corriente que circula por el conductor y que se muestra con ayuda de una aguja o pantalla.

1.23.3 MEDIR UNA RESISTENCIA

Se selecciona, en el multímetro la unidad ohms. Revisar que los cables rojo y negro estén conectados correctamente. Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la resistencia que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

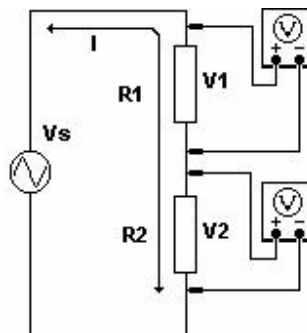
Para medir una resistencia con el multímetro, éste tiene que ubicarse con las puntas en los extremos del elemento a medir (en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Lo ideal es que el elemento a medir no esté alimentado por ninguna fuente de poder (V). El ohmetro hace circular una corriente I por la resistencia para poder obtener el valor de la ésta.



1.23.4 MEDICION DE C.A.

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad volts en AC. Como se está midiendo en corriente alterna es indiferente la posición del cable negro y el rojo. Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala, (si no tenemos idea de que magnitud de voltaje vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala para medir automáticamente.

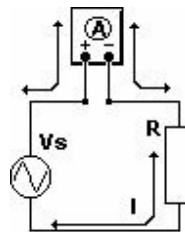
Se conecta el multímetro a los extremos del componente (se pone en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. La lectura obtenida es el valor RMS o efectivo de la tensión.



1.23.5 MEDIR CORRIENTE ALTERNA

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad amperes en AC. Como se está midiendo en corriente alterna, es indiferente la posición del cable negro y el rojo. Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la corriente que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una corriente con el multímetro, éste tiene que ubicarse en el paso de la corriente que se desea medir. Para esto se abre el circuito en el lugar donde pasa la corriente a medir y conectamos el multímetro (*lo ponemos en "serie"*).



En algunas ocasiones no es posible abrir el circuito para colocar el amperímetro. En estos casos, si se desea averiguar la corriente que pasa por un elemento, se utiliza la Ley de Ohm. Se mide la tensión que hay entre las terminales del elemento por el cual pasa la corriente que se desea averiguar y después, con la ayuda de la Ley de Ohm, se obtiene la corriente. Para obtener una buena medición, se debe tener los valores exactos tanto de la tensión (en AC) como de la resistencia.

Otra opción es utilizar un amperímetro de gancho, que permite obtener la corriente que pasa por un circuito sin abrirlo. Este dispositivo, como su nombre lo indica, tiene un gancho que se coloca alrededor del conductor por donde pasa la corriente y mide el campo magnético alrededor de él. Esta medición es directamente proporcional a la corriente que circula por el conductor y que se muestra con ayuda de una aguja o pantalla. El valor obtenido por este tipo de medición es RMS o efectivo de la corriente

1.23.6 COMO MEDIR UNA RESISTENCIA / IMPEDANCIA EN C.A.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la resistencia que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una resistencia con el multímetro, éste tiene que ubicarse con las puntas en los extremos del elemento a medir (en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Lo ideal es que el elemento a medir no esté alimentado por ninguna fuente de poder. El

ohmetro hace circular una corriente I por la resistencia para poder obtener el valor de la ésta.

Un caso más general es cuando se desea medir una impedancia (Z), que es la combinación de una resistencia y una reactancia, ya sea esta inductiva (presencia de un inductor o bobina) o capacitiva (presencia de un capacitor o condensador).

$$(Z = R + jX)$$

Hay algunos multímetros que permiten medir estos valores, pero en caso de no tenerlo, la corriente en una impedancia se puede obtener con ayuda de la ley de Ohm. $Z = V / I$, donde V e I son valores RMS. Una vez obtenida la impedancia (Z), el valor de la bobina o inductor (inductancia) o el valor del condensador o capacitor (capacitancia) se obtiene con las fórmulas:

$$C = 1 / 2\pi f X_C$$

$$L = 2\pi f X_L$$

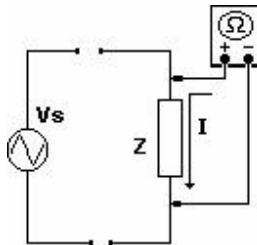
Donde:

f = frecuencia en Hertz o ciclos por segundo

$\pi = 3.1416$

X_C = reactancia capacitiva

X_L = reactancia inductiva



Nota:

Recordar que: $Z = R + jX$,

Donde $X = X_L - X_C$.

Cuando:

$R = 0$ y la impedancia es totalmente reactiva (no hay resistencia)

Si $X_L = 0$, la impedancia es totalmente reactiva capacitiva y no hay bobina

Si $X_C = 0$, la impedancia es totalmente reactiva inductiva, no hay capacitor

1.24 DECIBELES

El decibel es una unidad de medida relativa. En audiofrecuencias un cambio de 1 decibel (dB) es apenas notado. Si se tiene dos valores de potencia diferentes: P1 y P2, y se desea saber cual es el cambio de una con respecto a la otra, se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{dB} = 10 \text{ Log } P2 / P1 \quad (\text{si lo que se comparan son potencias})$$

$$\text{dB} = 20 \text{ Log } V2 / V1 \quad (\text{si lo que se comparan son voltajes})$$

Si V2 es el voltaje de salida de un amplificador y V1 es el voltaje de entrada. La ganancia de voltaje será $V2 / V1$.

Ahora si esta ganancia fuera de 50 (V2 es 50 veces mayor que V1), esto significa que la ganancia es de: $20 \log 50 = 33.97 \text{ dB}$

Si a este salida (V2) se la vuelve a amplificar para obtener V3 con una ganancia de 5 (V3 es 5 veces mayor que V2),

La ganancia será de: $20 \log 5 = 13.97 \text{ dB}$

La ganancia total sería $50 \times 5 = 250$ (V3 es 250 veces mayor que V1)

Esto expresado en decibeles es: $20 \log 250 = 47.96 \text{ dB}$ que es igual a la suma de 33.97 dB y 13.97 dB., ganancia de V1 a V2 más ganancia de V2 a V3

En otras palabras para expresar la ganancia en decibeles sólo es necesario sumar las respectivas ganancias expresadas de esta manera.

Porqué utilizar este sistema?

La razón es muy simple, cuando hay sistemas con ganancias y/o perdidas (ganancias negativas), es mucho más fácil que estas se sumen así obtener la ganancia final.

1.25 DISIPADORES DE CALOR (HEATSINKS)

Los disipadores de calor son componentes metálicos que utilizan para evitar que algunos elementos electrónicos como los transistores se calienten demasiado y se dañen. El calor que produce un transistor no se transfiere con facilidad hacia el aire que lo rodea. Algunos transistores son de plástico y otros metálicos. Los que son metálicos transfieren con más facilidad el calor que generan hacia el aire que lo rodea y si su tamaño es mayor, mejor.

Es importante aclarar que el elemento transistor que uno ve, es en realidad la envoltura de un pequeño "chip" que es el que hace el trabajo, al cual se le llama "juntura" o "unión". La habilidad de transmitir el calor se llama conductancia térmica y a su recíproco se le llama resistencia térmica (R_{th}) que tiene unidad de $^{\circ}\text{C} / \text{W}$ (grado Centígrado / Watt).

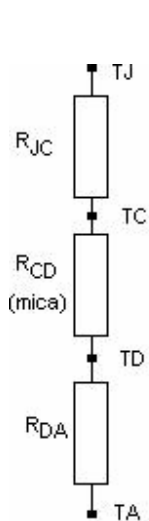
Ejemplo: Si el R_{TH} de un transistor es $5^{\circ}\text{C}/\text{W}$, esto significa, que la temperatura sube 5°C por cada Watt que se disipa. Poniéndolo en forma de fórmula se obtiene:

$$R = T / P$$

Donde:

- R = Resistencia
- T = Temperatura
- P = Potencia

La fórmula anterior se parece mucho a una fórmula por todos conocida (La ley de Ohm). Donde se reemplaza V por T a I por P y R queda igual. Analizando el siguiente diagrama:



Donde:

- T_J = Temperatura máxima en la "Juntura" (dato lo suministra el fabricante)
- T_C = temperatura en la Carcasa. Depende de la potencia que vaya a disipar el elemento y del tamaño del disipador y la temperatura ambiente.
- T_D = Temperatura del disipador y depende de la temperatura ambiente y el valor de R_{DA} (R_D)
- T_A = temperatura ambiente
- R_{JC} = Resistencia térmica entre la Juntura y la Carcasa
- R_{CD} = Resistencia térmica entre la Carcasa y el Disipador (incluye el efecto de la mica, si se pone, y de la pasta de silicón) Mejor si se puede evitar poner mica mejor, mejor si se pone pasta de silicón.
- R_{DA} = Resistencia térmica entre el Disipador y el Aire (Resistencia térmica del disipador) (R_D)

Ejemplo:

Se utiliza un transistor 2N3055 que produce 60 Watts en su "juntura". Con los datos del transistor 2N3055, este puede aguantar hasta 200 Watts en su "juntura" (máximo) y tiene una resistencia térmica entre la juntura y la carcasa de: 1.5°C/W (carcasa es la pieza metálica o plástica que se puede tocar en un transistor). Si la temperatura ambiente es 23°C, ¿Cuál será la resistencia térmica del disipador de calor que se pondrá al transistor? (R_{DA})

Con R_{JC} = 1.5°C/W (dato del fabricante),

La caída de temperatura en esta resistencia será

$$T = R \times P = 1.5^{\circ}\text{C} \times 60 \text{ Watts} = 90^{\circ}\text{C} \text{ (ver fórmula)}$$

Con R_{CD} = 0.15°C/W

Se asume que se utiliza pasta de silicón entre el elemento y el disipador, la caída de temperatura en R_{CD} es

$$T = R \times P = 0.15 \times 60 \text{ Watts} = 9^\circ\text{C}.$$

Tomando en cuenta que la temperatura del aire (temperatura ambiente es de 23°C), el disipador de calor tiene que disipar:

$$200^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C} - 9^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C} = 78^\circ\text{C}.$$

Esto significa que la resistencia térmica del disipador de calor será:

$$R_{DA} = 78^\circ\text{C} / 60 \text{ W} = 1.3^\circ\text{C}/\text{Watt}..$$

Con este dato se puede encontrar el disipador adecuado.

IMPORTANTE:

Cuando se ponga un disipador de calor a un transistor, hay que evitar que haya contacto entre ellos. Se podría evitar esto con plástico o el aire, pero son malos conductores de calor. Para resolver este problema se utiliza una pasta especial que evita el contacto. La virtud de esta pasta es que es buena conductora de calor. De todas maneras hay que tomar en cuenta que esta pasta aislante también tiene una resistencia térmica que hay que tomar en cuenta. Es mejor evitar si es posible la utilización de la mica pues esta aumenta el R_{CD} . El contacto directo entre el elemento y el disipador, contrario a lo que se pueda pensar, aumenta el valor de R_{CD} , así que es mejor utilizar la pasta.

1.26 UNIDADES DE MEDIDA

Ampere: (A) Unidad de medida de la corriente eléctrica, es la cantidad de carga que circula por un conductor por unidad de tiempo

$$I = Q / t$$

$$1 \text{ A} = 1 \text{ Coulomb} / \text{segundo}$$

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA (miliampere)}$$

- Coulomb: Unidad de medición de la carga eléctrica.
- $1 \text{ Coulomb} = 6.28 \times 10^{18}$ electrones
- Watts Unidad de la potencia.

Potencia: Velocidad con que se suministra o consume energía.

$$\text{Potencia} = \text{Energía} / \text{Tiempo}$$

Circuito paralelo: Circuito que tiene más de un camino para la corriente, donde los elementos comparten las terminales.

Circuito Serie: Circuito con un único camino para la corriente, donde los elementos van uno a continuación del otro.

Multimetro: Instrumento todo propósito, también llamado *Tester*, *VOM*, *DMM*, etc., utilizado para efectuar mediciones de tensión (voltaje), corriente continua (C.C.), corriente alterna, resistencia y a veces también: diodos, transistores, condensadores, etc.

Ohm: Unidad de medición de la resistencia eléctrica, representada por la letra griega (Ω , omega).

Siemens (Mho): Unidad de medida de la conductancia (G)

Conductancia (G): Es el inverso de la resistencia. Un elemento con alta resistencia tiene baja conductancia, un resistor con baja resistencia tiene alta conductancia.

Volt (volts): Unidad de medición de la diferencia de potencial eléctrico o tensión eléctrica, comúnmente llamado voltaje.

Corriente Alterna (CA): Corriente eléctrica que cambia su amplitud en forma periódica en el tiempo.

Corriente Continua (CC): Es la corriente que fluye en una sola dirección. Las baterías, las celdas solares, etc. producen corriente en CC. Este tipo de corriente no cambia su magnitud ni su sentido en el tiempo.

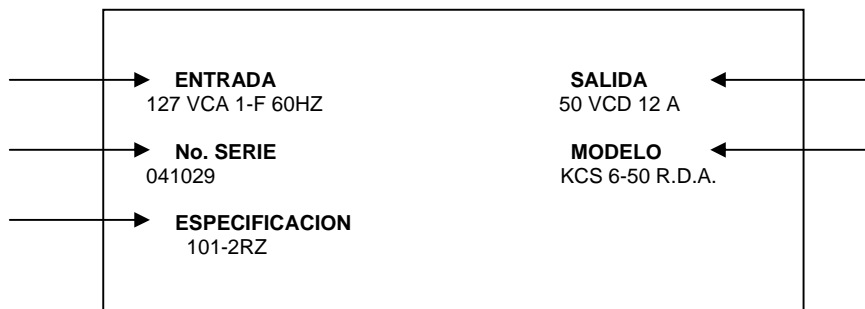
Hertz: Cantidad de ciclos completos de una onda en una unidad de tiempo
1 Hertz = 1 ciclo/seg

CAPITULO II

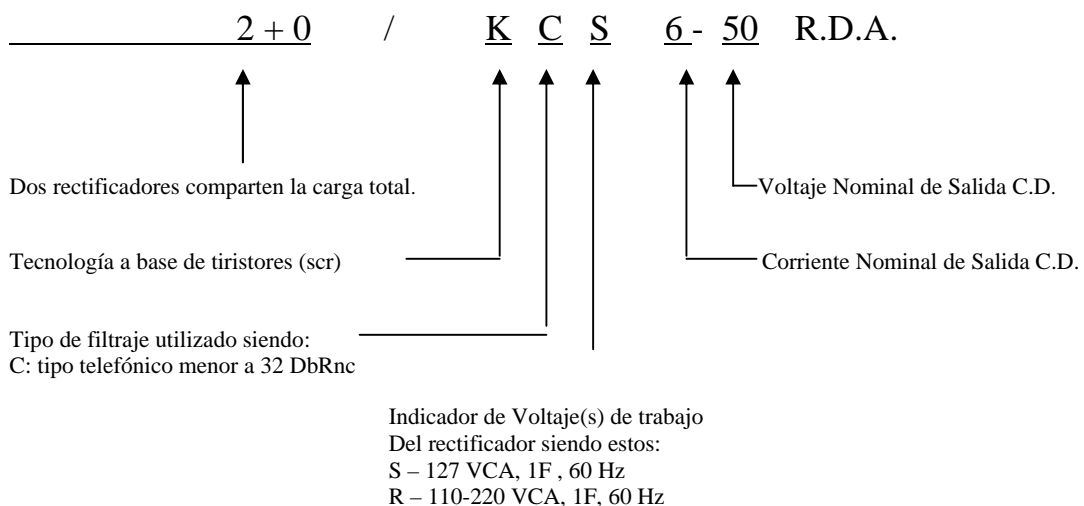
RECTIFICADOR KCS 6-50

2.1 IDENTIFICACION DEL RECTIFICADOR

Para conocer la capacidad, voltajes (entrada y salida); modelo, Numero de especificación y corriente de salida del equipo. Este cuenta con una placa de datos que anuncia lo siguiente:



- Voltaje de C.A. al cual puede operar el rectificador, numero de fases y frecuencia dada en Hertz.
- Numero de serie del rectificador, siendo este año, mes, numero de orden.
- Numero de especificación del rectificador.
- Voltaje de C.D. y corriente de C.D. nominales del rectificador.
- Modelo del rectificador.



2.2. CARACTERISTICAS DEL RECTIFICADOR KCS 6-50

El equipo KCS 6-50, es un rectificador de potencia monofasico que convierte la energía eléctrica de corriente alterna C.A. en energía de corriente directa C.D. se encuentra diseñado para operar con un voltaje de entrada de 127 volts (V.C.A) manteniendo en su salida un voltaje constante preajustado que puede ser de 43.2 a 57.6 V.C.D.

Posee un alto desarrollo tecnológico en el, proceso de retroalimentación y acción de control de voltaje y corriente, utilizándose como elementos finales de control, dispositivos conmutados los que permiten una acción de control rápida y sin sobretiros en la energía de salida, con lo que se evitan posibles daños al equipo conectado a la salida del rectificador.

Debido a las características antes mencionadas, en el rectificador se logra tener una excelente regulación.

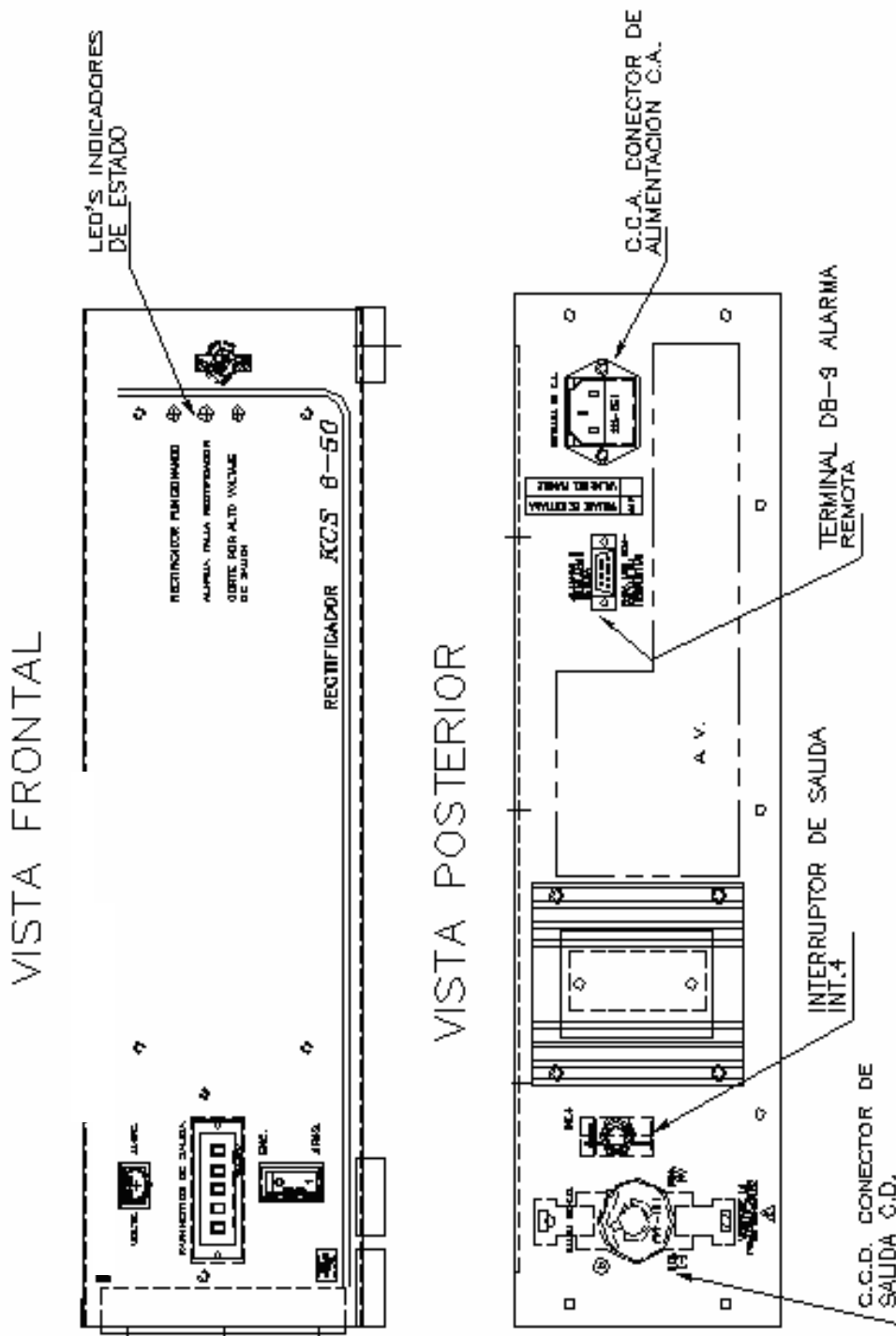
Tiene otro circuito que apaga el equipo cuando rebasa un voltaje de salida preestablecido.

También cuenta con terminales de reparto de carga, función que se realiza cuando este equipo trabaja en paralelo con otro equipo que también tenga esta función. Además se tiene la facilidad de enviar desde el rectificador hacia algún otro punto que convenga al usuario, señales de alarma por falla del rectificador visuales usando los contactos NA, C NC propios del rectificador, siendo la correspondencia como sigue:

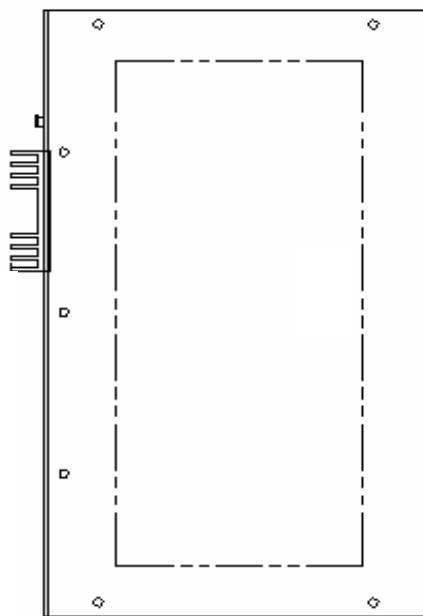
PIN 1	Reparto de carga
PIN 2	Contacto NA (abre cuando falle el rectificador)
PIN 3	Punto común C
PIN 4	Contacto NC (cierra cuando falle el rectificador)

Por todas las características antes mencionadas, los rectificadores son ideales para ser utilizados en la alimentación de equipos de radio, telefonía, repetidoras, en sistemas de respaldo de datos, en fin donde se requiera que la alimentación sea continua.

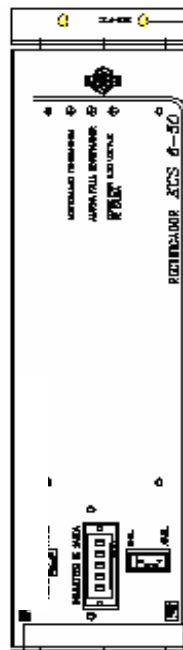
2.2.1 RECTIFICADOR KCS 6-50



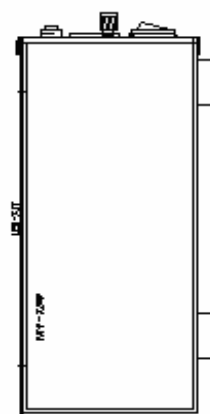
2.2.2 DIMENSIONES DEL RECTIFICADOR KCS 6-50



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL IZQ.

2.2.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO RECTIFICADOR KCS 6-50

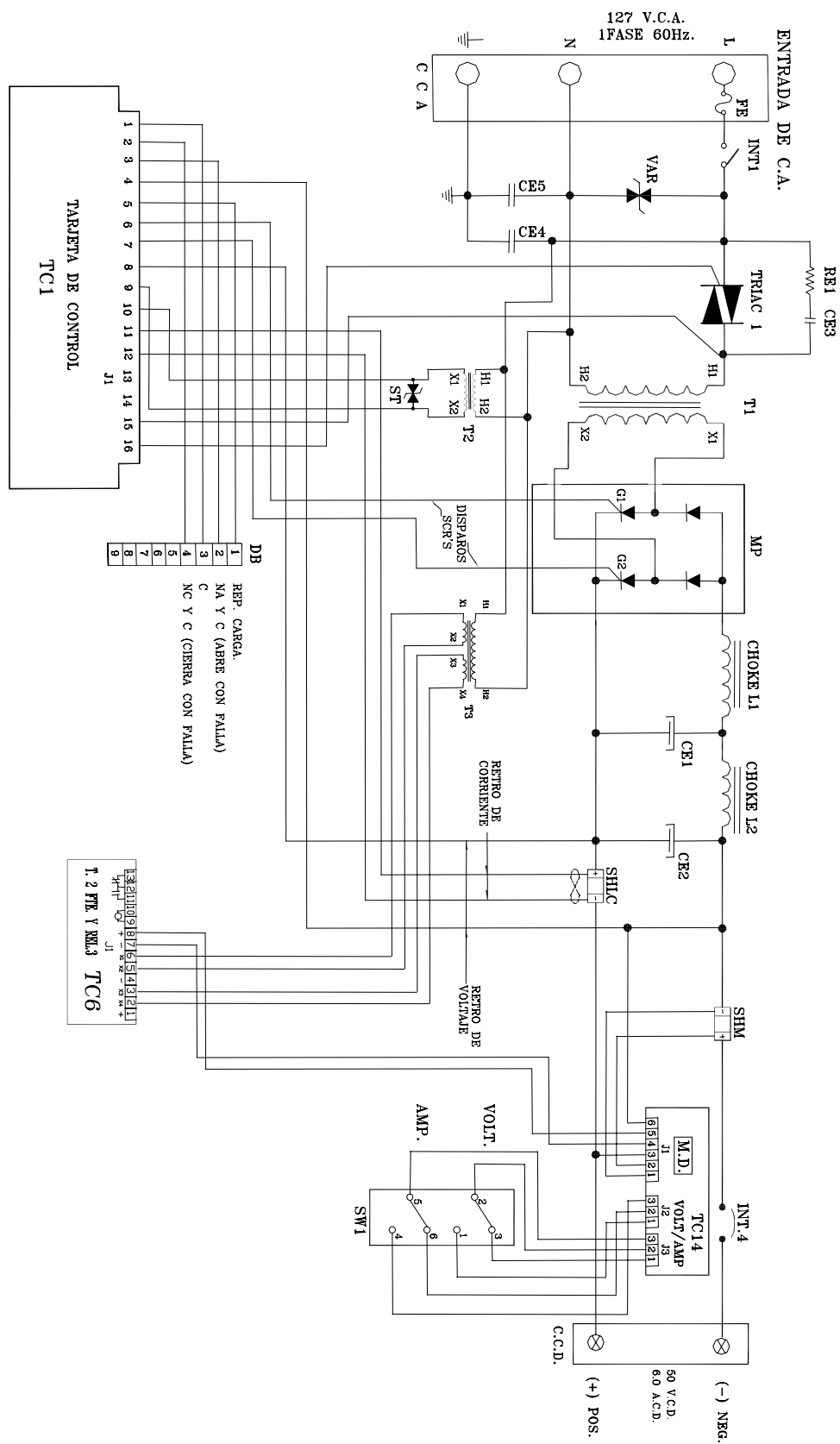
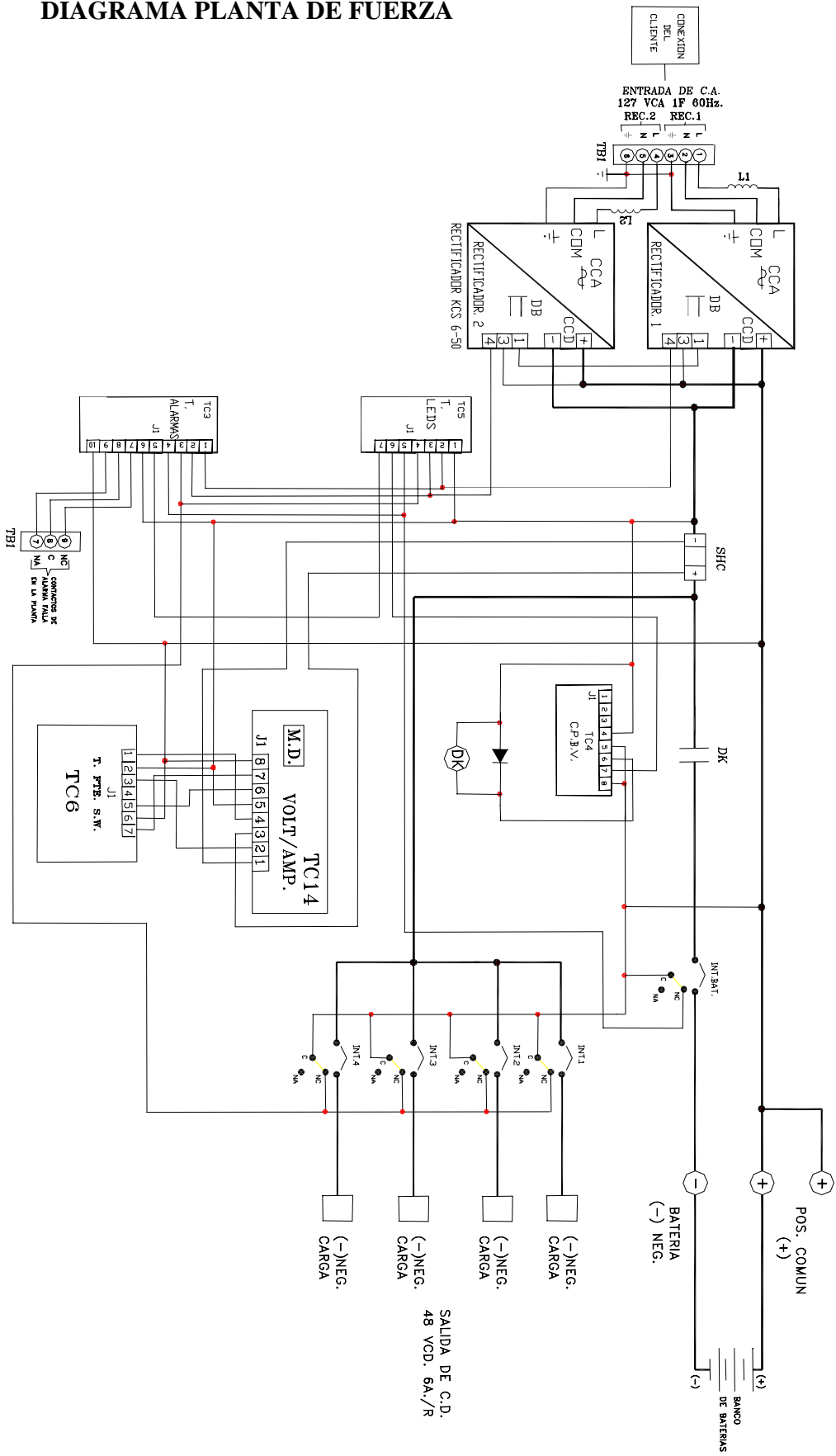


DIAGRAMA PLANTA DE FUERZA



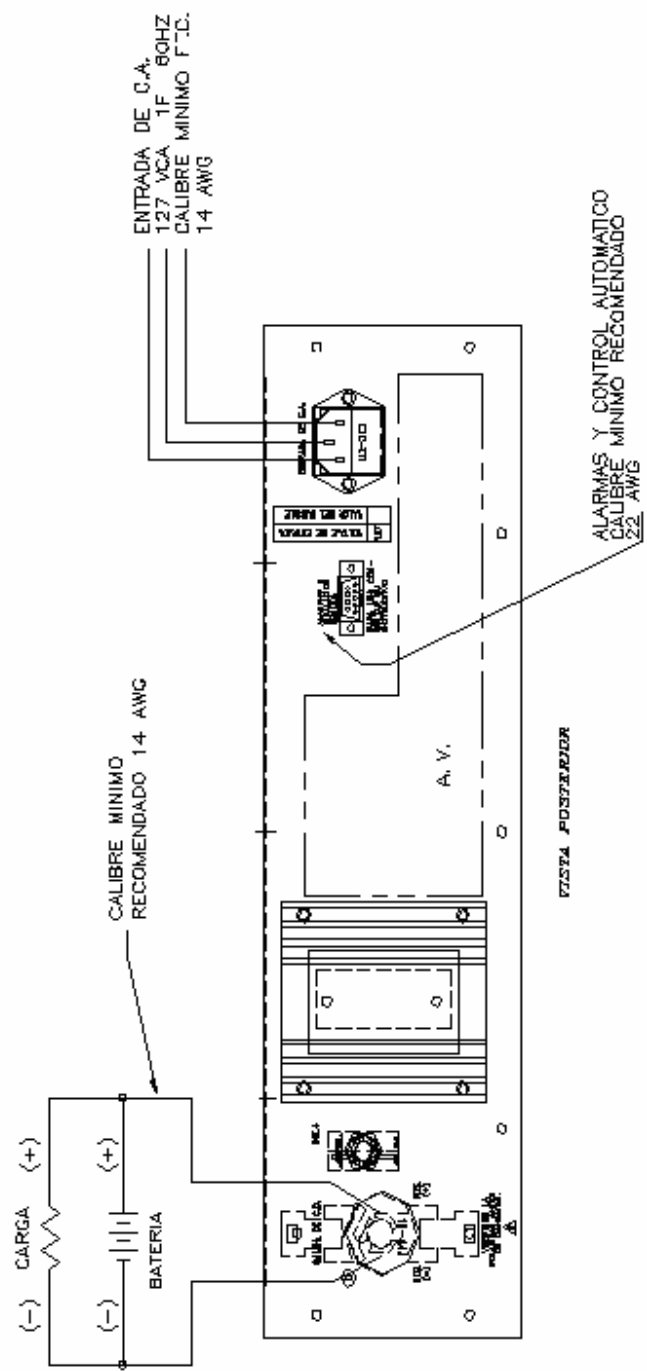
2.2.4 INSTRUCCIONES DE INSTALACION Y OPERACIÓN

El equipo debe instalarse para su operación en un local cuyas condiciones ambientales se encuentren acorde a las características siguientes:

Temperatura	0° a 45°C
Humedad	Hasta 90% HR sin condensación
Altitud	De 0 a 2500 mts. Sobre el nivel del mar.
Ventilación	Convección natural. Se deberá tener cuidado de NO TAPAR LAS REJILLAS de que consta el equipo.

Las conexiones del equipo se deberán realizar de acuerdo a los diagramas correspondientes.

Antes de conectar la batería es necesario verificar si existe tensión a la salida del rectificador. Posteriormente asegúrese de que no tiene carga conectada, así encienda el equipo, apáguelo e inmediatamente conecte la batería cuidando que la polaridad sea la correcta. Lo anterior es con el fin de evitar que se presente un arco de corriente al realizar la conexión y se abra el fusible de salida del equipo.



2.2.5 CARACTERISTICAS GENERALES

Tensión de Entrada	127 V.C.A. 1 fase
Variación en la Tensión de Entrada	95-140 V.C.A.
Frecuencia	60Hz. \pm 5 %

SALIDA

Tensión de Salida	43.2 a 57.6 V.C.D.
Tensión de Flotación	54.5 V.C.D.
Rango de ajuste de Flotación	54.0 a 54.8 V.C.D.
Corriente de salida nominal	6.0 A.C.D.
Límite de Corriente	6.6 A.C.D.
Margen de Ajuste de Límite de Corriente	5.9 a 7.0 A.C.D.

2.2.6 CARACTERISTICAS ADICIONALES

Alarma visual “Rectificador funcionando”	Indica que el rectificador se encuentra trabajando correctamente.
Alarma visual “Falla rectificador”	Se activa cuando se presenta alguna de las siguientes condiciones: -Falla de alimentación de C.A. -Apagado por Alto voltaje
Alarma visual “Corte por alto voltaje”	Se activa cuando el equipo se apaga por exceder el voltaje a la salida de un valor preestablecido.
Circuito de apagado por alto voltaje	Este circuito apaga el equipo cuando el voltaje a la salida excede a un voltaje preestablecido. Activa al relevador de alarmas.
Contacto tipo “C” de alarmas	Este cambia su estado cuando se presenta una anomalía en el rectificador, esto sucede cuando existe: - Falla en la alimentación. - Corte por Alto voltaje
Circuito de reparto de Carga	Este circuito electrónico permite que al conectarse dos o más equipos idénticos en paralelo a la salida, compartan la carga en una forma equitativa.

2.2.7 AJUSTES

Para realizar los siguientes ajustes es necesario disponer de una carga resistiva de 1Amp. La batería no es necesaria.

I.- AJUSTE DE CORTE POR ALTO VOLTAJE

Es conveniente primero checar el Ajuste de Corte por Alto Voltaje:

- 1) Energice el equipo con una pequeña carga resistiva conectada (1 Amp).
- 2) Mida el voltaje de salida con un voltímetro de C.D.
- 3) Suba éste voltaje girando el potenciómetro 1 de la tarjeta TC1 de ajuste de voltaje de flotación, en el sentido de las manecillas del reloj hasta obtener a la salida el voltaje al cual se desea realizar el ajuste (2.4 Volts por celda).
- 4) Se varía lentamente el potenciómetro 4 de la tarjeta TC1 en sentido contrario de las manecillas del reloj, hasta que “CORTE” el equipo (se puede observar por no suministrar corriente a la salida).
- 5) Para restablecer el equipo, éste se tiene que apagar, regrese el ajuste del potenciómetro 1 de la tarjeta TC1, una vuelta en sentido contrario de las manecillas del reloj, posteriormente encienda el equipo.

Compruebe el ajuste elevando el voltaje a la salida hasta que el equipo se corte, disminuir el ajuste de voltaje de flotación POT 1 de la tarjeta TC 1 y restablezca el equipo

II.- AJUSTE DE FLOTACIÓN

El voltaje de Flotación es de 2.27 VCP. Este dato se expresa en VCP debido a que dependerá del número de celdas que tengamos para determinar el voltaje de salida

IV.- AJUSTE DE LÍMITE DE CORRIENTE

Se le conecta al equipo una carga mayor a la que desea ajustar por ejemplo 120% In. Y al llegar en la salida al 110% In., observe que cuando empieza a limitar por corriente el voltaje a la salida se abate a medida que aumenta la corriente de carga de salida.

CAPITULO III

PLANTA DE FUERZA DE C.D. 2+0/KCS 6-50

3.1 CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE FUERZA DE C.D 2+0/KCS 6-50

Esta planta de fuerza, es un sistema de potencia de C.D. para la alimentación de equipos de telecomunicaciones con una capacidad final de 12 amperes de corriente directa manteniendo en flotación un banco de baterías de 24 celdas de tipo plomo-ácido selladas, para un voltaje final de 54.5 V.C.D. ideal para sistemas que requieren corriente continua.

El voltaje de alimentación de los rectificadores es de 127 V.C.A., 60Hz, una fase.

La planta de fuerza esta compuesta por lo siguiente:

- Rectificador –cargador de baterías modelo KCS 6-50
- Módulo de distribución
- Baterías

Este modulo contiene un amperímetro y un voltímetro para medir la corriente de C.D. total de salida de la planta de fuerza; así como también el voltaje de C.D. de salida de la planta.

Además contiene un contactor que se abre cuando hay un nivel bajo de voltaje en la carga, evitando así una posible descarga profunda de batería.

Cuando hay una desconexión por bajo voltaje, se mandara una señal para que esta indique la condición de alarma, a la vez encenderá el led “Desconexión por Bajo Voltaje”, localizado al frente de este modulo.

Esta planta de fuerza va acompañada de un banco de baterías para proporcionar el respaldo adecuado al sistema que alimenta.

3.1.1 AJUSTE DE DESCONEXION POR BAJO VOLTAJE DE BATERIA

El único ajuste que se debe realizar en esta planta, es el ajuste de desconexión por bajo voltaje de batería, para realizarlo se requiere de un rectificador externo que pueda tener un rango de ajuste de 39 a 56 V.C.D. aproximadamente.

1. con los rectificadores KCS 6- 50, de la planta de fuerza apagados y la batería desconectada, conecte las terminales de l rectificador externo en las terminales de la batería de la planta, teniendo mucho cuidado de conservar la polaridad correcta (+) POSITIVO de batería y (-) NEGATIVO del rectificador con (-) de batería.

2. con una pequeña carga conectada (1 a 2 amperes) en la planta, energice el rectificador externo y ajuste su voltaje de salida aproximadamente 54.5 V.C.D.
3. Encienda un rectificador de la planta, cierre el interruptor de batería, entonces se energizara el contactor DK; apague el rectificador de la planta en este momento el rectificador externo deberá seguir alimentando la carga.
4. disminuya lentamente el voltaje, cuando el voltaje del rectificador externo este entre 41.5 y 42.5 V.C.D. de la planta de fuerza esta se desconectara por bajo voltaje, abriéndose el contactor D.K. dejando de proporcionar corriente a la carga y se encenderá el led “DESCONEXION POR BAJO VOLTAJE DE BATERIA”
5. para la alimentación hacia la carga se necesita encender un rectificador de la planta de fuerza como se explica en el punto 3.
6. si requiere que el corte por bajo voltaje se haga a otro valor, esto se logra por medio del potenciómetro POT 1 de la tarjeta TC4.
 - Con el rectificador externo ajuste el voltaje el cual requiera hacer la desconexión por bajo voltaje.
 - Gire lentamente el potenciómetro POT1 hasta que la planta desconecte por bajo voltaje. Si el giro es en sentido contrario de las manecillas del reloj, el ajuste será a un nivel mas bajo del voltaje y si el giro es en sentido de las manecillas del reloj, el ajuste será a un nivel más alto del voltaje.
 - Encienda los rectificadores de la planta, el contactor volverá a cerrar y la planta se reconectara.
 - Para verificar el ajuste siga los pasos mencionados anteriormente.

Si no se cuenta con un equipo externo para verificar que este ajuste es necesario hacer la prueba de descarga de batería y esperar a que la batería llegue a los niveles de voltaje de desconexión. Para verificar este ajuste es necesario realizar el siguiente procedimiento.

- Conecte carga de salida a la planta, de ser posible 7 amperes aproximadamente de carga.
- Apague los rectificadores KCS 6-50 checando el voltaje de salida de la planta.
- Espere a que las baterías se descarguen y cuando el voltaje de baterías de la planta este entre 41.5 y 42.5 V.C.D. , la planta de fuerza desconectara por bajo voltaje, abriéndose el contactor D.K. , dejando de proporcionar energía a la carga y se encenderá el led de “DESCONEXION POR BAJO VOLTAJE DE BATERIA”
- Vuelva a encender los rectificadores KCS 6-50, quitando carga de salida, se ira cargando la batería y la planta de fuerza reconectará la carga, así los equipos proporcionaran energía a las cargas y batería.

Si realiza otro ajuste, realícelo cuando el voltaje de batería este en el nivel en que se necesite la desconexión

3.2 BATERIAS PLOMO-ACIDO

El propósito de conocer la definición de batería es dar un panorama general acerca de la operación, mantenimiento y control de calidad de los sistemas de baterías plomo-ácido con seguridad.

Hay muchas situaciones peligrosas asociadas con la operación y mantenimiento de las baterías plomo-ácido las cuales incluyen quemaduras por ácido, fuego, explosión y choques eléctricos. Una comprensión de los principios de operación y precauciones para las baterías ayudará a prevenir lesiones al personal y daño a las instalaciones.

- Identificar las diferencias entre baterías primarias y secundarias.
- Identificar los tipos de baterías plomo-ácido
- Definir los siguientes términos: Celda, Batería, Electrolito, Separador, Terminal, Electrodo, Disipación Térmica, Gasificación.
- Identificar los materiales activos en las celdas plomo-ácido.
- Describir los efectos de la temperatura y rangos de descarga en la capacidad y vida de la batería.
- Identificar las normas industriales de mantenimiento, prueba, reemplazo, capacidad e instalación de las baterías plomo-ácido.
- Identificar las tres más comunes aplicaciones de las baterías plomo-ácido.
- Identificar y describir las cuatro técnicas de recarga
- Identificar las normas de seguridad para la operación y mantenimiento de las baterías plomo-ácido.
- Identificar las regulaciones gubernamentales para el retiro de las baterías plomo-ácido.
- Identificar los dos tipos básicos de baterías “libres de mantenimiento”.
- Describir los efectos que la sobrecarga tiene en la gasificación y la disipación térmica.

3.3 COMPONENTES Y OPERACIÓN DE LA BATERÍA

3.3.1 CELDAS VS BATERÍAS

Una batería es un dispositivo que convierte la energía contenida en sus materiales activos en energía eléctrica a través de una reacción química. Mientras el término “Batería” es frecuentemente usado, el elemento electroquímico básico se refiere a la celda. Una batería consiste de dos o más celdas eléctricamente conectadas en serie para formar una unidad.

3.3.2 CELDAS Y BATERÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las baterías pueden ser primarias y secundarias. Las baterías primarias solo pueden ser usadas una vez por que la reacción química que suministra la corriente eléctrica es irreversible. Las baterías secundarias pueden ser usadas, cargadas y re-usadas. En estas baterías la reacción química que suministra la corriente eléctrica es reversible cuando la batería se recarga. Las baterías primarias son comunes debido a su bajo costo y fácil uso.

Los usos más comunes de las baterías primarias son linternas, relojes, juguetes y radios. El uso más común para las baterías secundarias es arranques, luces, encendido de automóviles y grupos motor-generador (Electrógenos). Otras aplicaciones incluyen Sistemas ininterrumpibles de energía (UPS's) para energía de emergencia, tracción de vehículos eléctricos, telecomunicaciones y herramientas portátiles.

3.3.3 COMPONENTES DE LAS BATERÍAS

El electrodo negativo suministra electrones al circuito externo (o carga) durante la descarga. En una batería plomo-ácido totalmente cargada, el electrodo negativo está compuesto de una esponja de plomo (Pb). El electrodo positivo acepta electrones de la carga durante la descarga. En una batería totalmente cargada, el electrodo positivo está compuesto de dióxido de plomo (PbO). Se debe notar que los electrodos en una batería deben ser de materiales diferentes o la celda no estará en condiciones de desarrollar un potencial eléctrico y generar corriente eléctrica. El electrolito completa el circuito interno en la batería suministrando iones a los electrodos positivo y negativo. El ácido sulfúrico diluido es el electrolito en las baterías plomo-ácido, el electrolito es aproximadamente un 25% ácido sulfúrico y 75% agua.

El separador es usado para aislar eléctricamente los electrodos positivo y negativo. Si se permite que los electrodos se toquen, la celda estará en corto circuito y ya no servirá por que ambos electrodos estarían al mismo potencial. El tipo de separador usado varía según el tipo de celda. Los materiales usados como separadores deben permitir la transferencia de iones entre el electrolito y los electrodos. Muchos separadores son hechos de plásticos porosos o materiales de fibra de vidrio. Los componentes mostrados en la Fig. 1 son alojados en un contenedor comúnmente llamado jarro o envase.

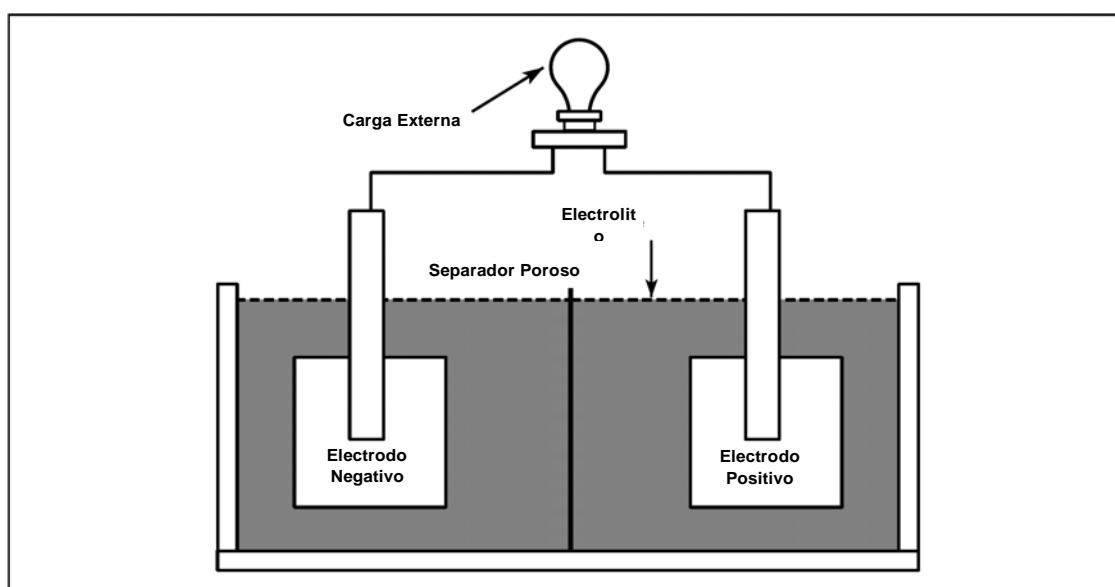


Fig. 1. Componentes principales de una celda

3.3.4 CELDAS Y VOLTAJE DE BATERÍA

Para que una celda o batería puedan entregar corriente eléctrica a un circuito externo, una diferencia de potencial debe de existir entre sus electrodos positivo y negativo. La diferencia de potencial (usualmente medida en voltios) se referencia comúnmente como el voltaje de celda o batería. Una celda de plomo-ácido puede desarrollar una diferencia de potencial máxima de 2V con carga. Una celda completamente descargada tiene una diferencia de potencial de cerca de 1.75V, dependiendo del rango de corriente con que fue descargada.

3.3.5 CAPACIDAD

En términos generales, la capacidad de una celda/batería es la cantidad de energía disponible expresada en Amperes-hora (Ah). Un ampere es la unidad de medida usada para la corriente eléctrica y está definida como un coulomb pasando a través de un conductor eléctrico en un segundo. La capacidad de una celda o batería está relacionada con la cantidad de materiales activos en ella, la cantidad de electrolito y el área de las placas. La capacidad de la batería/celda se mide descargándola con una corriente constante hasta que alcanza el voltaje final (usualmente 1.75 voltios). Esto se hace a temperatura constante, normalmente 25°C (77°F). La capacidad se calcula multiplicando el valor de la corriente de descarga por el tiempo requerido para alcanzar el voltaje final.

El término más común usado para describir una habilidad de la batería para entregar corriente es *capacidad*. Los fabricantes frecuentemente especifican la capacidad de sus baterías en amperes-hora a un tiempo específico de descarga. Por ejemplo, una batería de 200Ah (a un rango de 10 horas) entregará 20 amperes de corriente durante 10 horas a condiciones de temperatura normales (25°C ó 77°F). Alternativamente el rango de descarga puede ser especificado como un múltiplo de la capacidad **C** de la celda ó batería. Por ejemplo, una batería puede tener un rango de 200 Ah a **C/10**. El rango de descarga es determinado por la siguiente ecuación:

$$C/10 \text{ (amperes)} = 200 \text{ Ah}/10 = 20 \text{ amperes}$$

La capacidad de la batería varía con el rango de descarga. Mas alta la corriente de descarga, menor capacidad de la batería. Menor corriente de descarga, mas capacidad de la batería. El manual del fabricante de baterías normalmente especifica los rangos de descarga junto con su tiempo. La capacidad de la batería para cada una de estas descargas puede ser calculada como se discutió anteriormente.

La capacidad de las baterías plomo-ácido usualmente se especifica a 8, 10 y horas (C/8, C/10, C/20).

3.4 CONEXIONES SERIE Y PARALELO

Las celdas y baterías pueden ser conectadas en serie, paralelo o una combinación de ambas. Las celdas o baterías conectadas en serie tienen su terminal positiva conectada a la negativa de otra. Esto tiene el efecto de incrementar el voltaje pero la capacidad permanece. Por ejemplo, la batería de 12 Voltios de un automóvil contiene 6 celdas conectadas en serie con un voltaje de 2 voltios por celda. Otro ejemplo de baterías conectadas en serie se muestra en la Fig. 2.

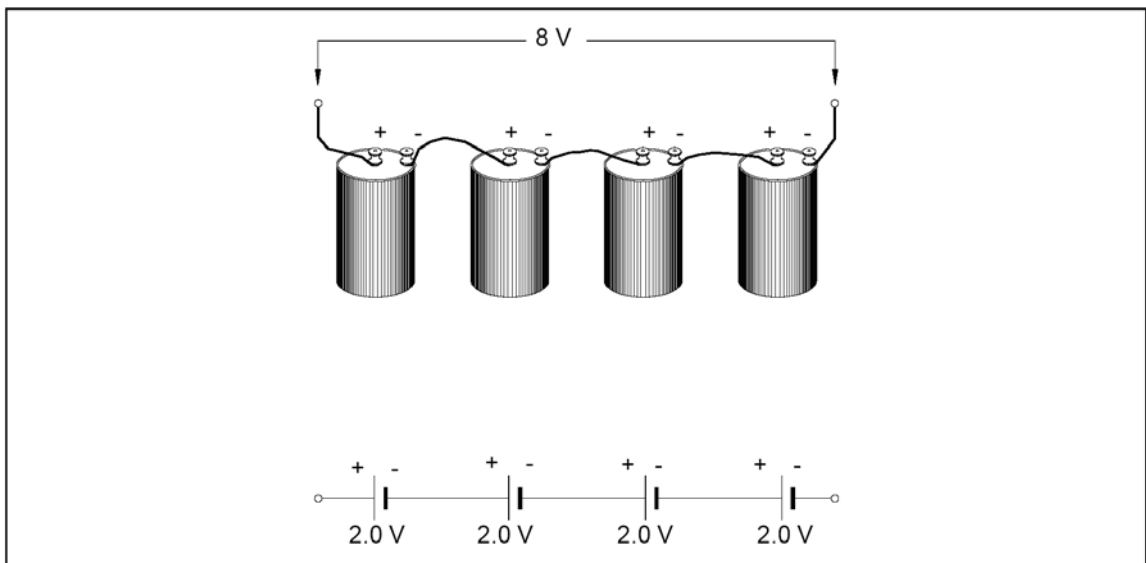


Fig. 2. Celdas conectadas en serie

Las celdas ó baterías conectadas en paralelo tienen sus terminales conectadas. El voltaje permanece igual pero la capacidad se incrementa. Por ejemplo, si dos baterías automotrices de 12 voltios se conectan en paralelo el voltaje seguirá siendo 12 voltios, sin embargo las baterías tendrán el doble de capacidad que una sola. Otro ejemplo de baterías conectadas en paralelo se muestra en la Fig. 3.

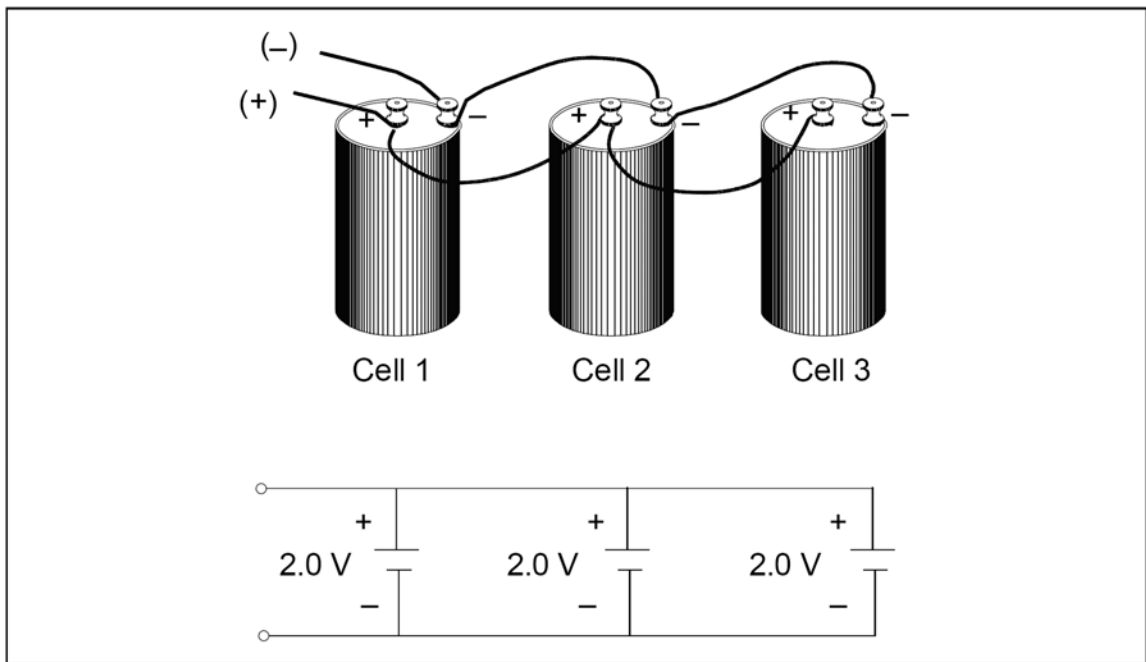


Fig. 3. Celdas conectadas en paralelo

Las baterías también se pueden conectar en combinación serie/paralelo. El voltaje de las baterías en serie se suma hasta que se obtiene el voltaje deseado y en paralelo hasta que se obtiene la capacidad deseada. Solo se deben conectar baterías iguales. Conectar celdas o baterías de diferente capacidad ó fabricante puede producir efectos no deseados o puede ser peligroso.

3.5 TIPOS DE BATERÍA PLOMO-ÁCIDO

Existen dos tipos de baterías Plomo-ácido, esto basado en su método de construcción: Abiertas y Selladas. Las baterías abiertas y selladas también difieren en su principio de funcionamiento. Todas las baterías plomo-ácido producen hidrógeno y oxígeno (gasificación) durante la carga a través del fenómeno de la electrolisis. A estos gases se les permite escapar en las baterías abiertas, sin embargo, las baterías selladas se construyen de tal manera que los gases producidos se recombinan. Se debe notar que el hidrógeno es explosivo en el aire con tan solo el 4% del volumen.

3.5.1 BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO ABIERTAS

Las baterías abiertas son aquellas donde los electrodos/placas son sumergidas en electrolito. Los gases creados durante la recarga son expulsados a la atmósfera, se tiene que agregar agua destilada regularmente para volver al nivel normal de electrolito. La batería abierta más familiar es la automotriz, la cuál es una batería de 12 voltios.

3.5.2 BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO SELLADAS

Este tipo de batería mantiene los gases generados en su interior, pero tiene una válvula para permitir a los gases escapar si la presión interna excede cierto umbral. Durante la carga, la batería genera oxígeno en su electrodo positivo.

Las baterías selladas son diseñadas para que el oxígeno generado durante la recarga se recombine. A esto se le llama ciclo de recombinación del oxígeno y trabaja bien siempre que la corriente de recarga no sea muy alta. Una alta corriente de recarga puede ocasionar ruptura del jarro (envase), alta disipación térmica o daño mecánico interno.

La batería de válvula regulada es la más común de las baterías selladas. Fue diseñada para aplicaciones estacionarias y de telecomunicaciones. Este tipo de baterías tienen una válvula controlada por un resorte que a determinada presión deja escapar los gases. El umbral de presión típico es de 2 a 5 libras dependiendo del diseño de la batería. Aunque el término “Válvula regulada” es usado frecuentemente para referenciar a la batería sellada, no todas las baterías selladas tiene válvula regulada. Algunos diseños de batería emplean válvulas tapones reemplazables u otros mecanismos para aliviar el exceso de presión. Las baterías selladas fueron desarrolladas para reducir el mantenimiento requerido cuando están en servicio. Como los niveles de electrolito se mantienen al recombinar los gases, no hay necesidad de agregar agua durante la vida de la batería. Estas baterías son nombradas equivocadamente “Libres de Mantenimiento”. En efecto, todas las prácticas de mantenimiento aplicables a las baterías abiertas se aplican a las baterías selladas, la única excepción es que los niveles de electrolito no se pueden y no tienen la necesidad de ser mantenidos.

Las baterías selladas frecuentemente no se usan para aplicaciones de respaldo por varias razones: una es que el estado de carga de la batería no se puede medir a través de medir la densidad del electrolito. Se están desarrollando métodos confiables para medir el estado de carga. Una segunda razón es su sensibilidad a altas temperaturas.

3.6 OPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

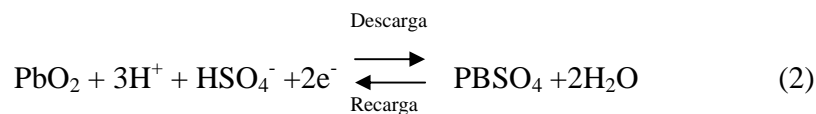
3.6.1 MATERIALES ACTIVOS DE LAS BATERÍAS PLOMO-ÁCIDO

Los materiales activos de una batería son aquellos que participan en la reacción electroquímica de carga y descarga. Estos materiales incluyen el electrolito y los electrodos positivo y negativo. Como se mencionó anteriormente, el electrolito en la batería plomo-ácido es una solución de ácido sulfúrico diluido (H_2SO_4). El electrodo negativo de una batería totalmente cargada esta compuesto de una esponja de plomo (Pb) y la placa positiva esta compuesta de dióxido de plomo (PbO_2).

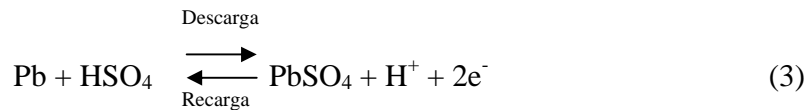
3.6.2 ELECTROQUÍMICA DE LA CELDA PLOMO-ÁCIDO

Todas las baterías plomo-ácido operan con las mismas reacciones fundamentales. En la descarga de la batería, los materiales activos en los electrodos (dióxido de plomo en la positiva y plomo en la negativa), reaccionan con el ácido sulfúrico en el electrolito para formar sulfato de plomo y agua. En la recarga, el sulfato de plomo en ambos electrodos vuelve a transformarse en dióxido de plomo (placa positiva) y plomo (placa negativa) y los iones sulfato (SO_4^{2-}) regresan a la solución de electrolito para formar ácido sulfúrico. Las reacciones envueltas son como sigue:

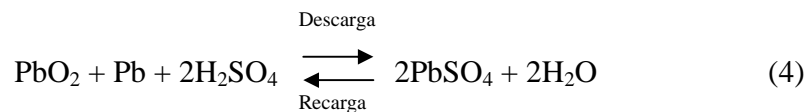
En el electrodo positivo:



En el electrodo negativo:



Para la celda completa:



3.6.3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS POSITIVA Y NEGATIVA

El método más simple de construcción de los electrodos de las baterías plomo-ácido es la placa planté, nombrada así por el inventor de la batería plomo-ácido. Una placa planté es una placa plana compuesta de plomo puro. La capacidad de la batería es proporcional al área de la superficie de los electrodos que está expuesta al electrolito, se emplean varios esquemas para incrementar el área de la superficie de los electrodos por unidad de volumen o peso. La placa planté son acanaladas o perforadas para incrementar su área de superficie.

Una placa planté típica se muestra en la Figura 4.

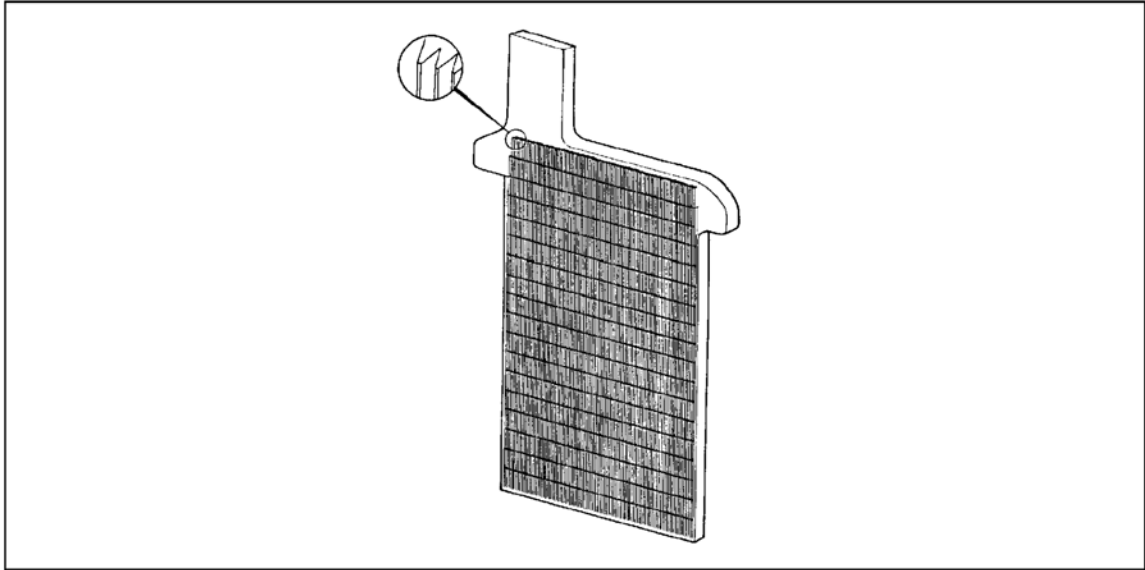


Fig. 4. Placa Planté típica

El método más común usado para incrementar el área de la superficie es hacer el material activo en pasta la cuál actúa como esponja donde el electrolito llena todos los poros. La pasta o material activo se monta en un cuadro o rejilla que mecánicamente lo soporta y le sirve como conductor eléctrico llevando la corriente durante los ciclos de carga y descarga. La placa más comúnmente usada hoy en día es la placa empastada. Esta estructura rejilla de celosía en su sección transversal parece un panal, con la pasta llenando las ventanas rectangulares en la estructura. La Figura 5 muestra la construcción típica de una placa-rejilla empastada. La placa plana es usada como placa negativa.

Los electrodos positivos son usualmente de placas empastadas o tubulares. Los electrodos tubulares son placas positivas populares para aplicaciones de ciclos de descarga profunda. Esta construcción usa un cuadro estructural consistente de una serie de barras verticales conectadas a una barra común. La pasta está contenida en tubos no conductores y micro porosos los cuales se colocan sobre las barras individuales.

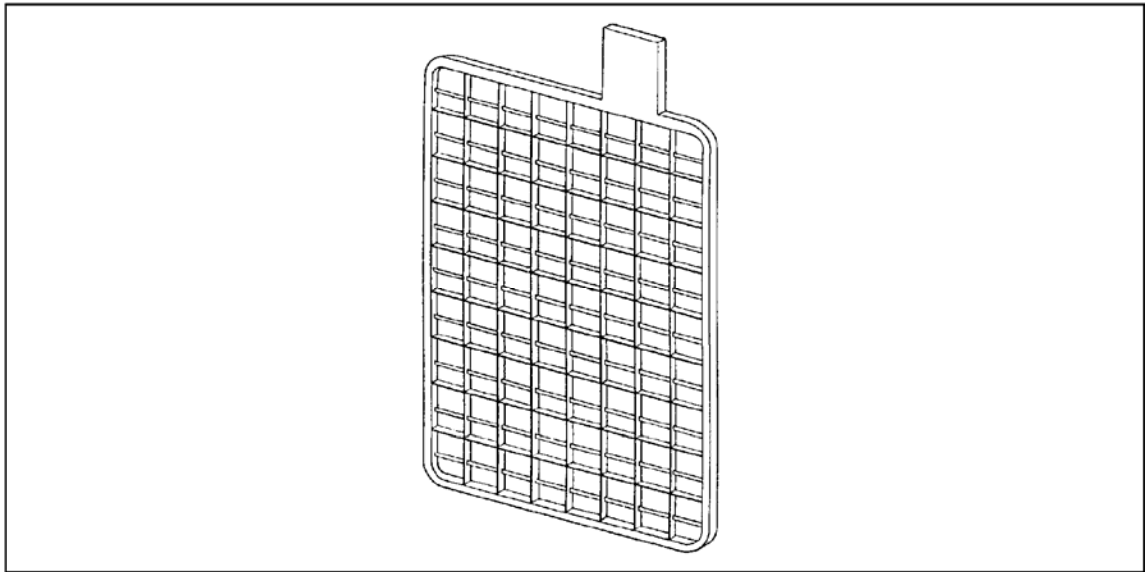


Fig. 5. Construcción típica de una placa de rejilla empastada

Una vista simplificada de la construcción de una placa tubular se muestra en la Figura 6. Sin importar el tipo de placa usada, la capacidad de la batería se incrementa adicionando placas en paralelo.

3.6.4 ALEACIÓN ANTIMONIO/CALCIO/SELENIO/ESTAÑO

La estructura en las placas de las baterías empastadas ó tubulares es hecha de aleación de plomo: Una rejilla de plomo puro no es lo suficientemente fuerte para permanecer vertical por si misma. Se hacen aleaciones con otros metales para endurecer y adicionar propiedades eléctricas. Las aleaciones más comunes son con antimonio, calcio, estaño y selenio.

Las dos aleaciones más frecuentes usadas hoy en día para endurecer la rejilla son el antimonio y el calcio. Las baterías con este tipo de rejillas son llamadas algunas veces baterías “plomo-antimonio” y baterías “plomo-calcio” Se adiciona estaño a las rejillas “plomo-calcio” para mejorar el ciclado. Las más grandes diferencias entre las rejillas plomo-antimonio y plomo-calcio son las siguientes:

1. A las baterías con rejilla plomo-antimonio se le puede dar ciclos de descarga profunda más veces que las de plomo-calcio.
2. Las baterías abiertas de plomo-antimonio necesitan mantenimiento con más frecuencia cuando se encuentra cerca del final de su vida útil ya que incrementan su consumo de agua y requieren cargas periódicas de igualación.

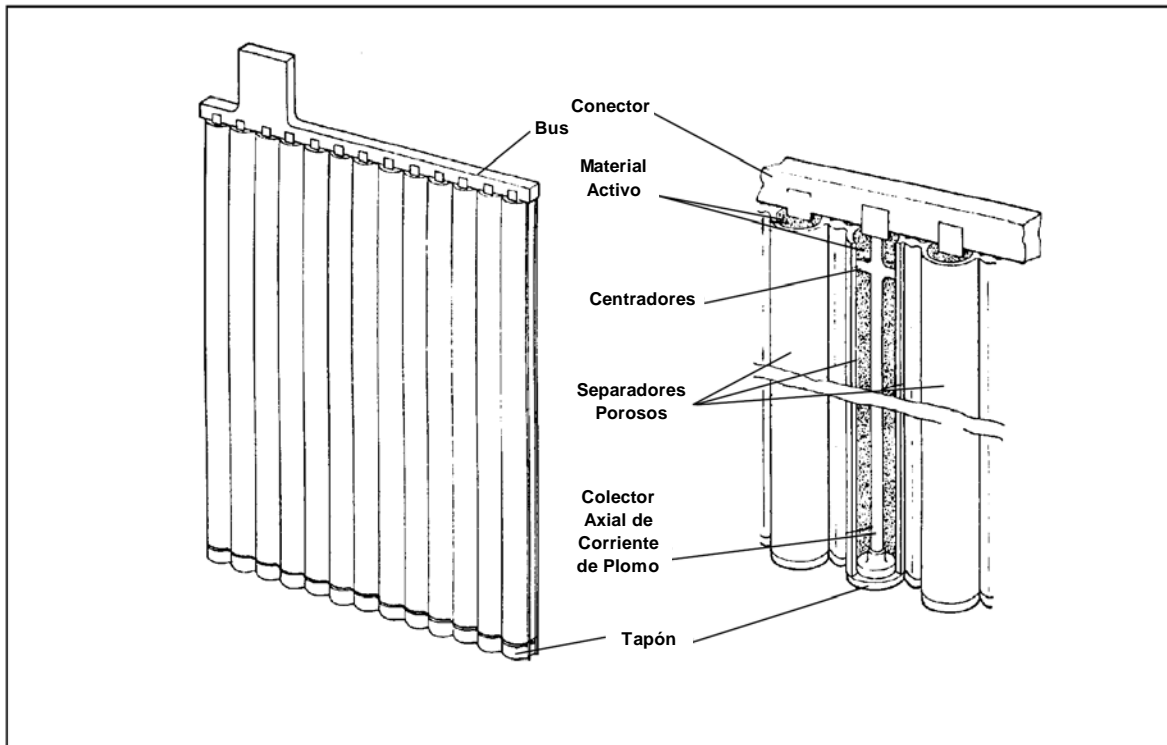


Fig. 7.

3. Las baterías plomo-calcio tienen menores corrientes de auto-descarga como se muestra en la figura 7, por consiguiente, drenara menor corriente cuando se encuentra en carga de flotación que las baterías plomo-antimonio.
4. Las placas positivas de la batería plomo-calcio pueden crecer en longitud y ancho debido a la oxidación de la rejilla en la superficie de los granos. Esta oxidación es causada usualmente por un largo período de sobrecarga el cuál es común en los UPS. Las rejillas pueden crecer de tal manera que causen abombamiento o ruptura de su contenedor.

Otro tipo de aleación de rejilla es plomo-selenio. En realidad la rejilla de esta batería actualmente es una aleación de plomo-antimonio con bajo contenido de selenio. Las características de la batería plomo-selenio caen en medio de las características de las baterías plomo-calcio y plomo-antimonio.

Cuando se mezcla plomo puro con otras aleaciones se pueden dar características no deseadas a las baterías. En la actualidad los fabricantes de baterías tratan de reducir la cantidad de antimonio y calcio introduciendo agentes de dopaje tales como selenio, cadmio, estaño y arsénico. Cuando se cargan las baterías que contienen arsénico y antimonio (especialmente sobrecargadas) gases venenosos como arsine (AsH_3) y stibine (SbH_3) pueden ser liberados. Esto se discute en los párrafos dedicados a la recarga.

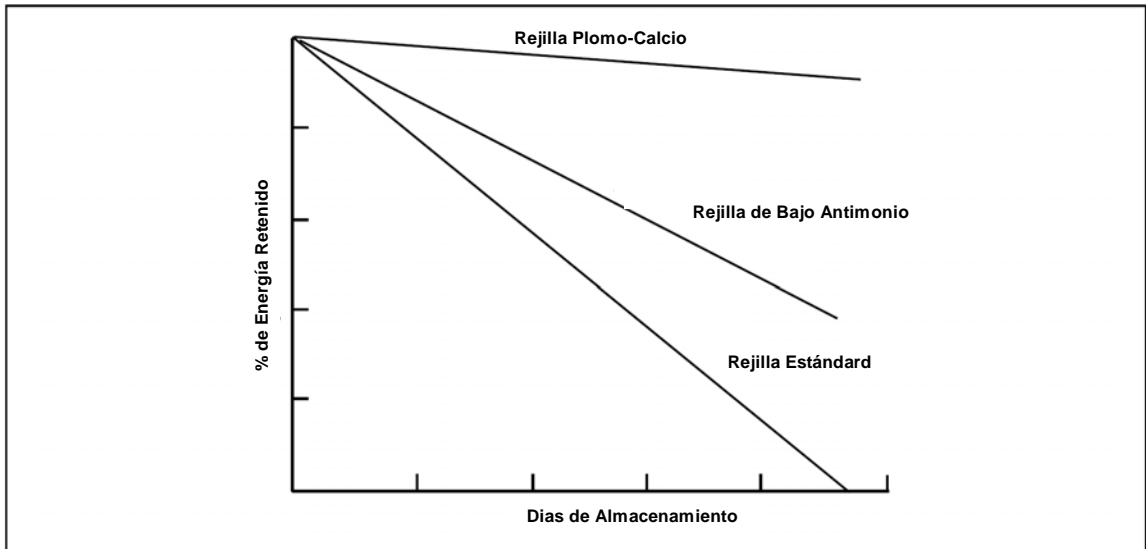


Fig. 7. Rangos de Auto-descarga de tres materiales distintos

3.6.5 DENSIDAD ESPECÍFICA

Uno de los parámetros clave en la operación de las baterías es la densidad específica del electrolito. La densidad específica es la relación del peso de una solución y el volumen que ocupa a una temperatura determinada. La densidad específica es usada como un indicador del estado de carga de una celda ó batería. Sin embargo, la medición de la densidad específica no puede determinar la capacidad de la batería. Durante la descarga, la densidad específica se decrementa linealmente con los amperes-hora de descarga como se indica en la Figura 8.

Por consiguiente, la variación de densidad en la descarga de una batería totalmente cargada hasta su descarga, da una indicación aproximada del estado de carga de la celda. La pendiente descendente de la línea de la densidad específica durante la descarga da aproximadamente la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad específica} = \text{voltaje de la celda en circuito abierto} - 0.845 \quad (5)$$

ó

$$\text{Voltaje de la celda en circuito abierto} = \text{Densidad específica} + 0.845 \quad (6)$$

Las ecuaciones de arriba permiten eléctricamente monitorear la densidad en ocasiones de urgencia como una medición no exacta de la densidad. La medición del voltaje en circuito abierto se usa como una medición de la carga de la batería sellada. Métodos más confiables para determinar el estado de carga de la batería están siendo desarrollados.

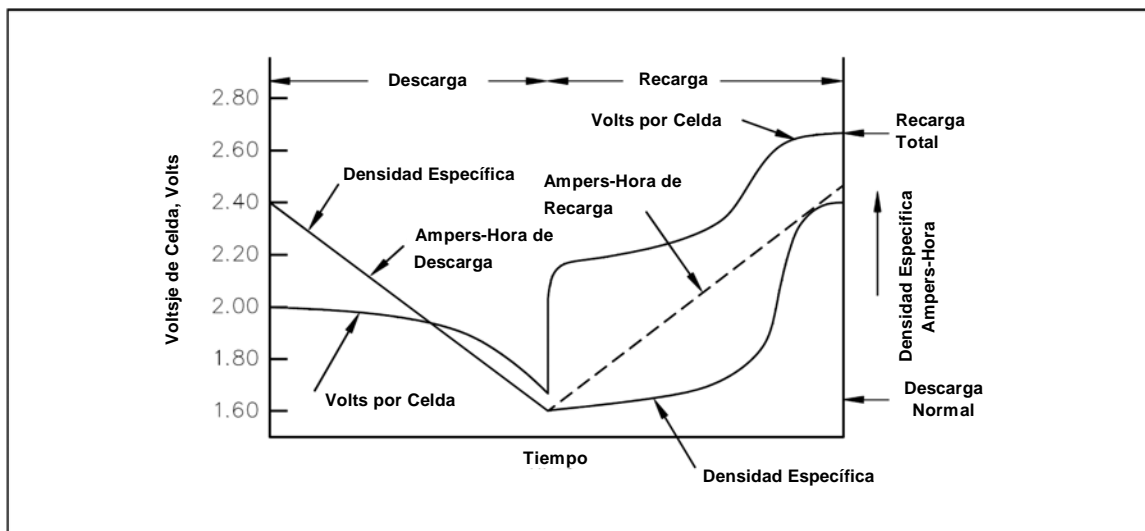


Fig. 8. Cambios en el voltaje y densidad específica durante la recarga y descarga.

La densidad específica del electrolito se decrementa durante la descarga de la batería a un valor cerca del valor de la densidad del agua pura y se incrementa durante la recarga. La batería es considerada totalmente cargada cuando densidad específica alcanza el más alto valor posible.

La densidad específica varía por supuesto con la temperatura y la cantidad de electrolito en una celda. Cuando el electrolito está cerca de la marca de nivel bajo, la densidad específica es mayor de la nominal y se debe adicionar agua para llegar al nivel máximo. El volumen del electrolito se expande cuando sube la temperatura y se contrae cuando baja la temperatura afectando la lectura de la densidad. Por consiguiente la densidad del electrolito disminuye con temperatura alta y aumenta con temperatura baja.

La densidad del electrolito de una batería se determina sobre la base de su aplicación, tomando en cuenta la operación y la vida de la batería. Densidades específicas para ciertas aplicaciones se muestran en la tabla 1:

Densidad Específica	Aplicación
1.300	Batería para descarga profunda como para vehículos de tracción)
1.260	Automotrices
1.250	UPS – Sistemas de reserva con requerimiento de alta corriente de descarga momentánea
1.215	Aplicaciones generales tales como iluminación y aplicaciones de telefonía.

Tabla 1.- Densidad Especifica de Baterías abiertas

En la selección de una batería para determinadas aplicaciones, algunos de los efectos de la alta o baja densidad específica a considerar son:

Alta Densidad	Baja Densidad
Mayor Capacidad	Menor Capacidad
Menor tiempo de Vida	Mayor tiempo de Vida
Menor espacio requerido	Mayor espacio requerido
Altas corrientes de descarga momentáneas	Menores corrientes de descarga momentáneas
Menor adaptabilidad a la operación en flotación	Mayor adaptabilidad a la operación en flotación
Mayores pérdidas en reserva	Menores pérdidas en reserva

Una solución de alta densidad específica es más pesada por unidad de volumen que otra de menor densidad específica. Sin embargo, el electrolito de creado durante la carga se precipitará al fondo del contenedor de la batería creando un gradiente en la densidad específica. La gasificación que ocurre durante la sobrecarga sirve como mezclador y hace que la densidad específica sea uniforme en la celda. Para prevenir lecturas erróneas, la medición de las lecturas de la densidad solo deben tomarse después de una recarga de igualación y su subsecuente recarga de flotación por mucho 72 después. Ver ANSI/IEEE Std 450, *IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing and Replacement of Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations*.

3.6.6 EFECTOS DE LA CORRIENTE DE DESCARGA Y TEMPERATURA EN LA CAPACIDAD Y LA VIDA

La corriente a la cuál una batería es descargada y su temperatura de operación tiene un efecto en su capacidad y vida. Un ejemplo del efecto de la profundidad de descarga en la capacidad de la batería es mostrado en la figura 9. Esta figura muestra que baterías descargadas a una corriente baja podrán entregar una alta capacidad que aquellas descargadas a una corriente alta.

La profundidad de la descarga también afecta la vida de la batería. Como se muestra en la Figura 10, las descargas mas allá del 80% de la capacidad de la batería pueden afectar la vida esperada de la batería.

Las temperaturas de operación frías incrementarán un poco más la vida de las baterías, pero también disminuirá la capacidad de las celdas. Temperaturas altas incrementarán la capacidad de las baterías (ver Fig. 11) pero decrementarán la vida de la batería.

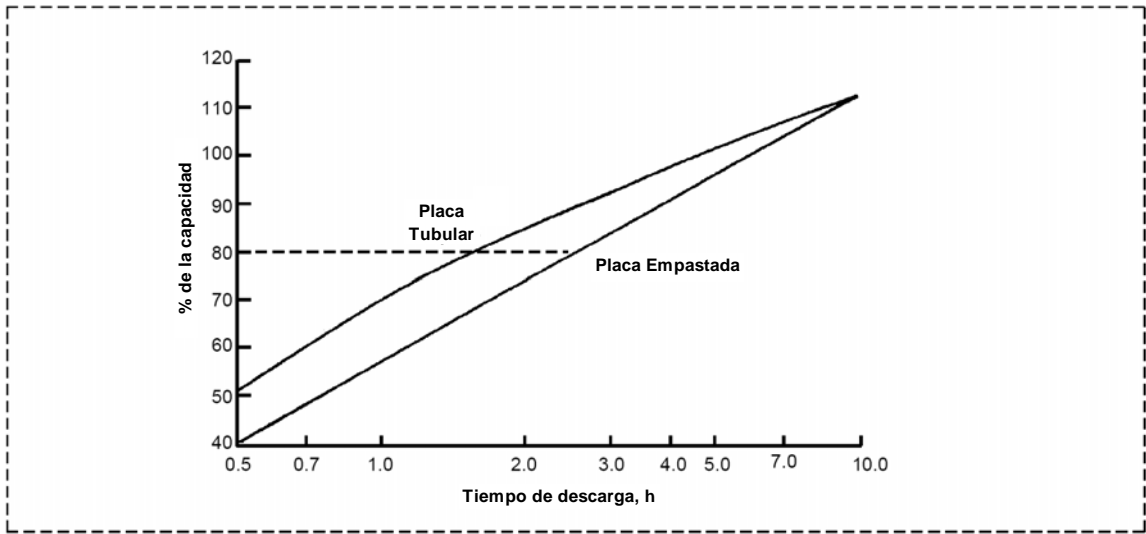


Fig. 9. Efectos del grado de descarga en la capacidad de la batería

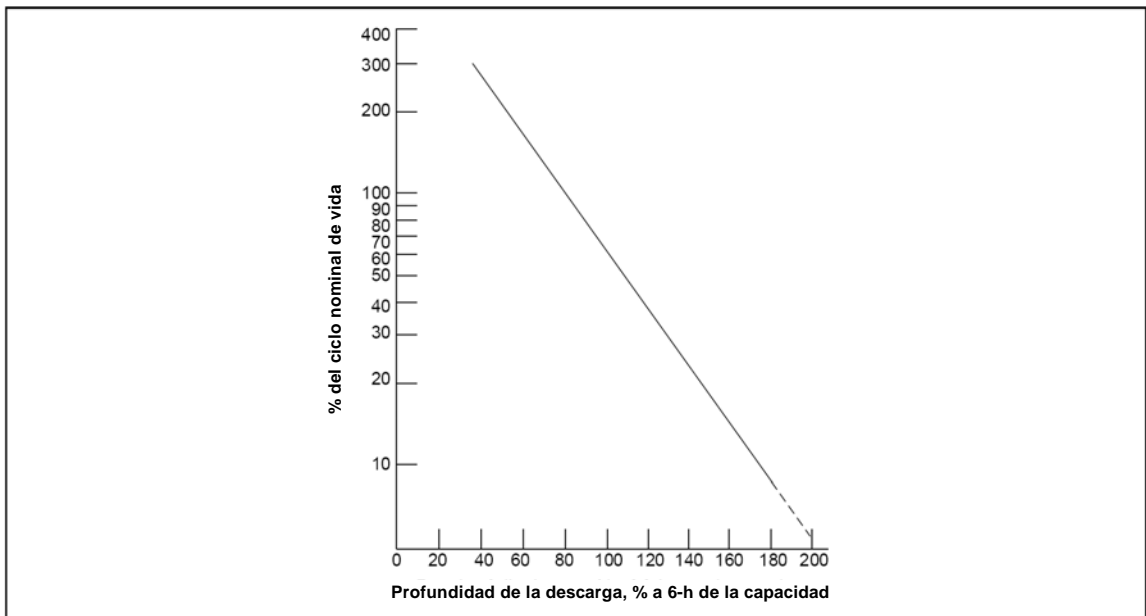


Fig. 10. Efectos típicos de la profundidad de la descarga en la vida de la batería

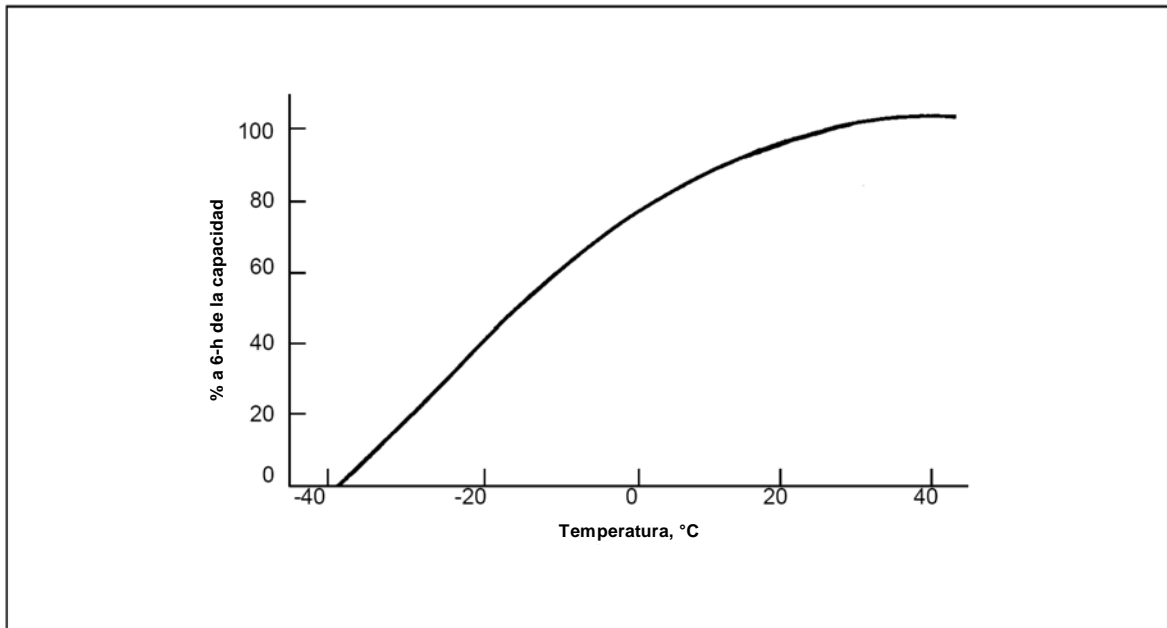


Fig. 11. Efectos típicos de la temperatura de operación en la capacidad de la batería

3.7 APLICACIONES

Hay numerosas aplicaciones para las baterías plomo-ácido. Las aplicaciones varían desde un extremo; para los sistemas usados para las subestaciones de las compañías eléctricas a las relativamente baterías pequeñas usadas en las herramientas de mano. Su uso puede variar entre descargas profundas y frecuentes ciclados, tales como las usadas para vehículos eléctricos, hasta aquellas que permanecen en “flotación” como en una emergencia en sitios de telecomunicaciones y raramente son descargadas.

Por supuesto en estas aplicaciones no se usa el mismo tipo de batería. Restricciones en parámetros tales como la temperatura de operación, capacidad deseada, voltaje y requerimientos de potencia, etc., afectan el tipo de batería a seleccionar.

Se deben tomar todas las consideraciones arriba mencionadas para determinar el *ciclo de servicio*. El ciclo de servicio es el parámetro de operación determinante de una celda incluyendo factores tales como rangos de carga y descarga, profundidad de descarga, duración del ciclo y tiempo en estado de espera. El ciclo de descarga debe conocerse e incluirse en las especificaciones de la batería. El ciclo de servicio seleccionado también determinará el tipo de cargador usado.

Más detalles de la selección de cargadores de baterías y aplicaciones se incluyen en párrafos venideros. Más información de ciclos de servicio se incluye en la sección “Selección y Dimensionamiento”.

Las aplicaciones más grandes para las baterías plomo ácido son arranques, iluminación y automotrices, industriales incluyendo tracción y estacionarias y equipos portátiles pequeños. Una pequeña descripción de cada tipo se incluye abajo junto con ejemplos de uso de cada tipo.

3.7.1 ARRANQUE, ILUMINACIÓN Y ENCENDIDO

Las baterías automotrices son usadas por la mayoría de la gente todos los días y son producidas en grandes números que otro tipo de baterías plomo-ácido. Estas son usadas para arrancar automóviles y otros tipos de motores de combustión interna. Estas no son adecuadas para aplicaciones de descargas profundas pero excelentes para necesidades de alta corriente en un pequeño tiempo.

Ellas usualmente son cargadas en un modo “parcial de flotación”, significa que la batería solo recibe una carga de flotación mientras el vehículo esta en funcionamiento. Un corte transversal de la batería automotriz es mostrada en la Figura 12. Las baterías automotrices usualmente son hechas de placa empastada.

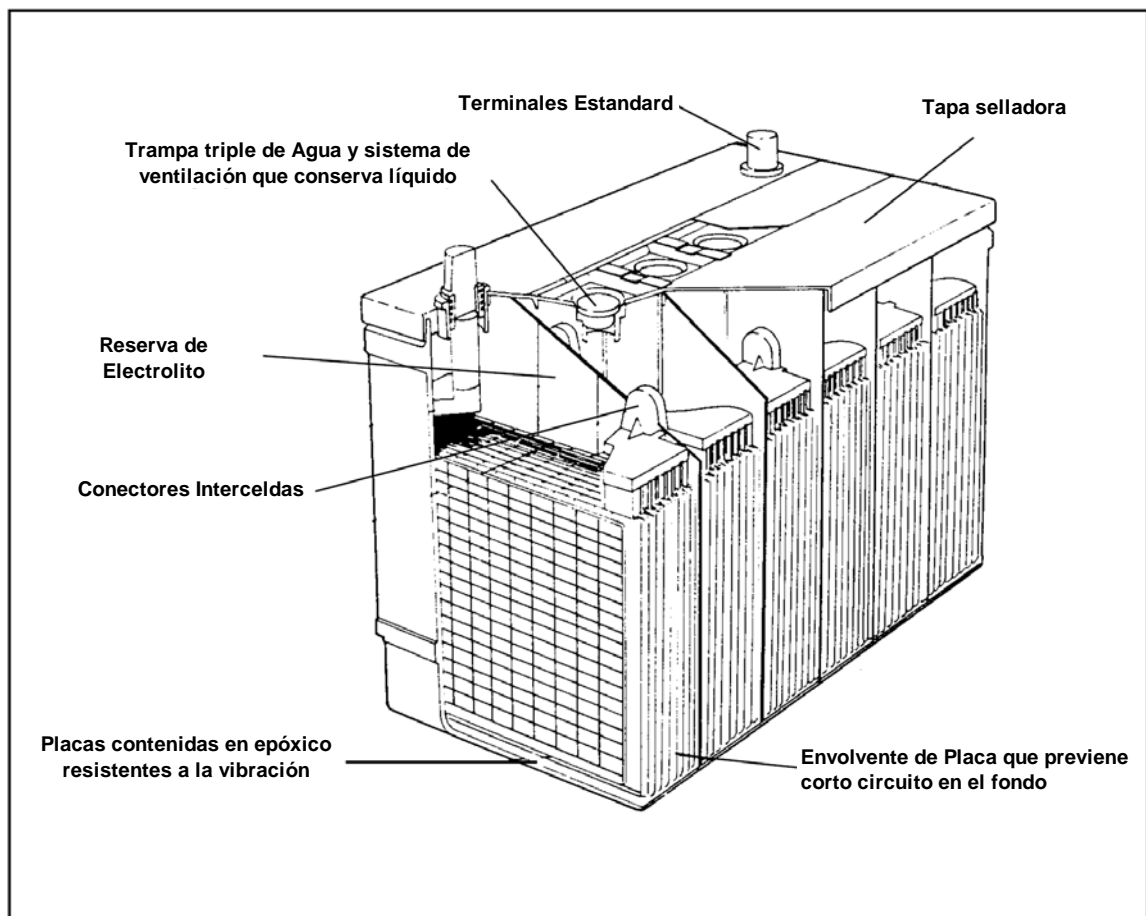


Fig. 12. Corte de una batería típica

3.7.2 INDUSTRIALES

Las baterías industriales generalmente tienen la mayor capacidad de las tres grandes categorías de las baterías plomo-ácido. Las baterías industriales son usadas por vehículos de tracción y aplicaciones estacionarias.

3.7.3 TRACCIÓN

Las Baterías de tracción son usadas para suministrar potencia a vehículos eléctricos ó híbridos. El mayor énfasis en el diseño de estas baterías es la necesidad de una alta capacidad contra peso y volumen ya que los vehículos deben cargar su fuente de poder. Las baterías de tracción son cicladas profundamente y requieren una recarga rápida para ser usadas regularmente dentro de las 24 horas siguientes. Aplicaciones típicas son montacargas y carros eléctricos. Las baterías de tracción son diseñadas con placa tubular la cual tiene un mejor desempeño en ciclos de descarga profunda.

3.7.4 ESTACIONARIAS

Las baterías estacionarias vienen en una gran variedad de diseños para diferentes aplicaciones. Se usan para aplicaciones donde la potencia es necesaria solo en emergencias. Las baterías estacionarias no son descargadas frecuentemente, permaneciendo en una carga de flotación. El uso más frecuente de las baterías estacionarias es para telecomunicaciones, energía de emergencia y UPS. Las placas de las baterías estacionarias son diseñadas en una gran variedad. Un ejemplo de batería estacionaria usada como respaldo de energía es mostrada en la Figura 13.

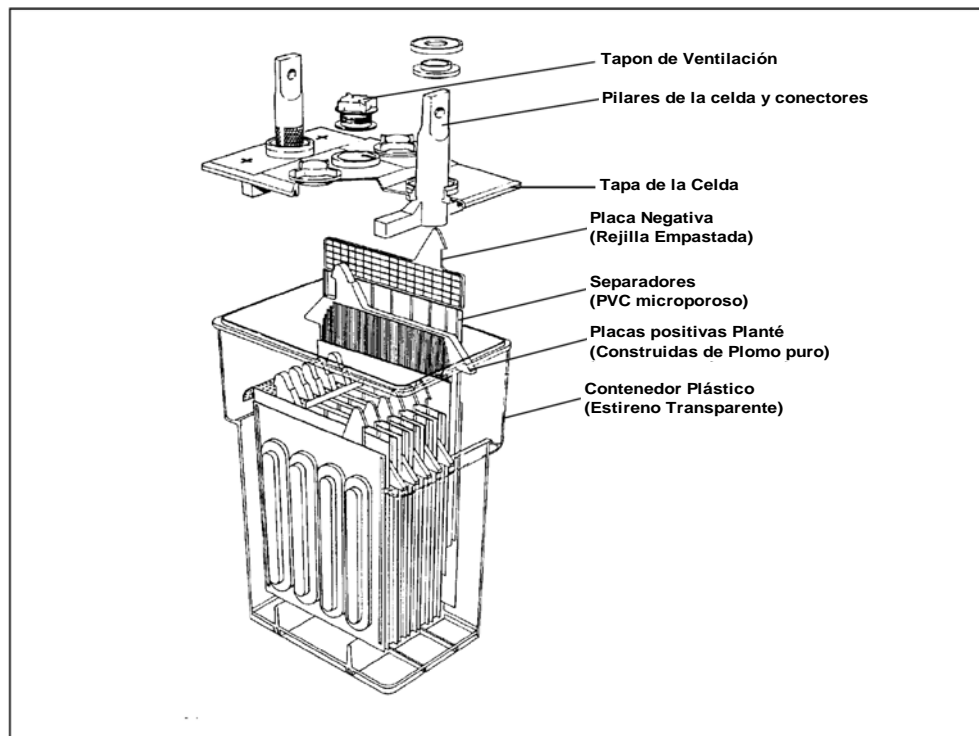


Fig. 13. Batería estacionaria típica

3.7.5 PORTÁTILES

Las baterías plomo-ácido portátiles son usualmente del tipo sellado y construidas generalmente como la de la Figura 14. Su operación no puede ser descrita como cíclica o flotante, pero esta entre las dos. Las baterías en esta categoría pueden ser cicladas profundamente o no usadas por un relativo largo período de tiempo. Aplicaciones típicas son herramientas portátiles, juguetes, luces y luces de emergencia, equipo de radiocomunicación y sistemas de alarma. La mayoría de las baterías portátiles puede ser recargada de 80-90% de su capacidad original en menos de una hora usando un cargador de voltaje constante.

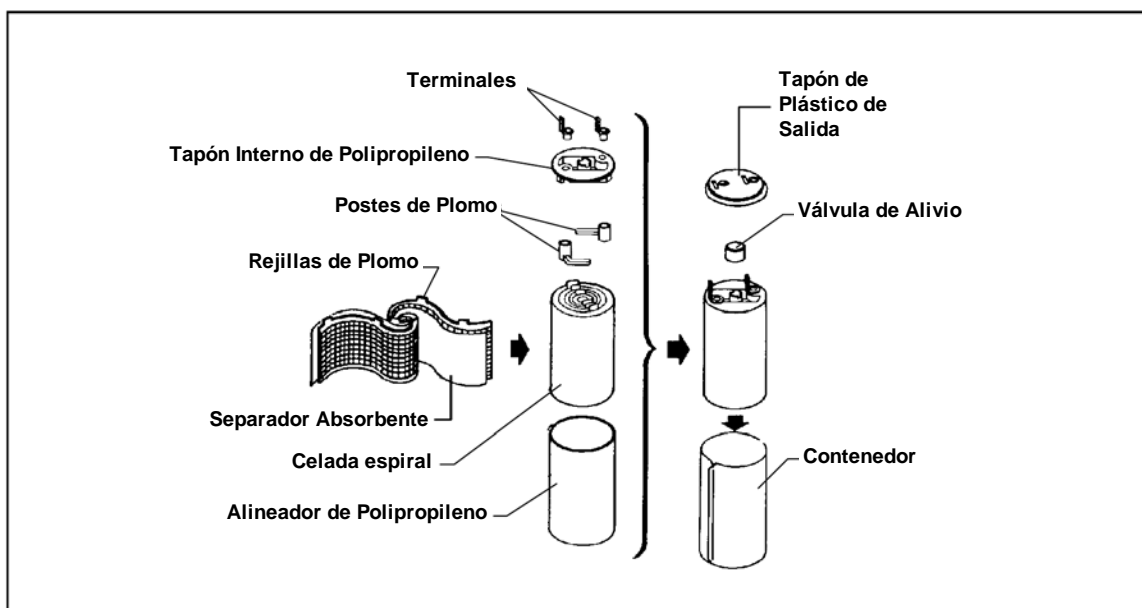


Fig. 14. Componentes de una batería Plomo-Ácido sellada

3.8 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN

El dimensionamiento y selección de las baterías plomo ácido deberá ser de acuerdo a ANSI/IEEE Std 485, *IEEE Recommended Practice for Sizing Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations*. Como se describió anteriormente, el ciclo de servicio es el criterio más importante en el dimensionamiento y selección. ANSI/IEEE Std 485 contiene instrucciones y un ejercicio de ejemplo para determinar el ciclo de servicio. Un diagrama simple de ciclo de servicio se muestra en la Figura 15.

Cada una de las cargas (designada por L_{1-6}) requiere un cierto amperaje para una duración de tiempo específicos. En el ejemplo del ciclo de servicio, aparece una carga aleatoria (L_7) en el minuto 120. La ocurrencia de cargas aleatoria en el ciclo de servicio se cubre también en ANSI/IEEE Std 485. Otros factores de selección recomendados por ANSI/IEEE Std 485 son los siguientes:

1. Características físicas tales como tamaño y peso de las celdas, material del contenedor, ventilación, eslabones de conexión y terminales.
2. Vida esperada de la instalación y vida esperada de la batería
3. Frecuencia y profundidad de la descarga
4. Temperatura ambiente
5. Requerimientos de mantenimiento de los varios diseños de celdas
6. Características sísmicas del diseño de la celda.

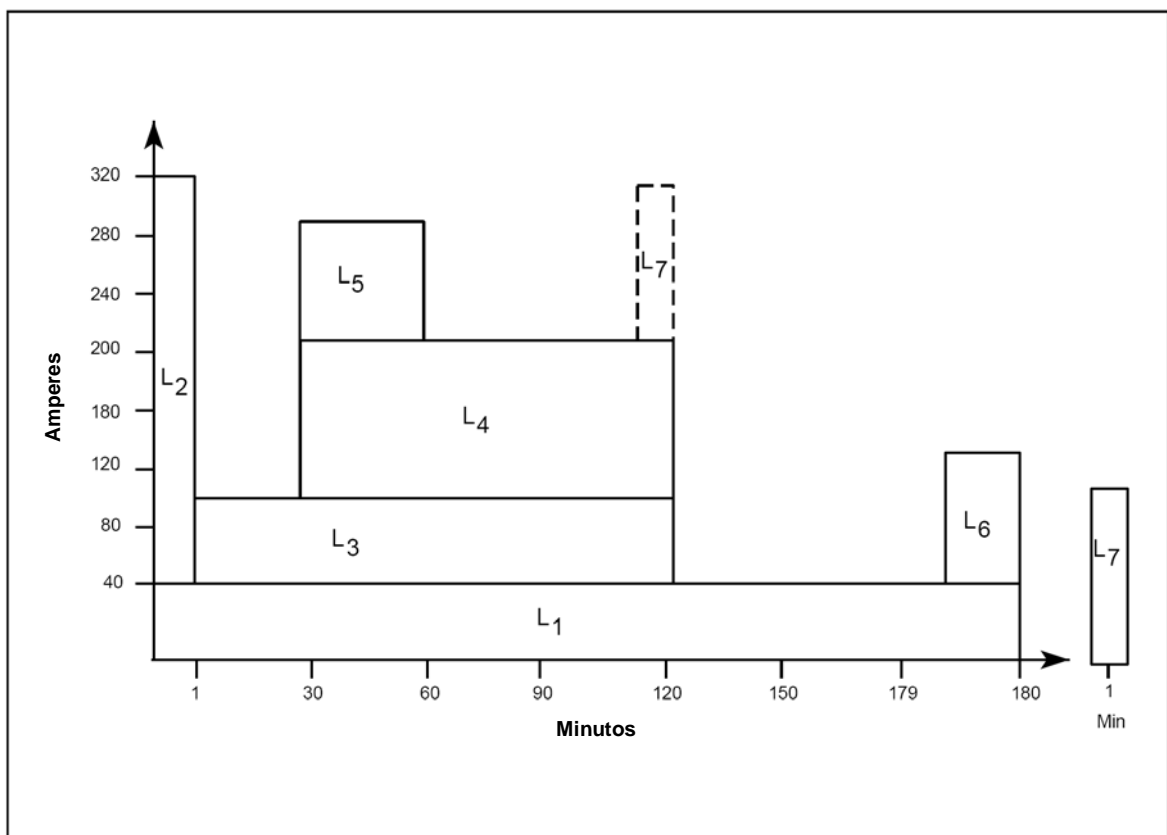


Fig. 15. Diagrama de un ciclo

3.9 MANTENIMIENTO

Un mantenimiento apropiado prolongará la vida de la batería y ayudará a asegurar que es capaz de satisfacer sus requerimientos de diseño. Un buen programa de mantenimiento servirá como una ayuda invaluable para determinar la necesidad de reemplazar la batería. El mantenimiento de la batería debe ser siempre desarrollado por personal capacitado en normas de seguridad de baterías.

La mayoría del siguiente material concierne a las baterías abiertas, sin embargo las baterías llamadas “libres de mantenimiento” y de válvula regulada también requieren de cierto mantenimiento. Estas no requieren la adición de agua o chequeo de la densidad específica, pero requieren limpieza periódica, monitoreo de celdas y la revisión del torque de las tuercas o tornillos de las terminales dependiendo de la importancia de la aplicación.

En general, un buen programa de mantenimiento e inspección debe ser basado en las recomendaciones ANSI/IEEE Std 450, *IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations*. Algunas de las recomendaciones prácticas de esta y otras referencias se presentan en los siguientes párrafos.

Las baterías abiertas pueden funcionar por 10 años ó más si se mantienen apropiadamente. Las seis reglas de un apropiado mantenimiento son:

1. Dimensione el cargador a los requerimientos de la batería.
2. Prevenga la sobre-descarga
3. Mantenga el electrolito al nivel apropiado (agregue agua si se requiere)
4. Mantenga la batería limpia
5. Prevenga sobrecalentamiento
6. Suministre un voltaje de igualación periódicamente para prevenir el debilitamiento de las baterías/celdas.

3.10 DIMENSIONANDO EL CARGADOR A LOS REQUERIMIENTOS DE LA BATERÍA

Una baja recarga es la responsable del acortamiento de la vida de la batería más que alguna otra causa. La carga puede ser acompañada de varios métodos, pero el objetivo es llevar corriente a la batería en sentido opuesto de la descarga. El más importante aspecto es dimensionar el cargador a la aplicación de la batería. Cuando seleccione un cargador, es necesario considerar el tipo de batería, la manera en que la batería será descargada, el tiempo disponible para la recarga, la temperatura más extrema que soportará y el número de celdas de la batería (voltaje de salida). Es importante consultar al fabricante de la batería al momento de la compra para determinar el método apropiado de recarga.

En general, las baterías plomo-ácido pueden ser recargadas a cualquier rango de corriente que produzca gasificación excesiva, sobrecarga ó altas temperaturas. Las baterías descargadas se pueden recargar a alta corriente inicialmente, Sin embargo, una vez que las baterías se acercan a su carga máxima, la corriente se deberá disminuir para reducir la gasificación y evitar la sobrecarga.

Existe una gran variedad de métodos para recargar baterías plomo-ácido, una descripción general de los métodos más comunes son las siguientes:

3.11 CARGADOR DE VOLTAJE CONSTANTE

El cargador de voltaje constante recarga manteniendo el mismo voltaje de entrada de la batería, al mismo nivel durante el proceso de recarga, sin importar el estado de carga de la batería. Los cargadores de voltaje constante suministran inicialmente una corriente alta a la batería debido a que la diferencia de potencial entre el cargador y la batería es grande. Un cargador de voltaje constante puede recargar el 70% de la capacidad de la batería en los primeros 30 minutos. Este cargador es muy usual en aplicaciones de baterías que involucran múltiples escenarios de descarga. Conforme la batería se recarga, su voltaje se incrementa rápidamente. Esto reduce el potencial que provoca la corriente, con un rápido decremento en la corriente de recarga como lo muestra la Figura 16. Como resultado, la batería alcanza una carga parcial rápidamente. La carga completa requiere de una recarga prolongada.

Debido a este comportamiento, los cargadores de voltaje constante son encontrados frecuentemente en aplicaciones que normalmente permiten periodos extendidos de recarga para obtener la capacidad total.

Los cargadores de voltaje constante no deben ser usados donde hay frecuentes ciclados de batería. Repetidas descargas sin regresar la celda a su máxima capacidad eventualmente decrementará la capacidad de la batería y dañar celdas individuales.

Los cargadores de voltaje constante son más usados en diferentes modos: como cargador rápido para retornar un alto porcentaje de la capacidad de la batería en un corto período de tiempo o como cargador de flotación para minimizar los efectos de sobrecarga en baterías que tienen descargas esporádicas como se verá más adelante.

3.12 RECARGA DE FLOTACIÓN

La recarga de flotación es la más común usada en aplicaciones de energía de respaldo y emergencia donde la descarga de la batería es infrecuente. Durante la recarga de flotación, el cargador, batería y carga están conectados en paralelo.

El cargador suministra corriente a la carga durante la operación. En caso de falla de la línea comercial, la batería suministra energía a la carga hasta que la línea comercial es reestablecida. Los cargadores a flotación usualmente son de voltaje constante operando a bajo voltaje. Operar el cargador a bajo voltaje, usualmente menos de 2.4 Voltios/celda mantiene la corriente de carga baja y así minimiza los efectos dañinos de sobrecarga por alta corriente.

Para baterías de válvula regulada, una consideración importante cuando se recargan en flotación es la posibilidad de que ocurra un fenómeno llamado “Calor descontrolado”

(discutido en la sección de definiciones de baterías Plomo-Ácido selladas). La mejor manera de prevenir el calor descontrolado es a través del uso de cargadores con compensación por de temperatura. Un cargador con compensación por temperatura ajusta el voltaje de flotación basado en la temperatura de la batería. Un cargador con compensación por temperatura incrementará la confiabilidad y prolongará la vida de las baterías. Ellos son usados en lugares donde las temperaturas pueden ser significativas arriba de la temperatura ambiente.

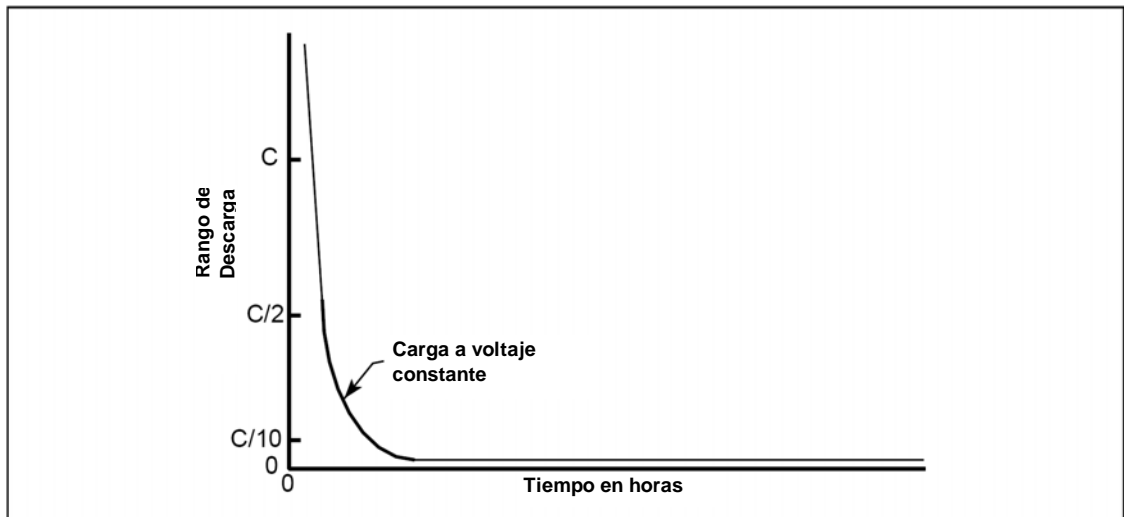


Fig. 16. Recarga Vs. Tiempo de un cargador de voltaje constante

3.13 CARGADOR DE CORRIENTE CONSTANTE

Recarga a corriente constante significa que el cargador suministra a una corriente uniforme, sin importar el estado de carga de la batería o la temperatura. La corriente constante ayuda a eliminar desbalances de celdas y baterías conectadas en serie. Los cargadores de corriente constante son los más apropiados para operaciones cíclicas donde se requiere que la batería dé la carga total. A estos altos grados de recarga se requiere ventilación de los gases. La oxidación de la rejilla positiva ocurrirá a elevadas temperaturas o tiempos extendidos de sobrecarga. Normalmente en la aplicación cíclica se instruye al usuario de sacar la batería del estado de corriente constante dentro de un período de tiempo que permita la carga completa para prevenir oxidación excesiva de la rejilla.

Otro tipo de cargador de corriente constante es el cargador de corriente dividida. Un cargador de corriente dividida aplica una alta corriente inicial a la celda y luego aplica una corriente baja basándose en el tiempo de recarga, voltaje o ambos.

3.14 PREVINIENDO LA SOBRE-DESCARGA

Para obtener la máxima vida de las baterías plomo-ácido, estas deberán ser desconectadas de la carga una vez que se han descargado totalmente. El voltaje final de descarga de una batería plomo-ácido es usualmente 1.75 V, sin embargo, el voltaje final depende en gran medida de la temperatura y la corriente de descarga. Las baterías descargadas a una corriente alta, tienen un voltaje final menor que aquellas descargadas a una corriente baja. Mayores capacidades son obtenidas a altas temperaturas y a bajas corrientes de descarga. El fabricante deberá especificar el voltaje final para varias temperaturas de operación y corrientes de descarga.

La sobre-descarga puede causar dificultades en la recarga de la celda por el incremento de la resistencia interna de la batería. También la sobre-descarga puede causar que el plomo se precipite en el separador y causar un corto circuito en la celda o entre celdas.

3.15 MANTENIENDO LOS NIVELES DE ELECTROLITO.

Durante la operación normal, se pierde agua en una batería plomo-ácido abierta como resultado de la evaporación y la electrolisis (separación del agua en hidrógeno y oxígeno por una corriente eléctrica), los gases obtenidos así escapan a la atmósfera. Con un faradio de sobrecarga, tendremos 18gr de pérdida de agua. La evaporación es una pérdida de agua relativamente pequeña excepto para climas muy calurosos y secos. En una batería totalmente cargada, la electrolisis consume 0.336 cm^3 de agua por amperes-hora de sobrecarga. Una batería de 5000 A-H sobrecargada, un 10% puede perder 16.8 cm^3 de agua ó cerca del 0.3% en cada ciclo. Es importante que el electrolito se mantenga a un nivel apropiado. El electrolito no solo sirve como conductor iónico, es el mayor disipador del calor producido en las placas. Si el electrolito está por debajo del nivel de la placa, el área de la placa tendrá la eficiencia electroquímica suficiente, esto causará una concentración del calor en otras partes de la batería. El chequeo periódico del consumo de agua sirve a groso modo como chequeo de la eficiencia de la recarga y puede informar de un ajuste requerido del cargador.

La pérdida de agua puede ser reducida controlando la sobrecarga y usando dispositivos recombinadores de hidrógeno y oxígeno en cada celda cuando sea posible. El agua deberá ser adicionada al final de la recarga y hasta alcanzar la línea de máximo nivel. La gasificación durante la sobrecarga mezcla el agua con el ácido uniformemente. En climas fríos, no se deberá agregar agua sin que se mezcle ya que se puede congelar antes que la gasificación ocurra. Solamente agua destilada deberá agregarse a las baterías. Aunque agua desmineralizada o agua del grifo se aprueba para algunas baterías, el bajo costo del agua destilada la hacen la mejor selección. Dispositivos automáticos de nivel de agua reducen costos adicionales de mantenimiento. Se debe prevenir el sobrellenado ya que el sobre flujo resultante de electrolito puede causar corrosión excesiva y pérdida de la capacidad de la celda. Aunque el agua destilada ya no se especifica por la mayoría de los fabricantes de baterías, agua de buena calidad, baja en minerales y metales pesados tales como hierro, ayudará a prolongar la vida de la batería.

3.16 LIMPIEZA

Mantener las baterías limpias minimizará la corrosión de los postes conectores y los soportes de acero y prevendrá reparaciones costosas. Las baterías comúnmente levantan polvo seco el cuál puede ser removido fácilmente. El polvo deberá ser removido antes que la humedad lo haga un conductor de corrientes parásitas. La parte superior de la batería puede humedecerse con electrolito si la celda se sobrellena. El ácido en este electrolito no se evapora y debe ser neutralizado lavando la batería con una solución de bicarbonato de sodio y agua caliente, aproximadamente 1Kg de bicarbonato de sodio por 4L de agua. Después de la aplicación de esta solución, el área deberá ser enjuagada con agua.

3.17 PREVINIENDO ALTAS TEMPERATURAS

Una de las condiciones más perjudiciales para la batería es la alta temperatura, particularmente arriba de 55°C debido a los rangos de corrosión, solubilidad de los componentes metálicos y el aumento de la auto-descarga. Una alta temperatura de operación durante los ciclos de servicio requiere una alta recarga de entrada para completar la capacidad total y las pérdidas por auto descarga. La mayoría de la energía de recarga es consumida por la electrolisis debido a la reducción del voltaje de gasificación a alta temperatura. Mientras que el 10% de la sobrecarga mantiene la carga a temperaturas de entre 25°C a 35°C, de 35% al 40% de sobrecarga será requerido para mantener la carga a altas temperaturas de operación (60°C a 70°C). En flotación, las corrientes se incrementan a altas temperaturas, resultando en una vida reducida. Once días en flotación a 75°C es equivalente a 365° días a 25°C. Las baterías usadas en aplicaciones de alta temperatura deben ser llenadas inicialmente con electrolito de menor densidad específica que aquellas usadas en temperaturas normales.

Se debe consultar al fabricante sobre los rangos de temperatura de operación aceptables de sus baterías y los efectos de temperatura asociados. Las baterías Níquel-Cadmio son más apropiadas para aplicaciones de alta temperatura.

3.18 SUMINISTRO DE VOLTAJE DE IGUALACIÓN

Frecuentemente un banco de baterías multicelda puede tener una o más celdas a un voltaje significativamente bajo que las otras celdas del banco. Cuando el banco se descarga, las celdas con voltaje bajo pueden ser sobre descargadas. Como se hizo notar anteriormente, la sobre descarga puede causar suficiente daño en la celda que necesite ser reemplazada. Cuando existe una diferencia entre los voltajes de las celdas en el mismo banco, la aplicación de una recarga de igualación es necesaria para llevar las celdas bajas a un voltaje igual al de las demás.

3.19 SEGURIDAD

Los problemas de seguridad asociados con las baterías plomo-ácido incluyen derramamiento de ácido sulfúrico, explosiones potenciales por la generación de hidrógeno y oxígeno, generación de gases tóxicos como arsine y stibine. Todos estos problemas se pueden manejar satisfactoriamente con las precauciones apropiadas. La correcta ventilación del cuarto, el uso de caretas, delantales y guantes cuando se maneje ácido, es recomendado para prevenir quemaduras químicas del ácido sulfúrico. Lave inmediatamente con agua si el ácido cae en sus ojos, piel o ropa y consiga atención médica cuando se afecten sus ojos. Una solución de bicarbonato de sodio se usa comúnmente para neutralizar cualquier derramamiento accidental. Después de neutralización del área se deberá enjuagar con agua limpia.

Se deben practicar las medidas de precaución rutinariamente para prevenir explosiones de la ignición de la mezcla inflamable de hidrógeno y oxígeno formados durante la sobrecarga de las celdas plomo-ácido. La máxima formación de hidrógeno es 0.42L y de oxígeno es 0.21L por cada amperes-hora de sobrecarga a temperatura y presión normales. La mezcla se hace explosiva cuando el hidrógeno en el aire excede 4% del volumen. Una práctica normal es ajustar dispositivos de seguridad como alarmas a 20 ó 25% de este límite de explosión bajo (Lower Explosive Limit, LEL). Existen detectores de hidrógeno para este propósito.

Con una buena circulación de aire alrededor de la batería, la acumulación de hidrógeno no es un problema, sin embargo, si un relativo gran número de baterías se encuentra en pequeños cuartos, se deberán instalar ventiladores para ventilar el cuarto constantemente ó encenderlos automáticamente cuando la acumulación de hidrógeno exceda el 20% del límite explosivo máximo. Las cajas de Baterías deben también ser ventiladas. Chispas o flamas pueden encender el hidrógeno arriba del nivel LEL. Para prevenir la ignición, Las fuentes eléctricas de arcos, chispas o flama deben ser montadas en cajas a prueba de explosiones. Las baterías abiertas pueden ser instaladas con supresores de flama en las ventilas para prevenir que chispas hacia el exterior de la ignición de gases explosivos dentro de la celda. Es obligatorio no fumar, usar algún tipo de flama o crear chispas alrededor de la batería.

Algunos tipos de batería pueden liberar pequeñas cantidades de gases tóxicos, stibine y arsine. Estas baterías tienen en su placa positiva y negativa pequeñas cantidades de metales como el antimonio y arsénico en la aleación de la rejilla para fortificar la rejilla y reducir la corrosión de la rejilla. Arsine (AsH) y Stibine (SbH) se forman cuando las aleaciones de arsénico y antimonio entran en contacto con el hidrógeno generado durante la sobrecarga de la batería. Estos son extremadamente peligrosos y pueden causar serias enfermedades e incluso la muerte, por esto, la ventilación de la batería es muy importante. La ventilación diseñada para mantener el hidrógeno 20% abajo del LEL (aproximadamente 1% de hidrógeno) también mantiene la stibine y el arsine debajo de sus límites tóxicos.

Lo siguiente es un resumen de las normas de seguridad mínimas que se deben tener y que ayudan a prevenir daños al personal y a las instalaciones:

1. Siga las reglas de seguridad aplicables al sitio en el área de trabajo de las baterías.
2. Antes de iniciar un trabajo deberá obtener un permiso
3. Se debe usar equipo de seguridad tal como guantes resistentes al ácido, delantal, careta y lentes.
4. El electrolito es extremadamente corrosivo y se debe tener extremo cuidado durante su manejo.
5. Use solo herramientas aisladas en el cuarto de baterías.
6. No Fume ni use encendedores, no cause arcos alrededor de las baterías.
7. No se deberá usar objetos metálicos como joyas (anillos, brazaletes, collares) cuando se trabaje con baterías.
8. Use pulseras antiestáticas.
9. Asegúrese que la entrada y salida de la batería no están obstruidas.
10. Verifique la existencia y operabilidad de lavaojos y regaderas en caso de derrame de ácido.
11. Por razones de seguridad, una persona no debe trabajar sola. Por lo menos dos personas deberán trabajar en sistemas eléctricos.

3.20 PRUEBAS

Las baterías deben ser probadas a intervalos regulares para:

- a) Determinar si esta cumple la especificación del fabricante.
- b) Determinar si la batería se encuentra dentro de los límites aceptables
- c) Determinar si la batería cumple con los requerimientos del sistema al que se conecta.

Para una prueba de descarga de baterías aceptable, use la siguiente ecuación para determinar la capacidad de la batería:

$$\% \text{ capacidad a } 25^{\circ}\text{C (77}^{\circ}\text{F)} = T_a/T_s \cdot 100 \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

T_a = Tiempo actual de prueba al voltaje terminal especificado.

T_s = Tiempo especificado por el fabricante a un voltaje terminal especificado.

Nota: Los voltajes terminales deben ser los mismos.

ANSI/IEEE Std 450 recomienda el reemplazo de la batería si la capacidad determinada en la ecuación arriba mencionada es menor del 80% de la capacidad dada por el fabricante.

3.21 ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DESECHO

3.21.1 ALMACENAMIENTO

Las baterías plomo ácido deben ser almacenadas en circuito abierto y con las terminales aisladas. Períodos largos de almacenamiento pueden causar daño permanente. Las baterías deben ser almacenadas en ambiente fresco y seco en posición hacia arriba. Para maximizar el almacenamiento, deberán ser totalmente cargadas. A las baterías que se almacenen por un período largo se les deberá chequear el voltaje a circuito abierto periódicamente y recargarse a intervalos regulares de tiempo.

Una importante consideración durante el almacenamiento es un proceso dañino llamado sulfatación. Como las celdas almacenadas se auto-descargan, los materiales activos en los electrodos convierten el plomo en sulfato igual que cuando se descarga la batería, pero en la auto-descarga, el sulfato de plomo se forma como grandes cristales que tienen el efecto de aislar las partículas del material activo de la rejilla. Desde el momento en que el sulfato ocupa más espacio que el plomo, la placa negativa incrementa su volumen. Si se permite que la celda se sobre-descargue, el sulfato se puede expandir al punto que se separe del plomo y caiga al fondo del contenedor formando sedimentación. El efecto resultante es la pérdida de capacidad y el aumento de la resistencia interna. La sulfatación es normalmente reversible para el sulfato de plomo que aún se encuentre junto a la placa negativa recargando con baja corriente hasta que el sulfato de plomo sea convertido en plomo.

3.21.2 TRANSPORTACIÓN

Las baterías plomo-ácido son clasificadas como materiales peligrosos. Bajo ciertas condiciones un transportador se puede excluir de los requerimientos de transporte si el método de empaque cumple ciertos requisitos de seguridad.

3.21.3 DESECHO

El desecho de las baterías plomo ácido se debe llevar a cabo de acuerdo a normas federales, estatales y municipales. Las baterías plomo ácido deben ser recicladas.

3.22 BATERIA NIQUEL CADMIO

Un equipo de baterías perfecto es aquél que reúne un mínimo mantenimiento con una gran duración y buen servicio. Como en las baterías alcalinas se emplean materiales relativamente costosos, se diseñan cuidadosamente para obtener de ellas una máxima utilización. La instalación de una batería de Níquel-Cadmio, no tiene un mayor coste de inversión que otra batería industrial y desde luego a largo plazo resultará más económica.

Las características propias de las baterías de Níquel-Cadmio, en trabajos específicos las hacen más ventajosas que otras baterías industriales.

3.22.1 PROPIEDADES DE LAS BATERÍAS NÍQUEL-CADMIO

- Larga duración
- Buen comportamiento en descargas fuertes
- Baja autodescarga
- Facultad de aceptar altos regímenes de carga
- Rápida recuperación de la tensión
- Excelente comportamiento en un ancho margen de temperaturas
- Buenas características de servicio en cargas de flotación
- Resistencia a malos tratos tanto mecánicos como eléctricos

3.22.2 DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

Los elementos abiertos, de placas de bolsa, se fabrican en cinco series que están diseñadas para ajustarse a situaciones específicas de funcionamiento y ofrecer diferentes características de rendimiento.

SERIE UHP/UHS.-Elemento de muy alta intensidad de descarga, idóneo en aplicaciones de muy corta duración capaz de producir descarga de hasta C_{20} en 1 segundo. Esta serie utiliza placas de gran superficie que garantiza una gran resistencia mecánica y una mínima resistencia interna; además de poseer una reserva de electrolito consiguiendo un mínimo mantenimiento a lo largo de toda su vida.

SERIE HP/HS.-Elementos de alta intensidad de descarga, idóneos en aplicaciones de corta duración, generalmente inferiores a 15 minutos, en regímenes de descarga entre C_3 y C_7 .

SERIE MP/MS.-Elementos de media intensidad de descarga idóneos para aplicaciones en descargas de duración media, generalmente entre 0,5 y 3 horas a regímenes de descarga de 0,5 a C_3 .

SERIE VP/VS.-, Son elementos especialmente diseñados para aplicaciones cíclicas en las que las baterías están sometidas a frecuentes descargas profundas, seguidas de cargas rápidas. Estos elementos incorporan la exclusiva doble placa positiva.

SERIE LP/LS.-Elementos de baja intensidad de descarga, idóneos para aplicaciones en descargas de larga duración, generalmente superiores a 3 horas, a regímenes de descarga de 0,5 a C_1 .

3.22.3 MONTAJE DEL GRUPO DE PLACAS

Las baterías de Cadmio-Níquel están fabricadas con placas de bolsas, empleando hidrato de níquel para la placa positiva y óxido de cadmio para la placa negativa. A excepción de los elementos de baja capacidad, que se unen mediante soldadura, las placas se atornillan fuertemente a las barras de sus grupos y a los vástagos fabricados de acero dulce. En las baterías la sección es muy amplia, y en los elementos de alto rendimiento, la sección se duplica o triplica para conseguir una intensidad de corriente adecuada. En el caso de los elementos de plástico la solidez de las barras del grupo y los pasadores colaboran para asegurar que el elemento esté constituido rígidamente y no pueda moverse dentro del recipiente y provocar un cortocircuito. La construcción de la doble placa positiva consiste en dos placas delgadas adosadas y unidas a gran presión. El efecto es conseguir doble área de materia activa, y bajar la resistencia interna.

3.22.4 AISLAMIENTO

El aislamiento de los elementos es mediante cantoneras y un separador en forma de varilla o de rejilla que se inserta verticalmente en unos surcos que hay en las placas de los elementos, obteniendo con ellos una resistencia interna muy pequeña. En otros elementos en que la resistencia interior no es crítica se emplean láminas separadoras aislantes perforadas,

3.22.5 ELECTROLITO

El electrolito que se emplea es el hidróxido de potasio con litio añadido, Su función es la de proporcionar una cantidad adecuada de iones y agua para mantener las reacciones entre las dos placas, Por ello no hay un cambio notable en el peso específico de la batería, Es posible diseñar elementos de cadmio-níquel con una gran reserva de electrolito que permita largos períodos sin necesidad de rellenado, En servicio de espera estos períodos pueden ser hasta de ocho años,

3.22.6 RECIPIENTES

Las cinco series de elementos ya reseñados, pueden ofrecerse en recipientes de plástico o en acero. La elección de los recipientes de plástico o acero dependerá de la aplicación de la batería. Se resumen a continuación las ventajas de cada tipo.

3.22.7 PLASTICO

- No les atacan las atmósferas alcalinas.
- Debido a las transparencias del plástico, se puede observar a simple vista el nivel de electrolito.
- Por ser aislantes, pueden montarse satisfactoriamente en bloques zunchados (más compactos).
- Los recipientes son de polipropileno o de poliestireno de alto impacto. El uso de polipropileno aumenta las aplicaciones en las que se pueden usar elementos de plástico.

3.22.8 ACERO

Tienen gran resistencia frente a las vibraciones y choques. Los recipientes están protegidos contra la corrosión mediante un tratamiento de poliuretano y son capaces de trabajar en un ancho margen de temperaturas.

El afijo “p” en la denominación de los elementos indica recipiente de plástico y el sufijo “S” indica recipiente de acero.

3.23 CARACTERÍSTICAS

Las cinco series principales son las siguientes:

Serie LP Y LS

Los elementos LS en recipientes de acero y LP en recipiente de plástico se proyectaron para servicios de flotación donde la batería de las prestaciones siguientes:

- a) Descargas pequeñas con presencia
- b) Descargas profundas poco frecuentes (Alumbrado de emergencia),

Menos costosas que las baterías de cadmio-níquel diseñadas para trabajos en ciclos profundos, los elementos de esta serie poseen, sin embargo, una larga duración en las aplicaciones y servicios para los que se han proyectado,

Los elementos de la serie LP/LS, se emplean en servicios donde las descargas se producen con regímenes de descarga amplios de 1 a 20 horas, Aunque son capaces también de funcionar satisfactoriamente a descargas fuertes, por ejemplo en accionamiento de interruptores, otras consideraciones determinan a menudo la elección del tipo de elemento y cuando se requiere una capacidad de recuperación de la tensión muy alta, que es una de las características fundamentales de los elementos de cadmio-níquel.

Serie VP Y VS

Proyectada primero para tracción y aplicaciones en barcos, la serie VP/VS, lleva placa positiva doble, Esta construcción se ha probado durante varios años para confirmar su duración y características en los trabajos de ciclos,

Como el espacio en los vehículos industriales es un factor muy importante, se puede emplear el elemento tipo VS con 25 mm de electrolito sobre las placas, aunque en este caso y con más temperatura, los rellenos serán más frecuentes, Para aplicaciones de alumbrado de trenes donde el factor mantenimiento es importante, se fabrican elementos con más reserva de líquido. Los elementos VS se utilizan normalmente para descargas entre 1 y 3 horas y característica de tensión se encuentra entre la de la serie LP/LS y la serie MP/MS,

SERIE MP/MS

Recomendadas para media intensidad de descarga, idóneos para aplicaciones en descargas de duración media, generalmente entre 30 minutos y 3 horas. Estos elementos son muy apropiados para períodos medios de alumbrado de emergencia, control de trenes eléctricos y aplicaciones estacionarias.

Los elementos M P van montados en recipientes de plástico de polipropileno, muy resistente a choques y vibraciones y capaz de soportar temperaturas extremas.

Las tapas se construyen también en polipropileno y se emplean modernas técnicas de soldado térmico para sellar tapa y recipiente. Este tipo de recipiente hace posible la utilización de baterías en recipientes de plástico en aplicaciones en las que anteriormente era obligado el empleo de recipientes de acero.

Para aplicaciones en las que se necesita una mayor dureza, los elementos apropiados son los MS en recipientes de acero. Estos están protegidos contra la corrosión mediante un tratamiento especial de poliuretano. Los elementos de acero van en chasis aislantes de madera con construcción robusta.

SERIE HP/HS – UHP/UHS

Los elementos HP/HS están especialmente diseñados para regímenes de elevada intensidad de descarga para períodos de tiempo inferiores a 15 minutos. Estos elementos son especialmente apropiados para arranque de motores, equipos de continuidad y en general para todas aquellas aplicaciones en las que se requiere una fuerte intensidad de descarga durante un corto período de tiempo. Dentro de la SERIE HP/HS, existe otra serie de elementos UHP/UHS, especiales para regímenes de muy elevada intensidad de descarga, durante períodos de tiempo muy cortos. La alta característica de esta serie se consigue por medio de una nueva placa diseñada de tal forma que hay un mayor contacto con la materia activa.

Cuando es necesario combinar las descargas de alta intensidad con ciclos, la mejor solución es elegir un elemento del tipo que se emplea para ciclos, pero con una capacidad mayor que lo que le corresponde.

En este sentido, los elementos, se pueden emplear con más seguridad que otros de otras fabricaciones, debido principalmente a que:

- Los elementos de la serie VP y VS aunque han sido diseñados para regímenes de carga normales, tienen características mejores en los regímenes de 1 minuto a 1 hora que los elementos de otros fabricantes.

- Los elementos de las series UHP/UHS y HP/HS aunque han sido diseñados, principalmente, para servicios de altas intensidades de descarga, pueden usarse en descargas de ciclos, cosa que es difícil de encontrar en elementos de otras fabricaciones. Por lo tanto, son los indicados para arranque de motores móviles donde hay también servicios auxiliares. Igual ocurre en servicios de accionamiento de interruptores. Independientemente del tipo de elemento elegido, existe el riesgo de que la batería pueda descargarse completamente debido a estos servicios auxiliares, y para obtener el máximo rendimiento de la instalación, habrá que estudiar muy bien el conjunto de características.

3.24 FUNCIONAMIENTO

Para que una batería funcione correctamente hay que tener en cuenta:

- a) Forma en que se ha de cargar
- b) Forma en que se ha de descargar.

3.24.1 FLOTACION

El método normal de funcionamiento de las baterías alcalinas en servicio de espera, es en flotación con un equipo de tensión constante. Será necesaria una carga adicional según la relación entre la tensión de flotación y la descarga. Ejemplos típicos son: 'accionamiento de interruptores, iluminación de emergencia, señalización en ferrocarriles, telefónica, comunicaciones, etc.

3.24.2 ELEMENTOS DE ALTA INTENSIDAD

Se emplean estos elementos, para arranque de motores, entre otras muchas aplicaciones. Se deduce de la definición que hemos dado de los tres métodos más comunes de funcionamiento de baterías industriales, que las baterías de alta intensidad normalmente flotan con un rectificador que las mantiene permanentemente cargadas y, que raramente se descargan profundamente.

3.24.3 TRABAJO EN CICLOS

Un ejemplo clásico de trabajo en ciclos, se realiza en baterías de tracción, vehículos eléctricos y carretillas elevadoras eléctricas. Estas baterías descargan diariamente un 80 % de su capacidad, y se recargan por la noche, es decir, un ciclo de carga/descarga por día. Este es un servicio más duro y a pesar de ello se observan duraciones del orden de 4 a 5 años en baterías de plomo y de 8 a 10 años con baterías alcalinas.

3.24.4 CAPACIDAD DE BATERIA

La cantidad de energía eléctrica que puede ser almacenada se mide mediante su estado de carga, en Amperios hora (c), que es el producto aritmético, de la corriente en Amperios, que el elemento puede suministrar, y el tiempo, en horas, que esa corriente se puede mantener, antes de que la tensión del elemento caiga hasta un valor determinado. Elementos de la misma capacidad, pueden ponerse en paralelo, para aumentar la capacidad de la batería.

3.25 METODOS DE CARGA

3.25.1 TENSION CONSTANTE

Este método se utiliza normalmente en la industria, para la carga continuada de baterías mientras exista tensión de red. Este método consiste en aplicar una tensión constante a la batería, mientras que la intensidad de carga irá variando, o reduciéndose a medida que aumente el estado de carga.

3.25.2 CARGA A TENSION CONSTANTE CON LIMITACIÓN DE CORRIENTE

En un cargador a tensión constante la corriente inicial puede ser muy grande. Para optimizar el coste del cargador, normalmente se limita la intensidad inicial. En cualquier caso la pérdida en Amperios-Hora de entrada es pequeña, mientras que la corriente cae rápidamente en este estado. Este es el método más utilizado normalmente.

3.25.3 INTENSIDAD CONSTANTE

Este método consiste en un cargador que sea capaz de mantener una corriente constante a lo largo del período de carga, y es al método más aconsejable para conseguir que la batería se cargue plenamente en un período relativamente corto.

En el caso de un elemento descargado que se carga a intensidad constante de $C/5$ durante 8 horas, el proceso de carga tiene dos estados separados. Inicialmente la tensión de carga irá subiendo gradualmente, hasta que después de 4 1/2 horas aproximadamente se notará una

subida más pronunciada. En este punto el elemento empezará a gasear, y el primer estado se habrá cumplido. Una entrada de O₂ a 90°C se habrá llevado a cabo y aproximadamente el 85 % de la capacidad normal del elemento estará disponible para la descarga.

El segundo estado de carga terminará 3 1/2 horas más tarde. En las dos últimas horas habrá estabilidad de corriente y tensión.

Continuar la carga después de este segundo período no es perjudicial para el elemento, pero la mayor parte de energía se gastará en la electrolisis del agua lo que implicará un mantenimiento innecesario.

3.26 CONDICIONES ESPECIALES DE TRABAJO

A veces se requieren sistemas especiales de carga para afrontar las siguientes necesidades:

- a) Carga rápida.
- b) Mantenimiento muy bajo.
- c) Anulación de gaseo durante la carga.
- d) Estrecho margen de los límites de tensión.

3.26.1 CARGA RAPIDA

En los elementos abiertos la gasificación ocurre solamente en la sobrecarga y esto va asociado con un aumento de la temperatura dentro del elemento, de tal manera que, si hay que anular la gasificación y la pérdida de agua, habrá que reducir la intensidad de carga en la sobrecarga.

La condición de sobrecarga en los elementos abiertos se puede detectar debido a una aguda inflexión en la característica de tensión. Los tres métodos generalmente utilizados para la carga rápida de elementos abiertos son:

3.26.2 CARGA A TENSIÓN CONSTANTE

Con tensiones de cargas altas, de 1.60 V. o más por elemento, la intensidad de salida de la fuente de alimentación limita la carga, pues debido a la baja resistencia de las baterías de Níquel-Cadmio, esta puede demandar hasta 4 veces su capacidad, del cargador. De esta forma se asegura una carga del 100 % rápidamente. La corriente de entrada se regula y reduce automáticamente a medida que el elemento se va cargando. Cargando con estas tensiones altas, es significativa la pérdida de agua, que dependerá de la tensión de carga utilizada.

3.26.3 DOS REGÍMENES DE CARGA

Las baterías se cargan por encima de 1 C hasta que alcancen su punto de inflexión. El cargador, entonces, cambia a una intensidad más baja de carga para completar el proceso de carga sin un consumo excesivo de agua.

3.26.4 MANTENIMIENTO MUY BAJO

La aplicación más usual en este tipo de trabajo es el sistema de alumbrado de emergencia, donde las unidades pueden estar montadas en lugares de difícil mantenimiento. Para reducir el mantenimiento de la batería, esta nunca debe trabajar a plena carga, debido a que cualquier sobrecarga puede causar pérdida de agua. Por lo tanto el sistema más seguro será mantener la batería cargándose en flotación, y estando aproximadamente al 80 % de su capacidad.

3.26.5 ANULACION DE GASES DURANTE LA CARGA

Las condiciones ambientales a menudo requieren, en interés de la seguridad del personal y del equipo, que la presencia de gases de Hidrógeno y Oxígeno sea mínima. Para asegurar estas condiciones, la batería debe trabajar por debajo de los niveles de gaseo o de sobrecarga. El mejor método es hacer que la batería trabaje aproximadamente al 50 % de su capacidad, utilizando un cargador a tensión constante de 1.36 volts por elemento. En estas condiciones, el cargador será capaz de reponer los amperes hora descargados, para garantizar la descarga que se necesita.

La gasificación normalmente tiene lugar durante el segundo estado de carga, pero bajo ciertas condiciones los elementos pueden gasear en cualquier estado de carga.

3.26.6 ESTRECHO MARGEN DE LOS LÍMITES DE TENSION

Hay algunas aplicaciones de baterías, como pueden ser las aplicaciones telefónicas y los sistemas de alumbrado de emergencia, en los que la batería tiene que trabajar en un estrecho margen en los límites de tensión. La batería estará flotando a tensión constante, y habrá que elegir cuidadosamente el número de elementos, considerando el mínimo número que se requiere para dar satisfactoriamente la descarga y el máximo número para conseguir que la batería se mantenga perfectamente cargada. (Sin exceder el límite máximo de tensión especificado).

La tensión de flotación más usual es entre 1.38/1.42 voltios por elemento, aunque una batería trabajando a estas tensiones, necesita cargas periódicas a mayor tensión.

El problema de trabajar con estrechos márgenes de tensión, se puede simplificar utilizando baterías de una capacidad mayor de la que teóricamente se necesita. Si la batería no baja en un estado de carga relativamente bajo (50 %-60 %) la variación entre la tensión de carga y descarga será aproximadamente de 0,16 voltios por elemento, que representa un 15 % entre la tensión de carga y descarga de la batería.

3.26.7 EFECTOS POR VARIACION DE TEMPERATURA

La variación de la temperatura ambiente afectará a dos características de los elementos de cadmio-níquel, lo que requiere tomar en cuenta unas consideraciones para determinar el régimen correcto de carga.

A temperatura ambiente, las pérdidas en circuito abierto de un equipo de Níquel-cadmio, son bajas, y las baterías se pueden dejar durante períodos considerables en aplicaciones estacionarias sin que dé lugar a una autodescarga apreciable.

Si la temperatura ambiente sube, el elemento empezará a autodescargarse, en circuito abierto, y es aconsejable restituir esta pérdida mediante una carga.

Un sistema de carga a tensión constante automáticamente compensará cualquier autodescarga debida a una temperatura superior a la ambiental, pero cargadores a intensidad constante, o con pendiente decreciente, necesitarán una pequeña intensidad de carga aproximadamente de C/300 en C/500 amperes, permanentemente conectados. Esto es solamente necesario, si es esencial al mantener los elementos en un alto nivel de carga.

Con una bajada de temperatura, el elemento de cadmio-níquel es menos capaz de aceptar corriente de carga y es necesario subir la tensión de carga aplicada.

Los factores de corrección a aplicar deben tenerse en cuenta tomando una temperatura ambiente que sea la media entre las temperaturas diurnas y nocturnas.

3.26.8 FUNCIONAMIENTO A TEMPERATURAS ALTAS Y BAJAS

Las características de los elementos de níquel-cadmio, se reducen, cuando trabajan en temperaturas extremas. Esto puede crear problemas de aplicaciones particulares donde las temperaturas extremas tienen un efecto adverso en las baterías con las que estos equipos trabajan. Afortunadamente las características de las baterías de cadmio-níquel son tales, que estos problemas se pueden minimizar debido a un correcto diseño, de tal manera que se obtienen satisfactorias características y seguridad aún en condiciones extremas. A pesar de las dificultades técnicas hay muchas baterías funcionando en lugares en los que la temperatura ambiente se encuentra normalmente por debajo de -50°C o por arriba de 50°C , cumpliendo todas ellas satisfactoriamente las funciones para las que fueron adquiridas. Los factores que favorecen el empleo de las baterías de cadmio-níquel en estas circunstancias son:

- 1) Puesto que el electrolito alcalino no se hiela, no hay peligro de que la batería se estropee por congelarse el electrolito, como ocurre con las baterías de plomo ácido. Esto quiere decir que las baterías pueden ser almacenadas y transportadas con el electrolito en su interior a temperaturas notablemente más bajas de las que soportan normalmente.

- 2) La temperatura del electrolito de una batería que se encuentra en funcionamiento raramente desciende hasta la temperatura del medio ambiente. La misma batería como un eficaz almacén de calor puede favorecer este efecto formando la batería o incluso empleando parte de la propia energía de la batería en mantener una temperatura adecuada.
- 3) Cuando se sabe que la batería ha de permanecer a baja temperatura ambiente, se recomienda electrolito con una densidad de 1,250. Esto mejora el rendimiento y evita los problemas principales del funcionamiento con temperaturas muy bajas.

Funcionando en ambientes con temperaturas elevadas, las características de las baterías normalmente mejoran, aunque esta curva deberá tenerse con reserva cuando se actúe con temperaturas mayores de 30°C, pues el rendimiento en la carga es peor.

A bajas temperaturas, la reducción de la capacidad de la batería no resulta significativa con regímenes bajos de descarga (del orden de $c/50$). Con regímenes mayores (arranque de motores), se deben calcular baterías de mayor tamaño, para compensar no sólo la disminución del rendimiento sino también por los mayores consumos del motor, debido a la mayor densidad del aceite y a la dificultad en la carburación. La curva de la figura 6.2. nos da una indicación aproximada del coeficiente de aumento del tamaño de la batería, para que pueda prestar servicio a diferentes temperaturas. A muy bajas temperaturas, la corriente de arranque es la condición crítica, y determina la capacidad adecuada para suministrar dicha corriente a temperaturas de 0°C. La corriente de lanzamiento determina el tamaño de la batería.

Hay que tener en cuenta, que estas temperaturas son las de las baterías, y no las temperaturas ambientales y, en la práctica, es muy raro que las temperaturas de las baterías sean inferiores a las que se reflejan en la figura. También hay que tener en cuenta que los servicios a temperaturas bajas tienen consecuencias en las características de carga de las baterías. El rendimiento de los elementos de AH, aumentará con temperaturas bajas, necesitándose menos sobrecarga que a temperaturas altas. Estos factores deberán de tenerse en cuenta en el momento de proyectar el sistema de carga más adecuado.

Cuando en las instalaciones hay temperaturas ambientales bajas, es muy importante diferenciar el servicio del mantenimiento. En muchos casos se ha visto que el funcionamiento a temperaturas bajas es algo secundario, cuando lo verdaderamente importante, es el mantenimiento correcto. La diferencia puede ser un factor económico muy importante. Las baterías pueden prestar servicio en lugares donde otros tipos de baterías no han logrado buenas duraciones, o incluso pueden resistir, cuando es seguro el daño para otras baterías.

En los casos en donde el servicio a temperaturas por debajo de cero, va a ser regular y prolongado, los fabricantes de baterías lo tienen en cuenta para fabricar una batería adecuada.

3.26.9 RETENCIÓN DE CARGA

La batería pierde su capacidad después de períodos prolongados a circuito abierto. Contando con que la batería desde un principio está completamente cargada, las experiencias efectuadas demuestran que los elementos disponen del 80 % después de un año y el 75 % después de más de dos años. Sin embargo, a mayores temperaturas aumentan las pérdidas a circuito abierto por lo que es conveniente dar a la batería carga de mantenimiento, si es que la batería tiene que mantenerse completamente cargada.

Con rectificadores especiales, esta operación se efectúa automáticamente eligiendo los valores adecuados con objeto de evitar un consumo innecesario de agua.

El electrolito de los elementos de cadmio-níquel no interviene en la reacción de carga-descarga y solo actúa como conductor de corriente y como medio para la hidrólisis, por este motivo la densidad específica del electrolito no indica el estado de carga.

3.27 INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.27.1 INSTALACION

Las baterías deben instalarse en locales limpios, secos y bien ventilados. Si se instalan en locales cerrados, deben tener una ventilación adecuada para asegurar la dispersión de los gases producidos durante la carga y minimizar la condensación.

Las baterías se suministran con instrucciones completas, de tal manera que el usuario utilice la batería con la máxima eficiencia

3.27.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento adecuado, asegurará el buen funcionamiento de la batería así como su vida. Una buena instalación de la batería, de tal manera que sea fácil el acceso a todos los elementos, simplificará su mantenimiento. Este básicamente consiste en: chequeo del nivel del electrolito, de la tensión por elemento, densidad del electrolito y comprobación de las conexiones eléctricas.

Existen tapones anti-llama, para impedir que, en caso de existencia de llamas, estas se introduzcan dentro del elemento.

Las instrucciones de trabajo y de seguridad de la batería deben colocarse en un lugar cercano a la batería. También debe colocarse un cartel de "Prohibido fumar o producir chispas en la sala de baterías.

CAPITULO IV

ENTREGA – RECEPCION PLANTA DE FUERZA

4.1 ENTREGA RECEPCION PLANTA DE FUERZA

4.1.1 ALCANCE

Este procedimiento esta elaborado para definir las actividades y responsabilidades inherentes en el proceso de la instalación cuyo alcance abarca desde la planeación de la misma hasta la entrega al cliente.

4.1.2 OBJETIVO

Este procedimiento tiene por objetivo asegurar que la instalación de una Planta de Fuerza de C.D. para una central telefónica independiente al tipo de switch (equipo de conmutación) se efectúe de acuerdo a las normas de instalación.

Estas normas garantizan una correcta instalación de las plantas de fuerza para el perfecto desempeño en el suministro de energía de C.D. a la central en cuestión.

4.1.3 RESPONSABILIDADES

Este párrafo define las responsabilidades de cada persona y área cuyas actividades intervienen en cualquier parte del proceso de instalación como se detalla a continuación (en orden del proceso)

4.1.4 INGENIERIA

De confirmar con el cliente (de ser necesario) la lista del equipamiento y aprobación del diagrama eléctrico del sistema con las firmas y comentarios del cliente.

4.1.5 INGENIERO DE PROYECTO

Definir con el cliente la disposición del equipo en el sitio designado (Lay-Out) considerando el crecimiento futuro a capacidad final y la elaboración del cálculo de capacidades en cables, barras y conectores tanto de interconexión interna como externa del equipo.

4.1.6 INSTALACIONES

Establecerá una planeación anticipada en acuerdo con el cliente de todas las actividades desde el inicio del plan hasta su entrega al cliente.

Presentar al cliente una lista del personal de instalación y al responsable del grupo o cuadrilla de la misma. Así como al supervisor responsable de la instalación

Efectuar los trabajos de instalación apegándose a los documentos y dibujos previamente autorizados, así como de seguir las actividades y normatividad que se definen en el presente procedimiento de instalación.

Reportar los avances y desviaciones del programa autorizado de instalación en forma periódica. Y también en el caso de ocurrir un evento importante deberá informar al cliente y al Subgerente de instalación del evento no programado.

Notificar por escrito a la Gerencia de Calidad con la anticipación debida el día y hora de la inspección física y eléctrica. Así como también la notificación de las pruebas del equipo para la entrega al cliente y de la instalación. (Solo en caso de que esta haya sido requerida).

Coordinar con la Gerencia de Servicios las pruebas eléctricas de la Planta de Fuerza, así como de llevar a cabo el protocolo de pruebas efectuadas.

Entregar oficialmente los trabajos de instalación y la Planta de Fuerza (si aplicara) así como los manuales de operación e información adicional. Y obtener de conformidad dichos trabajos.

4.1.7. GERENCIA DE CALIDAD

Asignar inspectores para calificar la inspección física y eléctrica del equipo e instalación así como de verificar que se corrijan las desviaciones presentadas.

4.1.8 GERENCIA DE SERVICIOS

Asignar a los Ingenieros de campos para efectuar las pruebas eléctricas del equipo y reportar desviaciones para ser corregidas.

Elaborar un protocolo de pruebas eléctricas las cuales demuestren que el equipo se desempeña de acuerdo a su especificación.

4.1.9 DOCUMENTACION

Antes de iniciar la instalación de deberá contar como mínimo, con la siguiente documentación previamente autorizada

- Lista de equipamiento y partes (Abastecimiento)
- Diagrama eléctrico de interconexión de equipo.
- Dibujo de colocación de bastidores y baterías (Lay-out)
- Plano del sitio de la instalación incluyendo los centros de carga y/o componentes suministrados por el cliente así como de las trayectorias del cableado de C.A y C.D en el edificio.
- Documento que certifique cual es la conexión de tierras del cliente al cual deberán conectar los equipos de la Planta de Fuerza y si se deberán independizar tierra de C.A de la tierra C.D o positivo de batería o de alguna especificación del fabricante del equipo.
- Especificaciones de los tableros o centros de carga proporcionados por el cliente de los cuales se interconecta la Planta de Fuerza y que son responsabilidad del cliente.
- Documento que certifique (si se aplicara) que las trincheras o canalizaciones serán dispuestas de acuerdo a los planos de localización del equipo
- Diagrama de interconexión física a bloques donde se indican los calibres utilizados internos y externos a la planta.
- Cálculo de calibre a utilizar en la conexión de la Planta a las baterías y entre hileras de baterías.

4.1.10 DOCUMENTACION PARA EL CLIENTE

Al momento de la entrega del equipo e instalación se entregara la siguiente documentación al cliente.

- Manual de operación y mantenimiento que incluye
 - o Especificación General
 - o Hoja de dimensiones (Lay-Out)
 - o Diagrama eléctrico General
 - o Dibujo interconexiones internas y externas
 - o Lista de equipamiento
 - o Lista de refacciones
 - o Normas de seguridad
 - o Descripción de funcionamiento general.
 - o Protocolo de prueba
 - o Directorio de servicios

4.2 NORMAS DE SEGURIDAD

Par trabajar con equipo eléctrico se deben de tomar medidas estrictas de protección para garantizar la “seguridad” de las personas y los bienes.

Por lo que las siguientes normas de seguridad se deben aplicar en la instalación, prueba, mantenimiento y reparación de las Plantas de Fuerza de C.D. en una central telefónica.

Ponerse en contacto con el jefe de la central local antes de iniciar cualquier trabajo. Informar a las personas que se encuentren cerca o que se relacionen con otros trabajos en el mismo equipo cuya tensión de voltaje afecte.

Los riesgos de los accidentes pueden reducirse notablemente y la confiabilidad se aumenta si las salas de fuerza de C.D tienen libre acceso y sin estorbos o partes en los pasillos

Las herramientas y posiciones de trabajo deberán estar correctamente aisladas y protegidas contra cortos eléctricos antes de efectuar los trabajos.

No trabajar nunca solo en las salas de fuerza. Nunca se debe dejar trabajando el equipo que no cuente con protección eléctrica sin vigilancia.

El personal de instalación deberá asegurarse de no usar anillos, pulseras, relojes o partes metálicas que puedan causar cortos circuitos eléctricos en el equipo.

Si existiera algún riesgo por la cercanía de partes metálicas de provocar un corto circuito con la herramienta esta deberá aislarse así como también las partes metálicas expuestas.

Antes de iniciar los trabajos deberá verificarse que el equipo no este energizado, breakers, fusibles, cuchillas, etc. que alimentan el equipo deberán estar apagadas.

La ausencia de energía debe verificarse con un vóltmetro.

Para el manejo de baterías abiertas con el manejo de electrolito deberán seguirse las normas del “manejo de banco de baterías abiertas”.

Cualquier tipo de baterías (incluso las baterías selladas de mantenimiento reducido) sometidas a cargas generan gases que pueden ser explosivos o provocar incendios. Por lo que esta prohibido fumar dentro de las salas de fuerza con baterías.

Las baterías son elementos con una alta capacidad en el caso de un corto circuito. Un corto circuito entre terminales puede causar quemaduras peligrosas o explosión en celdas de baterías.

Por esto no deberán ponerse o recargar herramientas, partes metálicas sobre las baterías, sobre los cables ni en terminales de las mismas.

Notificar al responsable local de la central cuando se hayan terminado los trabajos en la misma.

Dejar números telefónicos de servicio para consulta o solicitud de auxilio en caso de que surja un problema posterior a los trabajos efectuados en la central.

4.3 HERRAMIENTAS DE TRABAJO

El personal de instalación es responsable de seleccionar la herramienta que utilizara en sus trabajos teniendo en consideración las siguientes reglas.

Deberá incluir todas las herramientas necesarias. Ningún tipo de herramienta deberá sustituirse o reemplazarse por otra. Por lo que en caso de no contar con elle deberá solicitarse con la premura necesaria hasta conseguirla y continuar con los trabajos.

Esta prohibido improvisar herramientas en sitio. Las herramientas están diseñadas para una aplicación que no se debe forzar o excederse en su uso.

La herramienta a utilizar en los conectores independientemente de su forma o tamaño están calculadas para una aplicación con la presión correcta, por lo que está herramienta deberá ser la exacta solicitada por el fabricante de los conectores y realizar de acuerdo a sus indicaciones.

Los cables que manejan potencia en C.A o C.D deberán ser (a menos que el cliente especifique otra cosa) conectores de compresión con doble ojillo. La potencia en C.D o C.A es de calibre 6 en adelante con una corriente de 25 amps en adelante.

Para corrientes entre 5 y 25 amps se recomienda zapatas de compresión sencilla de uno o dos ojillos. Las zapatas comprenden un rango de calibres especificadas por el fabricante que se debe respetar ejemplo: YA6C-2TC38 Cal 6 doble ojillo, cañón largo doble compresión.



El desforre de las puntas de los cables deberán tener la longitud del cañón del conector más 3 milímetros y se deberá asegurar que el cable sin forro tope hasta el fondo del cañón, que ningún filamento quede fuera, no es válido colocar dos cables en un conector o cortar filamento para conector menor. Cuando el forro del cable no cubra los filamentos y estos estén expuestos a la vista deberá colocarse un termocontractil de al menos dos veces el largo del cañón. (Ver tabla 1)

Para obtener una compresión de calidad y con un alto grado de efectividad se debe utilizar la prensa hidráulica modelo Y750-2 de la marca Burndy con cabezal giratoria es una herramienta de compresión hidráulica de boca ancha (42 mm), opera manualmente para todas las aplicaciones de compresión. La herramienta pesa 7.2 kgs y suministra 12 toneladas de presión. Esta acepta las matrices de la serie U que va de conductores cal 12 al 750 MCM.



FORMA DE USO

Insertar las matrices en la herramienta, colocando el conector aplicar en el cabezal operando la palanca de la bomba, hasta que el pistón avance. El conector debe permanecer firme en su lugar.

La bomba tiene 2 velocidades que avanza hasta hacer contacto con el conector. En forma automática se selecciona el avance adecuado a la compresión.

Los conjuntos de matrices dados en forma de U son dos mitades idénticas, cada cual se instala en la posición superior, cabezal, inferior o en pistón.

Insertar cable manteniendo oprimida la palanca de la bomba hasta que este integrada en la válvula de escape actúe en forma automática.

Tabla 1 Cédula de conectores doble ojillo cañón largo

Calibre del conductor AWG	N° Catálogo	Código Color	Código dado grabado	Hta. Hidráulica y N° de comp. Y750-2 y 48C	Kit de montaje con tornillera de broca al silicio		Funda termocontráctil
					Un ojillo	Doble ojillo	
8 Y 6 SOL	YA8C-2TC38	Rojo	49	U8CRT-2	TMH267	TMH267	HSC14FR
6 29.53	YA6C-2TC38	Azul	7	U5CRT-2	TMH267	TMH267 71	HSC38FR50, 25, 100 699.52
4	YA4C-2TC38	Gris	8	U4CRT-2	TMH267	TMH267	HSC38FR
2 SOL.	YA3C-2TC38	Blanco	9	U3CRT-2	TMH267	TMH268	HSC38FR
2	YA2C-2TC38	Café	10	U2CRT-2	TMH267	TMH268	HSC12FR
1	YA1C-2TC38	Verde	11	U1CRT-2	TMH267	TMH268	HSC12FR
1/0	YA25-2TC38	Rosa	12	U25RT-2	TMH267	TMH268	HSC34FR
2/0	YA26-2TC38	Negro	13	U26RT-2	TMH267	TMH268	HSC34FR
3/0	YA27-STC38	Naranja	14	U27RT-2	TMH267	TMH268	HSC34FR
4/0	YA28-2TC38	Púrpura	15	U28RT-2	TMH267	TMH268	HSC100FR
250 MCM	YA29-2TC38	Amarillo	16	U29RT-2	TMH267	TMH268	HSC100FR
300 MCM	YA30-2TC38	Blanco	17	U30RT-4	TMH267	TMH268	HSC100FR
350 MCM	YA31-2TC38	Rojo	18	U31RT-4	TMH267	TMH268	HSC100FR
400 MCM	YA32-2TC38	Azul	19	U32RT-4	TMH267	TMH268	HSC112FR
500 MCM	YA34-2TC38	Café	20	U34RT-4	TMH268	TMH269	HSC112FR
600 MCM	YA36-2TC38	Verde	22	U36RT-4	TMH268	TMH269	HSC112FR
750 MCM 200.3	YA39-2TC38	Negro	24	U39RT-4	TMH268	TMH269 80.65	TSC112,100,25.50 2045.74

Notas: El cabezal Y4BC requiere para su uso del siguiente equipo adicional:

- a) Adaptador PUADP-1
- b) Manguera hidráulica PT29900
- c) Bomba hidráulica manual HP10
 - Pedal FP10
 - Eléctrico EPP10
 - Gasolina Gp10

El kit de tornillería contiene 2 tornillos, 2 tuercas, 2 rondanas de presión y 4 rondanas planas para barra de cobre de 14" de espesor.

Todas las terminales son de compresión de barril largo para tornillo de 38" y 1" entre centros.

4.4 PREPARACION

El jefe de cuadrilla de instalación deberá identificar cada bastidor y componente del sistema de tal manera que complete la lista del equipamiento, el dibujo de disposición de equipo (Lay-Out) y el dibujo de interconexiones internas y externas

El jefe de cuadrilla de instalación deberá identificar cada cableado y barra colectoras de interconexión del equipo así como su posición en el armado de la misma

Las barras colectoras de cobre deben estar limpias y libres de rebabas. A las conexiones entre barras se deberá aplicar el compuesto Penetrox de Burndy para uniones cobre-cobre



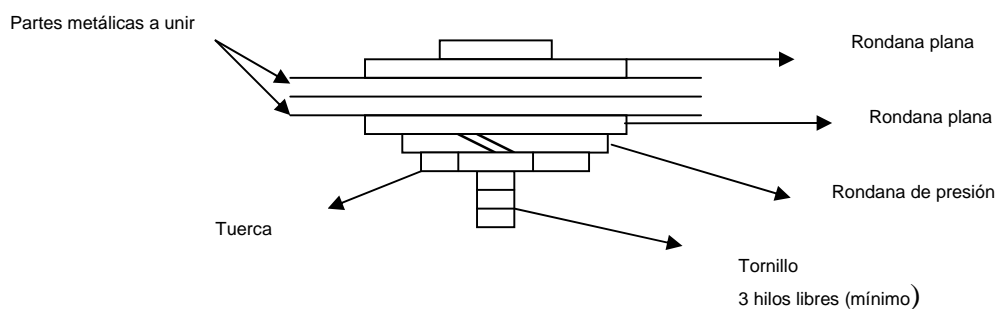
El jefe de cuadrilla de instalación deberá verificar que cuenta con todo el material (tornillería) necesario, así como también herrajes, birlos, etc.

El montaje de las barras colectoras y entre bastidores deberá hacerse con tornillería de SAE grado 5, y deberá verificarse el torque adecuado que se especifica en la tabla 2.

Todas las rondanas deberán tener el grueso adecuado a la aplicación de tal manera que distribuya la presión en forma homogénea. Una rondana en la aplicación adecuada se puede verificar si está no se deformó cuando se instalo con el toque aplicado a la misma.

La rondana deberá cubrir la perforación en donde se le aplica, dejando una superficie de contacto de la rondana alrededor del barreno.

Todos los tornillos empleados deberán sobresalir con al menos 3 cuerdas libres, estos deberán tener una rondana plana en cada extremo de las paredes a unir más una rondana de presión de dimensiones adecuadas para evitarse perder la presión al sobrevenir dilataciones y contracciones por temperaturas extremas. Se deberá aplicar la presión adecuada según la tabla 2.



Díámetro Tornillo	Material Acero B/C	SAE Grado 5
	Ib/pulg	LB/PIE
1/4 “	90	9
5/16”	139	18
3/8”	232	31
1/2 “	465	75

Nota: Toda la tornillería deberá tener acabado tropicalizado para evitar deterioro y afloje en uniones por corrosión.

Tabla 2 Torques recomendados

4.5 COLOCACION EN SITIO

Antes de iniciar el trabajo se debe verificar que la sala de fuerza cumpla con los siguientes requisitos mínimos.

- Debe ser un cuarto terminado y con puertas y ventanas que impidan la entrada de polvo o tierra al interior.
- Obra civil completa y terminada
- El espacio asignado para la Planta de Fuerza de C.D y baterías debe estar disponible y libre de obstáculos que impidan la colocación del equipo así como las áreas de trabajo requeridos para la instalación.

- La sala de fuerza debe contar con iluminación y contacto toma corriente accesible a distancia prudente.
- Los centros de carga, tableros, interruptores, etc. cuya responsabilidad de suministro es del cliente deberán estar disponibles y con los modelos y capacidades de acuerdo a la información suministrada por ellos en sus planos.

4.6 MANIOBRAS

El supervisor de instalación verificara que las maniobras para trasladar el equipo de fuerza y baterías al sitio de instalación se efectúe con seguridad, contando con lo medios de transporte adecuados tales como montacargas, patín hidráulico, etc. siempre considerando la seguridad del personal y de lo bienes.

En caso de no existir condiciones seguras para efectuar las maniobras correspondientes se deberá notificar por escrito al personal responsable de la central y/o al cliente, para que esté tome las medidas necesarias para su solución

Desembalaje y desempaque. Esto deberá proceder hasta tener la seguridad que no hay impedimentos para iniciar la instalación inmediatamente. Al desempacar el equipo este se deberá revisar cuidando que no haya sido dañado durante el transporte. De ser así se reportará al responsable del equipo y al Gerente de Instalaciones

Deberá proceder a colocar los bastidores y componentes en el sitio designado por el usuario de acuerdo al dibujo autorizado por el cliente. Considerando las canalizaciones o trincheras y en forma exacta a su dibujo. De preferencia presentar el equipo de acuerdo al diagrama de ubicación proporcionado por el cliente trazando líneas en el piso (con gis o similar) para la ubicación física del equipo de acuerdo a plano. Colocar los bastidores de acuerdo a dichas marcas.

Nivelación entre bastidores utilizando un plomo de tal manera que todos ellos estén verticales y alineados. Cada bastidor cuenta con tornillos de nivelación. Cada bastidor o componente deberá ser anclado de acuerdo a la información proporcionada por Ingeniería tanto al piso como entre bastidores. Para esto se deben utilizar taquetes expansores.

Deberá proceder a colocar las barras de cobre en su posición de acuerdo a la información proporcionada por el área de Ingeniería. Verificando que se utilice el material correcto para cada lugar.

4.7 INTERCONEXIONES

El supervisor deberá indicar y verificar lo siguiente en todas las conexiones internas y externas a la Planta de Fuerza:

- Identificar las terminales de acuerdo a los planos eléctrico y físico proporcionado por ingeniería.
- Colocar solamente un cable por posición. Pueden colocarse dos cables espalda por espalda (back to back) en las barras de cobre únicamente si el material empleado tiene la capacidad mecánica de su conexión y si su destino es diferente al otro cable.

Aplicación de conector a barra:

- Verificar que la superficie a unir este limpia y sin rebabas.
- Lijar ligeramente esta superficie y aplicar compuesto Penetrox para reducir oxidación y mantener buena conductividad.

4.8 ESCALERILLAS

Para las conexiones externas se deberá utilizar el plano del sitio con las trayectorias que deben incluir tamaños y dimensiones de escalerillas, tuberías, condulets, etc. que deberán aparecer en su plano.

Como opción: El supervisor puede sugerir este material y debe autorizar con anticipación la instalación del cliente. Con esta información el supervisor elabora una lista de todo el material requerido para el montaje de las diferentes trayectorias. Este plano considera las distancias en base a las cuales se calcula la capacidad de los conductores. Esta lista debe ser autorizada por el Gerente de Instalaciones y conservar la memoria de cálculo.

Las escalerillas se deben fijar al techo con clips U con taquetes cada uno con espárragos de 3/8" y taquetes expansores de las medidas adecuadas considerando el hardware necesario para ello.

4.9 ESTANTE DE BATERÍAS

El estante de baterías deberá ser armado en el sitio y fijado al piso, si la instalación se efectúa en una zona sísmica, se debe contar con dibujos aprobados por el cliente para los estantes suministrados. La fijación se hace con taquetes expansivos de las medidas especificadas por ingeniería.

Se deberá tener cuidado de manejar las celdas y su conexión evitando el contacto con sus terminales. Se deberán usar herramientas aisladas al efectuar su conexión.

El tendido de los cables de C.D no deben mezclarse con los de C.A en una ruta de charolas ya que deben ser independientes uno del otro. Los cables de batería positivo y negativo deben correr por separado y/o intercalados de acuerdo a las prácticas del cliente.

La apariencia del tendido de los cables debe ser homogénea y estos deben estar “peinados” y cocidos, atados con hilo cáñamo o cinturones de plástico. No se permiten cables cruzados entre si.

Las puntas de los cables deben bajar a su punto de conexión en forma vertical. A las bajadas o ángulos de cable se debe permitir un radio suficiente que impida dañar su forro causado por un dobléz.

Siempre se deberán usar las trayectorias más cortas posibles siguiendo siempre las trayectorias autorizadas en los documentos.

4.10 TIERRAS

El supervisor de instalación deberá verificar las colas de tierra disponibles del cliente las cuales deben estar en el mismo cuarto de baterías. Y deberán identificarse si se tiene una tierra independiente de C.A a la de C.D.

La tierra de C.A en la planta de fuerza y estante de baterías es la que corresponde a la masa metálica o chasis estructural del equipo. Cada bastidor tiene una barra de tierras No aislada al chasis. Esto significa que debe existir un puente de calibre 1/0 color verde entre bastidores y estante de baterías. Se debe cuidar de cumplir con las recomendaciones para la aplicación de conectores de comprensión.

La Tierra de la central esta apoyada al positivo de baterías. Esta tierra positiva esta aislada de chasis y deberá conectarse al punto que el cliente asigne.

4.11 INSPECCION FISICA

Un inspector de control de calidad verificará que el equipo instalado cumpla con los requisitos de calidad mínimos exigidos de acuerdo a lo siguiente

- Lista de equipo suministrado
- Colocación de equipo de acuerdo a planos autorizados
- Interconexiones internas y externas.
- Material utilizado y torques.
- Calibres y apariencia de cableado
- Posiciones de tarjetas electrónicas y partes del sistema.
- Apariencia general.
- Elaboración del reporte entregado al supervisor de instalaciones y gerente de instalaciones.

En caso de existir desviaciones estas deberán corregirse y notificar al supervisor de calidad de las acciones correctivas.

4.12 ENERGIZACION

El supervisor de instalaciones notificara al gerente de servicios para que se asigne un ingeniero de servicios capacitado para la energización del equipo. Este ingeniero deberá seguir su procedimiento de pruebas, verificando lo siguiente:

- Listado del equipo y sus componentes.
- Puntos de conexión de responsabilidades del cliente y sus capacidades y rangos eléctricos y mecánicos.
- Voltajes y corrientes de los tableros que alimentaran al sistema.
- Verificación del conexionado al equipo.
- Preajustes
- Puesta en marcha
- Ajustes de funcionamiento y de niveles de alarma.
- Verificación del funcionamiento de alarmas.

4.13 INSPECCION ELECTRICA

Un inspector de control de calidad verificará que el equipo instalado cumpla con los requisitos de calidad mínimos exigidos para su funcionamiento eléctrico de acuerdo a lo siguiente:

- Funcionamiento de cada módulo rectificador.
- Funcionamiento de su reparto de carga.
- Funcionamiento del bastidor de control y medición de todas las alarmas del sistema.
- Verificación de ajustes de voltaje de flotación.
- Verificación de la operación de las alarmas de interruptores de distribución y baterías.
- Verificación de equipo auxiliar suministrado (si aplicara) tales como convertidores, inversores, etc., checando los voltajes y corrientes especificados por el manual de operaciones suministrado.
- Elaboración del reporte entregado al supervisor de instalaciones y gerente de servicios. En caso de existir desviaciones estas deberán corregirse y notificar al inspector de calidad de las acciones correctivas.

4.14 ENTREGA AL CLIENTE

Elaboración del reporte entregado al supervisor de instalaciones y gerente de servicios. En caso de existir desviaciones estas deberán corregirse y notificar al inspector de calidad de las acciones correctivas.

El supervisor una vez con los reportes finales autorizados por la gerencia de calidad deberá entregar al cliente la Planta de Fuerza y sus componentes incluidos en su pedido apegándose a las instrucciones necesarias para verificar que el equipo cumpla satisfactoriamente con sus expectativas que están indicadas en sus dibujos autorizados y especificaciones.

Deberá por lo tanto hacer las pruebas que se le requieran y mostrar la documentación que respalda la fabricación y especificación de sus partes. Elaborará en conjunto con el cliente el llenado del protocolo de pruebas del sistema reportando los valores encontrados.

Elaborará en conjunto con el cliente un acta de entrega del equipo obteniendo las firmas correspondientes. Hará entrega oficial de los manuales (la cantidad que este especificada en el pedido) los cuales contendrán la información necesaria para su operación y mantenimiento

4.15 ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE LAS PLANTAS DE FUERZA DE CORRIENTE DIRECTA 2+0 / KCS 6-50

Algunas veces, en el funcionamiento de los sistemas de potencia de c.d., es necesario conectar más de una planta de fuerza de C.D. en paralelo para alimentar el sistema de potencia. ¿Por qué hay necesidad de hacer esto? Hay una buena cantidad de razones, incluyendo estas:

Puede haber necesidad de proporcionar, a una carga, mas potencia de la que una sola planta de fuerza de C.D. puede proporcionar.

Podría ser importante desconectar una planta de fuerza de C.D. para su reparación, sin interrumpir la potencia que necesitan las cargas.

En el caso de un corto circuito en una de las plantas de fuerza de C.D., las otras pueden continuar alimentando las cargas sin interrupción.

O por el hecho de sustituir un sistema de potencia de c.d. obsoleto, por una planta de fuerza nueva y con mayor potencia.

¿Cómo se hace para poner dos plantas de fuerza de C.D. en paralelo? Básicamente hay solo dos condiciones que se deben cumplir antes de hacerlo.

1.-Cerciorarse de que el borne positivo de una de las plantas de fuerza de C.D. este conectado en el borne positivo de la otra. La conexión con diferentes polaridades, provocarían un corto circuito.

2.-Cerciorarse que los voltajes de los dos generadores sean aproximadamente iguales antes de conectarse.

Además de estas condiciones necesarias, es muy conveniente que las plantas de fuerza de C.D. conectadas en paralelo tengan las mismas (o, por lo menos, parecidas) características de funcionamiento.

Sólo si se cumplen las condiciones indicadas, puede conseguirse que las cargas del sistema se repartan automáticamente entre las plantas de fuerza de C.D. Acopladas, proporcionalmente a la potencia de las mismas. Si, por el contrario las características de funcionamiento difieren mucho entre sí, se ha de tener mucho cuidado en que la planta de fuerza de c.d. Con mayor voltaje no resulte sobrecargada.

Veamos ahora cuales son las operaciones generales para acoplar en paralelo dos o más plantas de fuerza de c.d., supondremos que la planta de fuerza de c.d. 1 está trabajando sobre las barras o el bus principal y que, para atender al aumento de carga, es necesario acoplar en paralelo la planta de fuerza 2. Realizaremos las siguientes operaciones:

1. ° Se pone en marcha la planta de fuerza de c.d. 2 haciéndola funcionar en vacío o bien si ninguna carga conectada. Se comprueba la polaridad de los conductores que se corresponden en las dos plantas de fuerza de c.d. para lo que se instala un hilo Fusible provisional entre los bornes (negativos) de ambas y un voltímetro entre los bornes (positivos), se acciona el interruptor de la planta 1. Si las uniones están bien hechas, el voltímetro marcará un voltaje de cd, de lo contrario, el hilo fusible se abrirá indicando un mal funcionamiento. Esta comprobación se hace una vez para siempre, cuando se realiza el primer acoplamiento en paralelo.

2. ° Se regula por medio de los potenciómetros el voltaje de la planta de fuerza de c.d. 2, de forma que su tensión en bornes sea igual o casi igual a la de la planta de fuerza de c.d 1.

Si las tensiones de las dos plantas de fuerza de c.d. No son exactamente iguales circula entre la parte de las barras que unen ambas plantas de fuerza de c,d, una corriente compensadora, es decir, que la planta de fuerza de c.d. que tiene la tensión más elevada suministra corriente a la otra planta de fuerza, lo cual funcionará cierto tiempo solamente ya que provocaría que la sobrecargáramos y su voltaje de salida se abatiría hasta provocarnos una falla de limite de corriente, en la cual la planta de fuerza de c.d. se protegería cortando automáticamente la alimentación de salida hacia las cargas.

3. ° Se reparte la carga total entre las dos plantas de fuerza de c.d. Si ambas son iguales, se buscará repartir la carga por igual; para ello, se aumentará el voltaje de salida de la planta de fuerza 2 para hacerla que toma mayor carga y, simultáneamente, se reducirá el voltaje de salida de la planta de fuerza de c.d. 1, para descargarlo.

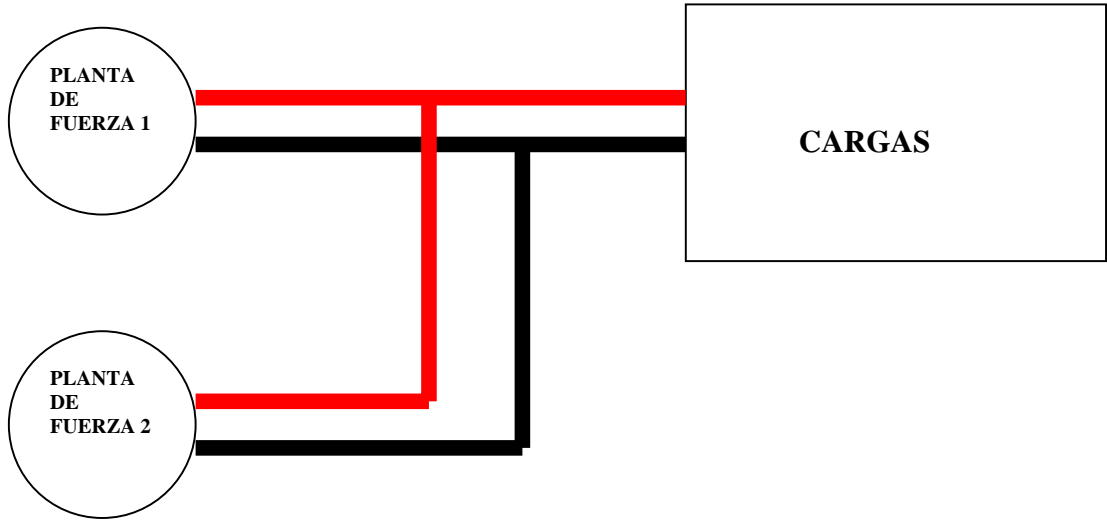
La planta de fuerza de c.d. 2, cuando ésta se vaya cargando, disminuirá su voltaje de salida, y aumentará de forma automática y gradual la corriente. En la planta de fuerza de c.d. 1 ocurrirá lo contrario, es decir, que esta planta de fuerza de c.d. aumentará su voltaje de salida hasta que se estabilice de forma conveniente y la corriente decrecerá. Si es necesario, puede aumentarse gradualmente el voltaje de la planta de fuerza de c.d. 2, hasta trasladar toda la carga del planta de fuerza de c.d. 1 a la planta de fuerza de c.d. 2 y, entonces, cuando la planta de fuerza de c.d. 1 funcione ya sin cargas, es decir, descargado se le podrá desconectar de la red, abriendo su interruptor general.

De la forma descrita, podemos también conseguir repartir a voluntad la carga de la red entre varias plantas de fuerza de c.d, con sólo variar el potenciómetro de voltaje de salida de: la planta de fuerza con mayor voltaje en los bornes, cederá intensidad de corriente a la red y viceversa. En el lenguaje de los electricistas, esta operación se denomina pasar la carga entre las plantas de fuerza de c.d. Acopladas.

4.16 CAMBIO DE CARGAS

En el caso de que una planta de fuerza de c.d. se desee reemplazarla y colocar en su lugar una planta cuyas características sean mejores en todos los ámbitos; y cuyas cargas no se desean ser alteradas por ningún motivo, se procederá de la siguiente manera:

- 1.- se debe medir con un voltímetro la salida de voltaje en su bus principal (52 VCD) la planta de fuerza de c.d. 1 (se desea reemplazar) a plena carga, esto es con todas aquellas cargas que le estén conectadas, y subirle su voltaje a no mas de 1 volt, con la finalidad de que hasta el ultimo momento esta suministre la carga a nuestro sistema.
- 2.- la planta de fuerza de c.d. 2 se ajusta a 52 VCD sin carga.
- 3.- se verifican las polaridades para no cometer un corto circuito.
- 4.-de una manera cuidadosa se hace una inserción, esto es se corta el forro del cable de nuestras cargas y se pone en paralelo con la salida de nuestra planta de fuerza de c.d. 2
- 5.-se llevan los conductores hasta su nueva posición en nuestra planta de fuerza de c.d. 2, se colocan las cargas y se cierra el interruptor de distribución, en este momento ya nuestra planta nueva tiene el control de las cargas.
- 6.- este procedimiento se realiza en cada una de las cargas que se deseen, siempre con el mismo cuidado y procedimiento.



CAPITULO V

MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE FUERZA

5.1 SEGURIDAD

No es suficiente tener un conocimiento de los sistemas electrónicos industriales si no se tiene conocimiento de los peligros físicos que tal sistema puede representar. Trataremos de describir los peligros asociados con el sistema electrónico de la planta de fuerza y que practicas podemos tomar para lidiar con este peligro constante.

5.2 DESCARGA ELECTRICA

Existe un riesgo de descarga siempre que el nivel de voltaje exceda unos 50 V. el razonamiento detrás de este valor puede demostrarse matemáticamente combinando dos hechos:

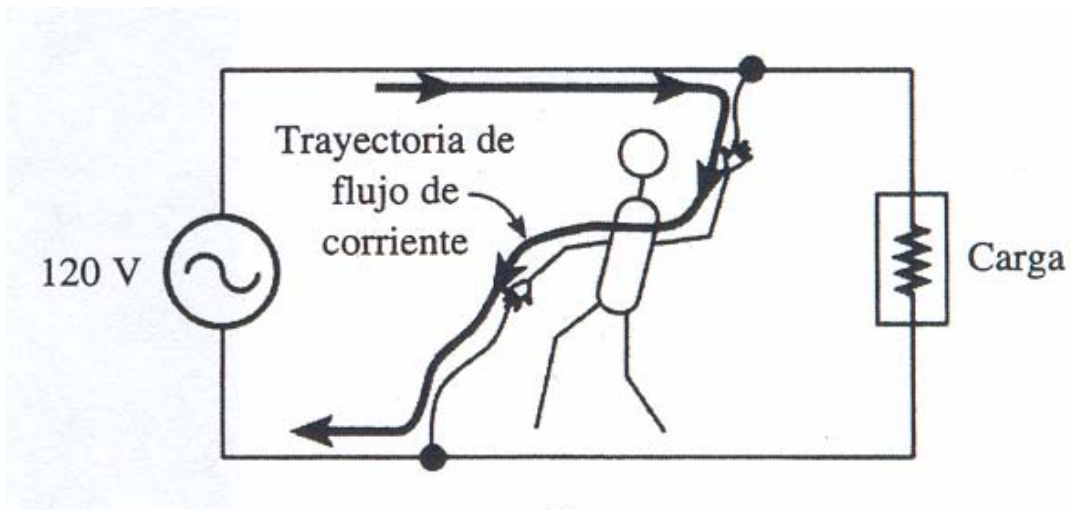
Las corrientes del orden de los 10 mA a través de los órganos del pecho pueden interrumpir la actividad neurológica que mantiene la actividad cardiaca y la respiración. Bajo condiciones de peor caso, la resistencia de la piel humana (dos puntos de contacto con la piel separados, tomados en serie) puede ser tan baja como 5k. Aplicando la ley de ohm a este escenario de peor caso

$$V_{\text{peligro}} = I_{\text{letal}} \times R_{\text{piel}}$$

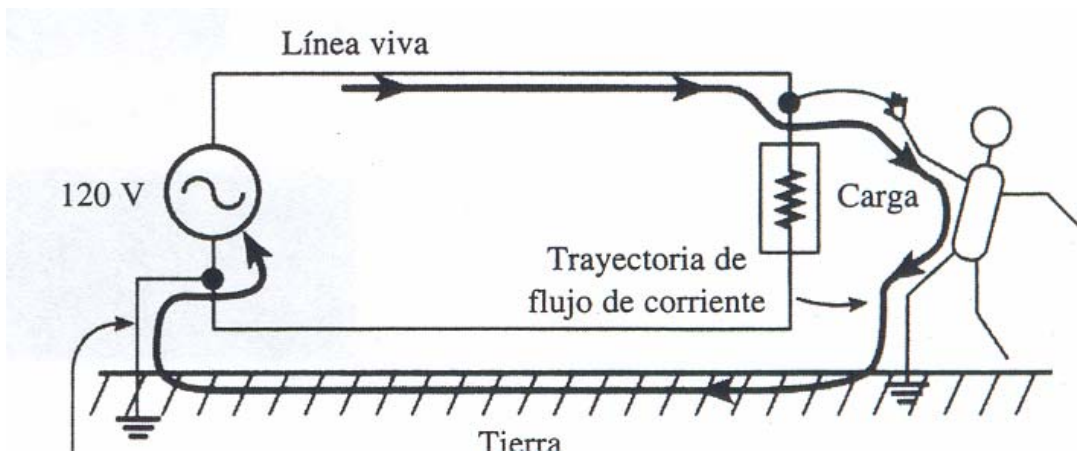
$$V_{\text{peligro}} = (10 \times 10^{-3} \text{ A}) \times (5 \times 10^3) = 50 \text{ V}$$

Por ejemplo, la línea de c.a. de 120 V en realidad es bastante peligrosa, aun cuando a la gente le es indiferente; los voltajes de línea de 240 y 480 V encontradas comúnmente en los ambientes industriales son aun más peligrosos.

Obviamente, una persona puede recibir una descarga eléctrica si toca dos líneas de suministro simultáneamente, como se ilustra. Dado que las personas tienden a estar alertas a este peligro obvio, pocas veces ocurre esto.

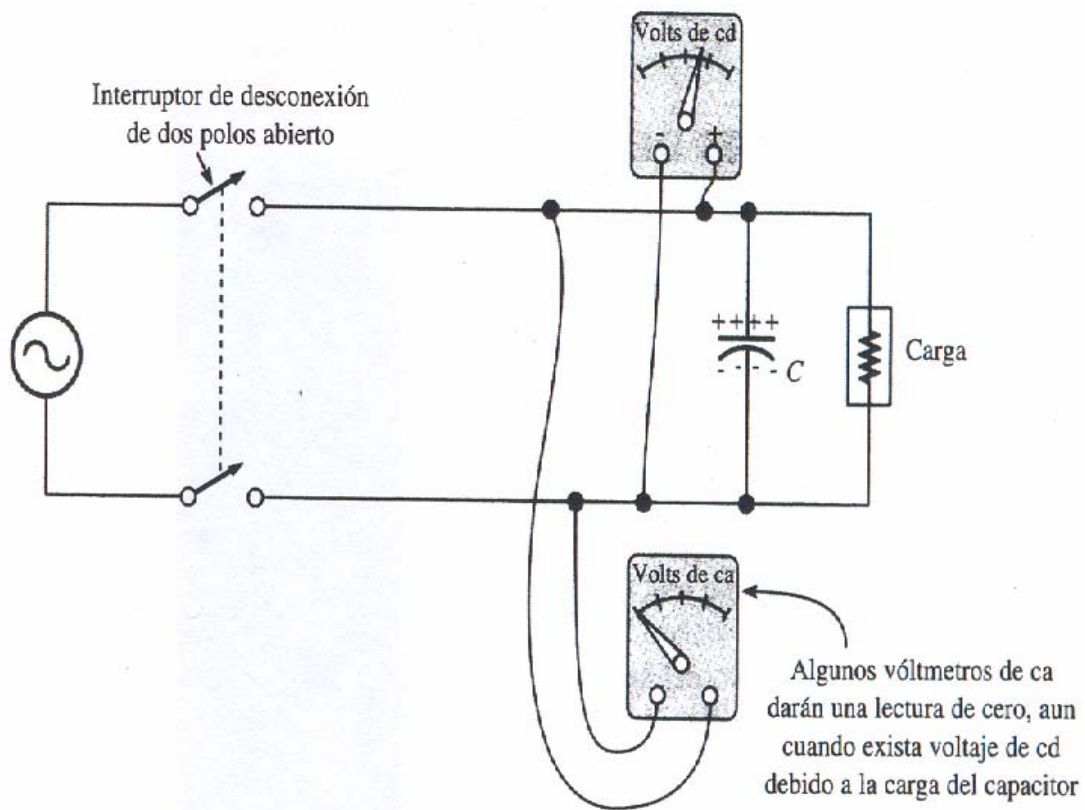


El problema mas frecuente ocurre cuando un lado del suministro esta conectado a la tierra (el lado “de tierra o común”) y la persona toca el otro lado (el lado “vivo”) mientras otra parte de su cuerpo esta en contacto eléctrico directo o parcial con la tierra, como se muestra.

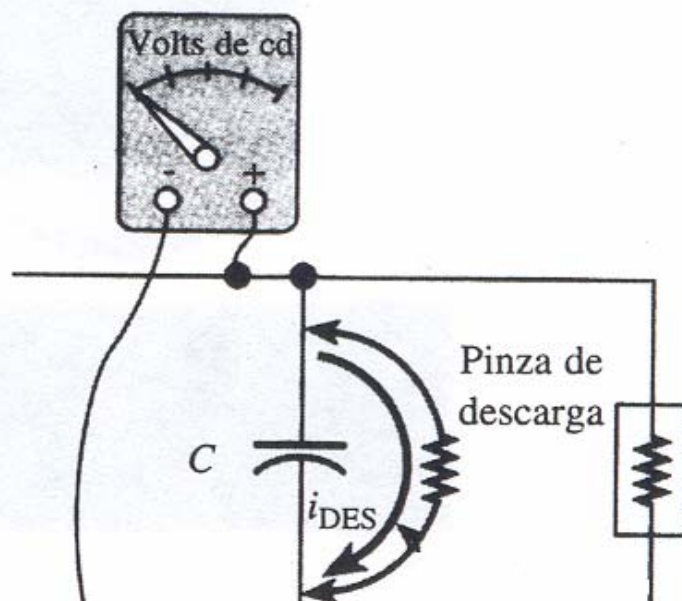


Siguiendo estas prácticas de seguridad tenemos:

De ser posible, apague la potencia antes de trabajar con el circuito. Aun después de apagar el interruptor de desconexión, revisar con un multímetro en modalidad de voltmetro que el circuito este realmente desenergizado. Cuando hay la presencia de grandes capacitores para corrección de factor de potencia, puede mantenerse un voltaje de cd entre los alambres de carga de derivación aun después de haberse abierto el interruptor de desconexión. Tal voltaje de cd puede ser de cualquier polaridad y puede o no ser detectado por un voltmetro de c.a. dependiendo del diseño del voltmetro. Este problema es ilustrado en la figura:



Para protegerse contra esta situación, conectar un voltmetro de cd, primero con una polaridad y después con la otra. Si hay un voltaje de carga residual, debe ser eliminado descargando el capacitor mediante una pinza de descarga aprobada, como se muestra.



En el ambiente industrial, donde otra persona puede volver a conectar el interruptor de desconexión, debe ponerse un candado en la posición de apagado del interruptor. Se tiene que colocar una etiqueta de anulación en la manija del interruptor, dando su nombre, hora, y fecha de la desconexión, y una descripción del equipo deshabilitado al bloquear este interruptor.

En situaciones críticas, los alambres de carga son puestos en cortocircuito entre ellos y/o a una tierra física mediante barras mecánicas de cortocircuito diseñadas para este propósito. Esto hace completamente imposible que los alambres de carga se energicen por alguna razón.

Si se requieren mediciones de prueba en un circuito energizado, siempre se deben tomar ciertas precauciones.

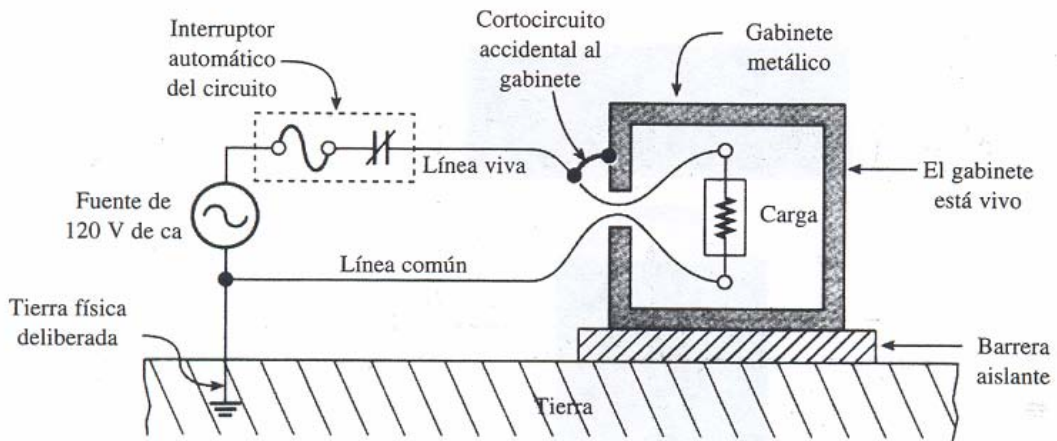
- Usar calzado adecuado para que los pies estén bien aislados de la superficie del piso. Los pisos de concreto de las fábricas con frecuencia contienen varillas de refuerzo de acero, colocándolas en buen contacto eléctrico con la tierra. Para trabajar cerca de circuitos de muy alto voltaje ($>600\text{V}$), se requieren botas aislantes especiales.
- Usar solo escaleras de madera o de plástico nunca de aluminio.
- Nunca trabajar en una área mojada. Los pisos y gabinetes deben estar secos antes de comenzar a trabajar.
- Usar guantes apropiados para el medio ambiente eléctrico en el que se está trabajando. Para ambientes de bajo voltaje ($<600\text{ V}$), los guantes especiales no son absolutamente necesarios. Sin embargo, en ambientes de alto voltaje ($>600\text{ V}$) se requieren guantes ahulados con recubrimientos exterior tipo cuero.
- Quitar los anillos metálicos y relojes de sus manos y muñecas. La piel por debajo de la correa metálica de un reloj, por ejemplo, se humedece. El contacto entre el metal y la piel húmeda tiene una resistencia mucho menor que la piel seca misma, lo que lo pone en mayor peligro.
- Usar solo herramientas de mango aislado. Revisar con frecuencia el aislamiento de los mangos y reemplazar a la primera señal de daño o cuarteaduras. Lo mismo se aplica a las puntas de prueba de los multímetros y probadores de voltaje.

5.3 ALAMBRES DE TIERRA

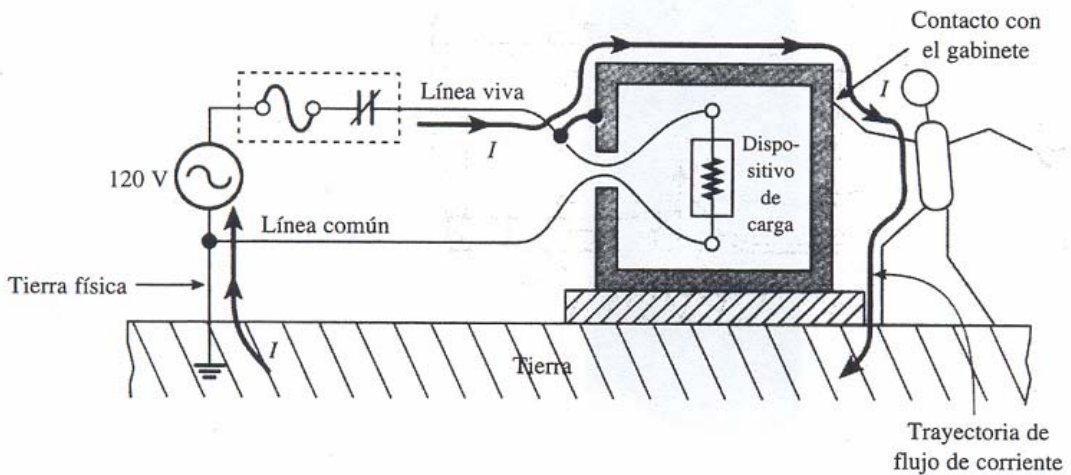
En la mayoría de los sistemas de fuerza, se tiende un alambre de tierra independiente con los conductores de corriente. El propósito del alambre independiente de tierra es conectar los gabinetes de carga directamente a la tierra. Para entender porque es necesario esto para la seguridad del personal, tenemos primero un sistema no puesto de tierra. La terminal inferior del suministro está deliberadamente conectada a la tierra física en la localidad de distribución de potencia. Esto es necesario para evitar que cualquier parte del circuito de c.a. suba más de 120 volts del potencial de tierra, lo que ocurriría si un circuito de mayor

voltaje vecino desarrollara una falla de cortocircuito que lo pusiera en contacto con este circuito de 120 V.

Cuando el circuito funciona de manera normal, hay un flujo de corriente a través del alambre vivo del suministro, a través del dispositivo de carga, y de regreso a la fuente por el alambre común del suministro. Si ocurre un cortocircuito accidental entre el alambre vivo y el gabinete metálico, como se muestra en la figura, no ocurre una sobrecorriente.

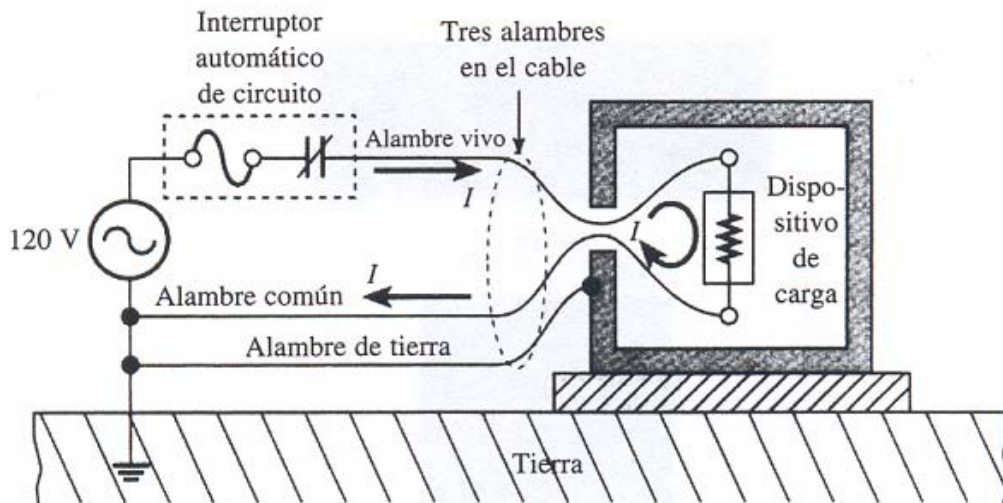


Por tanto, el interruptor automático del circuito no se abre, y la carga continua funcionando. El problema es que el gabinete metálico ahora tiene el mismo potencial de 120V que el alambre vivo del suministro. Si una persona toca el gabinete al mismo tiempo que hace contacto con la tierra, habrá un flujo de corriente a través de su cuerpo, como se indica en la figura:

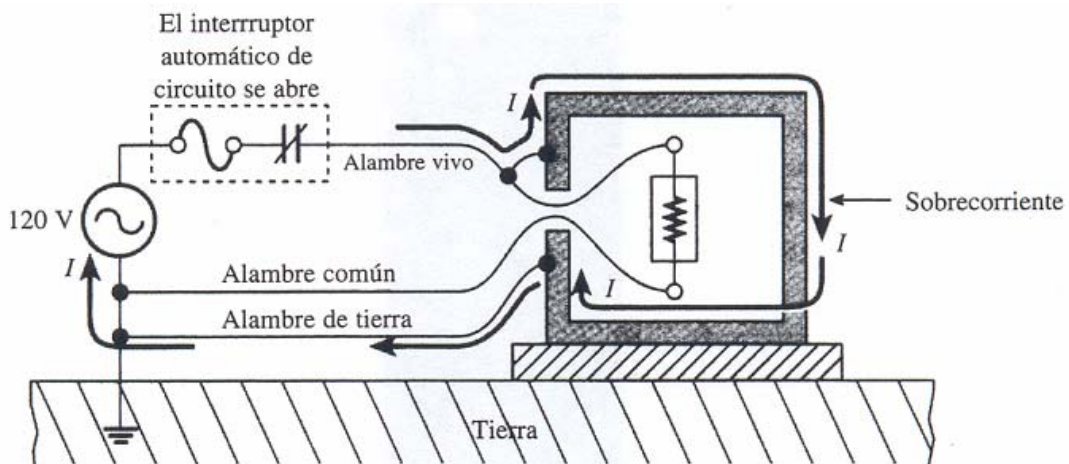


El interruptor automático del equipo no lo protegerá, pues la corriente a través de su cuerpo es bastante baja según los estándares del circuito, aun cuando es dañina para la persona.

Un sistema puesto a tierra como el que se muestra, el tercer alambre es usado para conectar el gabinete directamente a la tierra en el punto de distribución. Cuando el circuito funciona normalmente, no hay flujo de corriente en el alambre de tierra. Esto se muestra en el esquema siguiente:

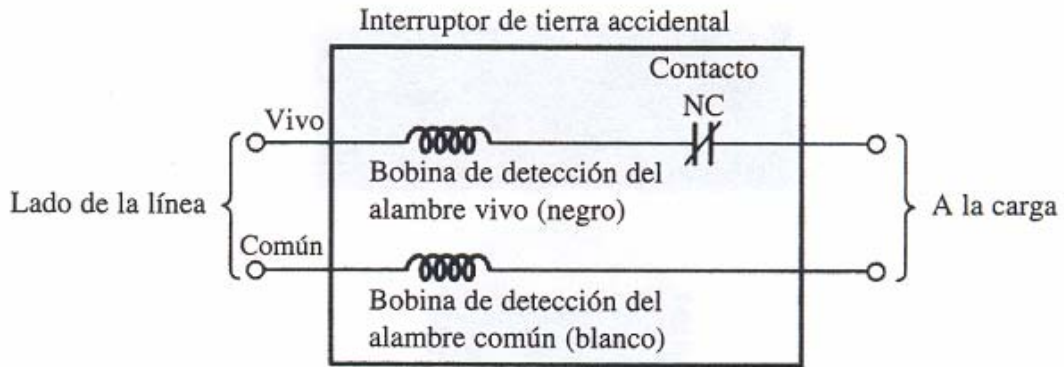


Sin embargo si ocurre una falla de cortocircuito, hay un flujo inmediato de sobrecorriente. Su trayectoria es a través del gabinete metálico, luego a través del alambre de tierra de regreso a la fuente. El interruptor automático del circuito se abre, apagando el circuito y eliminando la condición de peligro. Es imposible restablecer el interruptor del circuito hasta que la falla de cortocircuito se repare.

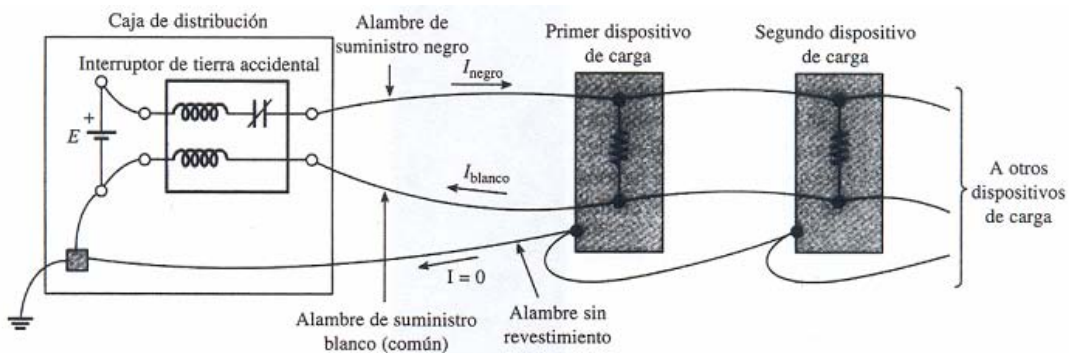


5.4 INTERRUPTORES DE TIERRA ACCIDENTAL

Los interruptores de tierra accidental (GFI, siglas en ingles de ground-fault-interrupter) se usan solo en sistemas monofasicos. Un GFI responde no a una sobrecorriente, si no a un desequilibrio entre los flujos de corriente en el alambre vivo y el alambre común. Un GFI es un dispositivo de cuatro terminales, como se muestra:



Se muestra un sistema de tres alambres que esta trabajando correctamente. No hay cortocircuitos, ni parciales ni completos, entre el alambre vivo del suministro y los armazones de los dispositivos de carga. Tampoco hay cortocircuitos entre el alambre vivo de suministro y tierra. Bajo estas condiciones, la corriente que sale por el alambre vivo del suministro debe ser exactamente igual a la corriente que fluye de regreso a través del alambre de suministro puesto a la tierra. En la figura, $I_{\text{negro}} = I_{\text{blanco}}$.

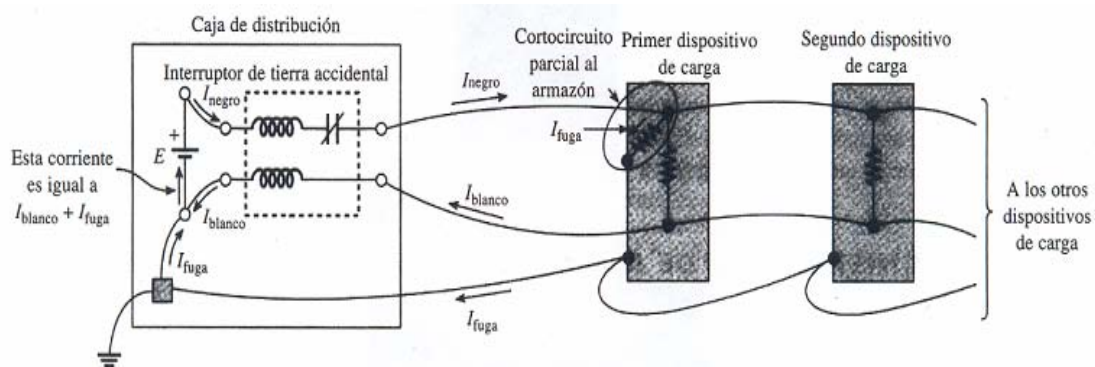


El GFI detecta tanto I_{negro} como I_{blanco} , y responde a la diferencia entre ellas; puede considerarse que un GFI mide la corriente de diferencia, a veces llamada corriente de fuga, I_{fuga} . Simbólicamente $I_{\text{fuga}} = I_{\text{negro}} - I_{\text{blanco}}$.

Si la corriente de fuga es cero, o muy cercana a cero, el GFI permite que su contacto permanezca cerrado. Esta es la situación en el circuito de operación normal de la figura anterior.

Sin embargo, si I_{fuga} puede ser diferente de cero por cualquier de dos razones:

Un cortocircuito parcial o total puede desarrollarse entre el alambre vivo del suministro y el armazón del gabinete metálico, como se muestra en la figura:

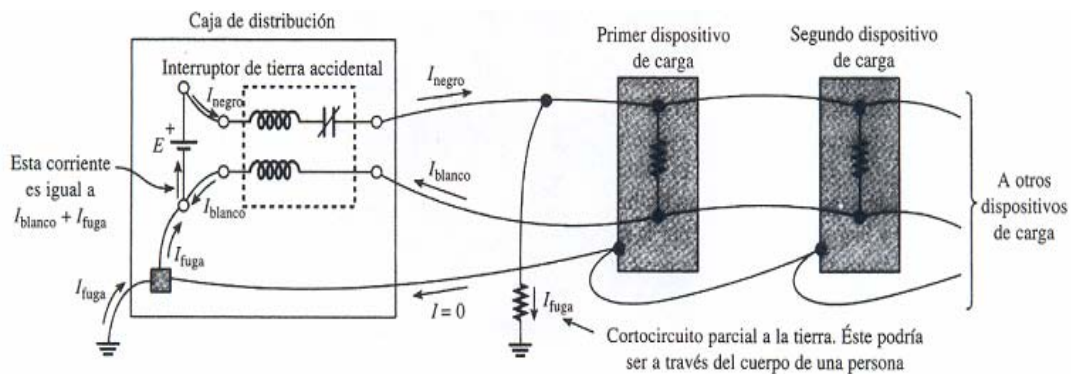


Una cierta cantidad de corriente I_{fuga} fluye a través de la resistencia del cortocircuito parcial, a través del armazón metálico y de regreso por el tercer alambre a la terminal puesta a tierra de la fuente. Existe entonces una diferencia entre I_{negro} e I_{blanco} , siendo I_{blanco} menor que I_{negro} . ($I_{blanco} = I_{negro} - I_{fuga}$).

El GFI detecta esta diferencia entre las dos corrientes de la línea de suministro y abre su contacto.

Puede desarrollarse un cortocircuito parcial o total entre la línea viva del suministro y la tierra, la razón más probable de esto es el deterioro parcial del aislamiento del alambre, tocando ese aislamiento una pared conductora que esta montada en un componente estructural del edificio, o, mas importante, puede ocurrir un cortocircuito parcial porque una persona ha tocado accidentalmente el alambre vivo del suministro mientras otra parte de su cuerpo esta en contacto con tierra (a través del piso muy probablemente).

En ambos casos, el cortocircuito parcial causara el flujo de alguna corriente, I_{fuga} , a través de la resistencia del cortocircuito, a través de la tierra, a través del alambre especial de tierra en la caja de distribución, y así regresar a la terminal de tierra de la fuente, como se indica en la figura:



La corriente de línea del suministro I_{blanco} se reduce por tanto en la cantidad de I_{fuga} . El GFI detecta la diferencia resultante entre I_{negro} e I_{blanco} , y abre su contacto para apagar el circuito.

Los interruptores de tierra accidental proporcionan más seguridad que los interruptores automáticos de circuito o los fusibles, pues reaccionan a la existencia de una pequeña corriente de fuga, en lugar de una sobrecorriente grande. En la figura anterior un interruptor automático de circuito estándar no se abrirá para salvar a una persona que está tocando el alambre vivo, pues I_{fuga} será muy por debajo de su corriente nominal.

5.5 AYUDA A UNA VICTIMA DE DESCARGA ELECTRICA

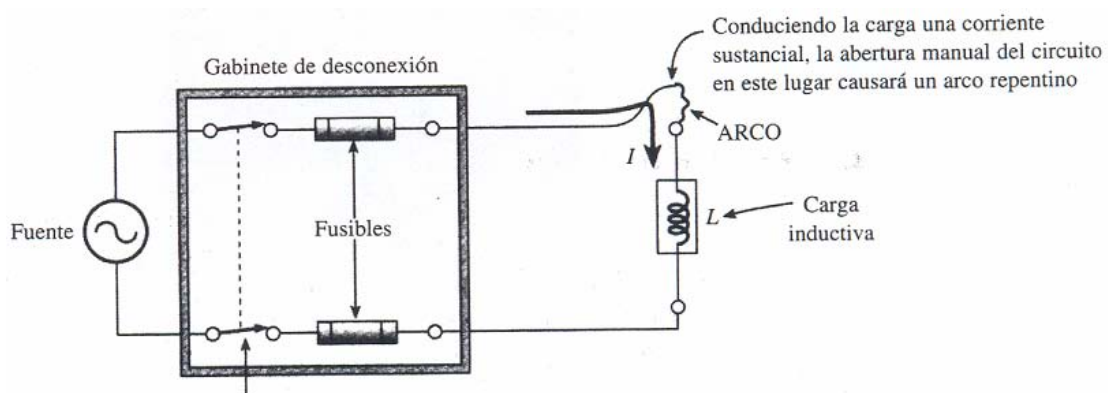
Para ayudar a una persona que ha sufrido una descarga eléctrica, se debe estar seguro que ya no está en contacto con un circuito energizado. En algunos casos, la descarga arroja a la víctima lejos de la línea eléctrica. En otros casos, la corriente a través del cuerpo de la víctima causa contracciones musculares que evitan que pueda liberarse. En el segundo caso, el rescatador debe primero desenergizar el circuito antes de precipitarse a asistir a la víctima. De otra manera, al tocar a la víctima, el rescatador puede recibir una descarga eléctrica severa. Por esta razón, es esencial saber por adelantado la ubicación de los interruptores de desconexión del área de trabajo donde se encuentra. Al abrir un interruptor de desconexión para desenergizar un circuito, mantener el cuerpo a un lado de la caja y la cabeza ligeramente alejada. De esta manera, si la acción de desconexión causa una explosión en el interior de la caja, la fuerza se dirigirá hacia el frente de la caja. Tales explosiones son muy poco comunes y nunca ocurren en una instalación que ha seguido las normas eléctricas oficiales.

Si es imposible apagar la potencia para retirar a la víctima de la descarga del conductor energizado, se puede intentar su retiro usando un objeto o herramienta aislante. Una vez que la víctima está libre de la fuente energizada, revisar la respiración y ritmo cardíaco. Si han cesado, se tiene que administrar resucitación cardiopulmonar de inmediato.

5.6 QUEMADURAS

Todos los dispositivos eléctricos en operación elevan su temperatura para disipar la energía calorífica producida por el paso de la corriente o por inversiones del núcleo magnético. En algunas situaciones, sus superficies se calientan tanto que al tocarlas o rozarlas puede producir quemaduras severas.

Si una persona con herramientas manuales intenta interrumpir el circuito inductivo desconectando un conductor en cualquier parte fuera del gabinete, el gran voltaje inducido podría causar un gran arco entre las superficies metálicas en separación que podría quemar la mano, brazo o cara. Nunca intente desconectar manualmente un conductor que suministra corriente a una carga altamente inductiva, como un motor de gran capacidad.



5.7 FUEGO

Muchos incendios son de origen eléctrico; la causa común es el sobrecalentamiento de un conductor, una unión de conductores o un componente, resultando una condición de sobrecorriente.

De acuerdo a la NFPA (National FIRE Protection Agency), define cuatro categorías de fuego, llamados clase A, B, C, D. El fuego clase A consiste en la combustión de papel, madera, tela, plástico y basura en general. Tales incendios pueden extinguirse con agua, pero también pueden combatirse exitosamente con los extinguidotes modernos que usan espuma de dióxido de carbono o polvo químico seco. Para combatir un incendio de la manera mas efectiva, se para uno a 3 metros de el, apuntar la boquilla a la base del fuego y realizar un barrido lento por la base del fuego. Hablando de manera general, el fuego clase A se puede evitar con aseo cuidadoso.

El fuego clase B comprende la combustión de liquido o gases, como combustible de petróleo y sus derivados. Tales incendios no deben ser combatidos con agua, pues el chorro de agua tiende a esparcir el fluido en combustión y extender el área de fuego. Deben ser combatidos con extinguidotes de fuego que emiten espuma o polvo.

Los fuegos de clase C contienen equipo eléctrico en combustión, incluyendo el aislamiento plástico y el barniz aislante de los devanados electromagnéticos. Deben ser combatidos con

extinguidores de espuma o polvo. No es seguro usar agua en ellos, pues la persona que opera la manguera puede recibir una descarga eléctrica a través del chorro de agua.

El fuego de clase D contiene metales en combustión, con frecuencia aleaciones de aluminio o de magnesio. Son más calientes que los otros tipos de fuego y más difíciles de apagar. No pueden ser combatidos con agua, si no que necesitan un extinguidor marcado específicamente para fuego clase D. Cada extinguidor de fuego tiene impreso en el las clases de fuego para los cuales es apropiado.

5.8 CODIGO DE COLOR OSHA

La aprobación del Acta de salud y seguridad ocupacional (Occupational Health and Safety Act) ha mejorado la seguridad y habitabilidad de los centros de trabajo industriales; conocida como OSHA ha instituido muchos estándares y reformas, entre ellos el código de color de ciertos equipos y controles relacionados con la seguridad. El siguiente código de color es el usado actualmente:

1. Rojo

- a. Extinguidores de fuego y otros aparatos de combate de incendio.
- b. Contenedores portátiles de líquidos inflamables.
- c. Botones de presión de PARO de maquinas.

2. Amarillo

- a. Señalamientos de límites que no deben ser cruzados por personal no autorizado.
- b. Avisos generales de precaución sobre condiciones fuera de lo común.
- c. Recipientes de desechos para deshacerse de objetos combustibles.
- d. Fuentes e interruptores de desconexión de potencia.

3. Verde

- a. Material de primeros auxilios y equipo de emergencia.

4. Naranja

- a. Orillas expuestas a mecanismos de corte.
- b. Partes de maquinaria que pueden producir heridas en virtud de su giro de alta velocidad o de movimiento repentino.

5. Violeta

- a. Fuentes de radiación, incluyendo equipo emisor de láser, luz ultravioleta, microondas y rayos x.

5.9 MANTENIMIENTO

Únicamente personal capacitado debe dar mantenimiento al equipo de fuerza; así como la reparación del mismo.

Voltajes de corriente alterna C.A. y C.D. peligrosos están dentro del gabinete del rectificador.

Asegurarse de no llevar objetos de metal, como son anillos, pulseras o collares o cualquier objeto metálico o conductor de electricidad.

Inspección general.

Antes de cualquier operación o de una inspección general de la unidad se debe realizar lo siguiente:

- Verificar los cables de C.D., las conexiones, el tipo de batería, el número de celdas con el rango de la planta.
- Verificar las especificaciones del equipo en el pedido del usuario.
- Verificar las conexiones de entrada, voltaje de línea y capacidad del interruptor.
- Ciertas fallas se provocan por baterías defectuosas y cargas del cliente. Asegurarse que las baterías y las cargas estén libres de defectos.
- Aislar la entrada de C.A. del resto del equipo.
- Aislar las baterías y la carga del resto del equipo.
- Descargar los capacitores electrolíticos conectando una resistencia, o, en su caso tener precaución de no provocar un corto - circuito.
- Aislar cualquier señal de las cargas externas del equipo.
- Verificar con un multímetro (modalidad de voltmetro) si existe voltaje hacia tierra en la entrada o salida antes de comenzar a trabajar.

Todas estas instrucciones se deben seguir antes de realizar cualquier ajuste, conexión eléctrica o reparación de la planta de fuerza.

5.10 SINTOMAS DE CIRCUITOS DAÑADOS Y SU REPARACION

Falla: Al energizar el equipo no existe voltaje a la salida.

Posible causa:

- Triac dañado
- Interruptor termo magnético del equipo desactivado.
- Transformador auxiliar dañado
- Ensamble de rectificación dañado
- Transformador de potencia dañado
- Tarjeta de control TC1 dañada

Falla: No se logra el voltaje a la salida cuando desea algún ajuste.

Posible causa:

- Ensamble de rectificación dañado
- Tarjeta de control TC1 dañada

Falla: El ajuste de límite de corriente no funciona.

Posible causa:

- Shunt desconectado
- Tarjeta de control TC1 dañada
- Ensamble de rectificación dañado

Falla: Se bota el interruptor de entrada

Posible causa:

- Voltaje de línea incorrecto.
- Corto entre C.A. Y C.D. o de C.A. y C.D. a tierra.
- Alto voltaje de salida de C.D.
- Checar el número y tipo de celdas para el voltaje adecuado.
- Desconectar las baterías y las cargas de la salida del equipo; energizar el equipo, si el voltaje de salida es superior a los determinados según la batería, la tarjeta de control puede estar dañada.

Falla: fusible o interruptor de C.D. abierto.

Posible causa:

- Diodos de potencia en corto (reemplazar según se requiera)
- SCR'S de potencia en corto
- Celdas de batería en corto o equipo del cliente en corto- circuito.
- Cables de salida en corto- circuito.
- Capacitores no precargados.

Falla: trabaja la planta de fuerza pero el voltaje de salida es bajo.

Posible causa:

- Los potenciómetros de igualación / flotación están mal ajustados.
- Verificar los diodos de poder y los SCR'S
- Fusible o interruptor de C.D. defectuoso.
- Falla en la fase de C.A. de entrada.

Falla: trabaja la planta de fuerza pero la salida es alta.

Posible causa:

- Potenciómetros de igualación / flotación están mal ajustados.
- Tarjeta de control defectuosa (reemplazar según se requiera).
- Verificar los diodos de potencia y los SCR'S.

5.11 PRUEBA DE TIERRA Y CORTO CIRCUITO

Con un multímetro modalidad (ohmetro) se puede verificar la planta de fuerza de corto circuito a tierra, falla de primario a secundario, corto de C.A. / C.D. con tierra. Si hay una sospecha de corto circuito en la unidad se procederá de la manera siguiente:

Desconectar el equipo de la línea de C.A. y también las terminales de C.D. de la batería y carga.

Poner la terminal del multímetro en la entrada y la otra en la salida con el interruptor en la posición de encendido, el medidor no deberá indicar un rango de 2k ohms. Si el medidor lee esta escala esto indicara corto en C.A. / C.D. en el transporte puede ser posible que un cable de C.A. se haya movido contra algún cable de C.D., alguna zapata o terminal y cause un corto. Este problema se puede eliminar inspeccionando cuidadosamente el cableado de tal manera que se asegure, que ningún cable de C.A. este en contacto con cualquier parte

viva del circuito de C.D. Si no hubiese cables en contacto con partes vivas entonces puede ser posible que alguno de los transformadores este en corto.

Desconectar el secundario del transformador de los diodos y SCR'S. Medir con un multímetro continuidad del primario al secundario de los transformadores verificando si estos se encuentran en corto circuito, y en su caso de encontrar ahí el problema, se procederá a cambiar la parte dañada.

5.12 PRUEBA DEL DIODO

Para verificar el correcto funcionamiento del diodo de potencia se puede verificar de la siguiente manera:

Desconecte las terminales del diodo, con el multímetro en modalidad ohmetro, mida a través de las terminales, cuando en algún sentido marque infinito y en el otro baja resistencia, esto indicara que el dispositivo se encuentra en buen estado. Si marca baja resistencia en ambos sentidos el diodo se encuentra en corto, si marca infinito en ambos sentidos el diodo se encuentra abierto. Cheque todos los diodos de potencia puede que haya mas de un diodo con falla. Si el diodo esta dañado, reemplace la pieza.



5.13 PRUEBA DE SCR

Para verificar el correcto funcionamiento del SCR se puede verificar de la siguiente manera:

Con el multímetro en modalidad de ohmetro, mida a través de las terminales K y G debe marcar baja resistencia de 50 ohms aproximadamente en ambos sentidos; mida a través de K y A, debe marcar infinito en ambos sentidos. Si no corresponden las medidas del punto anterior, el SCR esta dañado. Si esta dañado el SCR proceda a reemplazarlo.



CONCLUSIONES

El creciente aumento de productos electrónicos ha impulsado el auge y el desarrollo en las fuentes de alimentación.

En principio era una tecnología muy cara y desconocida. Paulatinamente, el abaratamiento de la electrónica y la miniaturización, ha conseguido que las fuentes de alimentación de corriente directa se abaraten considerablemente, ofreciendo mayor estabilidad, seguridad, y eficiencia.

Y esto sigue evolucionando. Quien piense que está todo visto se sorprenderá en los siguientes años, la electrónica de potencia ha llegado a ser tan importante en nuestras vidas que no podemos pasar sin ella, un día sin energía eléctrica en casa o en la oficina o más aun en nuestros sistemas industriales paraliza prácticamente toda nuestra actividad. Por tanto se está evolucionando mucho en sistemas redundantes y con detección de fallos. Esto quiere decir que ponemos dos fuentes de alimentación donde antes teníamos una. Si una falla seguiremos funcionando con la otra (sistema redundante). Además las fuentes serán capaces de detectar posibles problemas internos de mal funcionamiento o la proximidad del fin de su ciclo de vida.

Tampoco deberíamos olvidar dimensionarla correctamente para prever las peores condiciones. El equipo debería estar protegido frente a cualquier posible problema. Si alguien puede equivocarse o algo puede fallar, fallará. Cortocircuitos, sobrecargas, excesos de temperatura, emisiones electromagnéticas, conducidas, radiadas, variaciones en la tensión de entrada, armónicos, etc., todos ellos son potenciales enemigos de nuestros equipos y seguro que nos los encontraremos.

Para que el funcionamiento de una planta de fuerza de C.D. 2+0 KCS- 6-50 sea el mas óptimo es necesario que la misma este funcionando las 24 hrs., eso se traduce en operatividad al 100%.

Estos resultados se logran con varios puntos, comenzando con una excelente instalación, un correcto mantenimiento, una excelente instalación de las puestas a tierra de los componentes que conforman la planta de fuerza.

Por ultimo podemos comentar que nuestra planta de fuerza C.D. 2+0 / KCS 6-50 de acuerdo a las características mencionadas posee una alta confiabilidad de operación donde se requiera que la alimentación sea continua.

BIBLIOGRAFIA

- MAQUINAS ELECTRICA
STEPHEN J. CHAPMAN
MC GRAW-HILL
- ELECTRONICA: TEORIA DE CIRCUITOS
ROBERT L. BOYLESTAD/ LOUIS NASHESKY
PRENTICE HALL
- MANUAL WHITTAKER DE INGENIERIA ELECTRICA
R.E. NEALE
EDITORIAL DOSSAT, S.A.
- INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO A PLANTAS DE FUERZA
MEI TELECOM D.C. POWER
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
- FUNCIONAMIENTO DE BATERIAS ABIERTAS Y SELLADAS
MEI TELECOM D.C. POWER
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
- PROTOCOLOS DE ENTREGA DE SISTEMAS DE FUERZA DE C.D.
MEI TELECOM D.C. POWER
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

PAGINAS WEB

- <http://www.unicrom.com>
- <http://www.tbr.locaweb.com.br>
- http://www.solomantenimiento.com/m_baterias
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Acumulador>
- <http://www.buchmann.ca/article18-page3-spanish.asp>