



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE RESPALDO DE  
CARGAS CRÍTICAS EN CENTROS PROCESADORES DE INFORMACIÓN  
Y CÓMPUTO (DATA CENTER)**

**INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:**

**JOSÉ ARMANDO GARITA MARTÍNEZ**

**ASESOR: M.I. LUIS ARTURO HARO RUÍZ**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2015**

## AGRADECIMIENTOS.

A mi esposa Isela, por su invaluable apoyo, paciencia y comprensión.

A mis cuatro hijos; Leonardo, Emiliano, Javier y Mateo por su gran motivación e inspiración para seguir adelante.

A mis padres Armando y Josefina, mis hermanos Aracely y Luis.

A mi suegro Pablo, mis cuñados Yolanda y Pablo.

Ing. Jesús Rodríguez Gómez

Alberto Rubalcava Figueroa.

Muchas Gracias.....

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS. ....i

TEMA:

<b>1</b>	<b>SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE RESPALDO DE CARGAS CRÍTICAS EN CENTROS PROCESADORES DE INFORMACION Y CÓMPUTO (DATA CENTER).</b>	
1.1	Planteamiento del Problema. ....	1
1.2	Alternativas de Solución. ....	1
1.3	Objetivo:.....	1
<b>2</b>	<b>MANTENIMIENTO</b> .....	<b>2</b>
2.1	Antecedentes del Mantenimiento.....	2
2.2	Definición de Mantenimiento.....	3
2.3	Análisis y Metodología Empleada.....	5
2.4	Fundamentos de Mantenimiento para Equipo Eléctrico. ....	6
<b>3</b>	<b>TIER (NIVEL DE LOS CENTROS PROCESADORES DE INFORMACION Y CÓMPUTO)</b> .....	<b>7</b>
3.1	-Tier I. Básico: .....	7
3.2	-Tier II. Componentes Redundantes: .....	7
3.3	-Tier III. Concurrente Mantenable: .....	8
3.4	-Tier IV. Tolerante a Fallas. ....	8
3.5	Porcentaje de Disponibilidad según Tier. ....	9
<b>4</b>	<b>GENERALIDADES DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> .....	<b>10</b>
4.1	Operación Automática de la Planta de Emergencia.....	11
4.2	Operación Manual de la Planta de Emergencia. ....	11
4.3	Clasificación de las Plantas de Emergencia por el tipo de servicio que realizan: .....	11
4.3.1	Servicio Continuo.....	11
4.3.2	Servicio en Emergencia.....	12
4.4	Disponibilidad de las Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia (P.G.E.E.E.).....	13

4.5	Operación, Mantenimiento y Recomendaciones Generales de las Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia. ....	13
4.5.1	Procedimientos de Encendido en Forma Manual para Plantas de Emergencia. ....	13
4.5.2	Encendido en Forma Automática para Plantas de Emergencia. ....	16
4.5.3	Mantenimiento de la Planta de Emergencia.....	17
4.6	Generador Síncrono. ....	21
4.6.1	Regulación de Voltaje. ....	23
4.7	Sistema Eléctrico de Corriente Directa CD.....	23
4.8	Transferencias de Energía Eléctrica entre la Planta de Emergencia y la Compañía Abastecedora de Energía Eléctrica. ....	24
5	UNIDAD DE ENERGÍA ININTERRUMPIBLE (UPS, DE SUS SIGLAS EN INGLÉS, UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY).....	25
5.1	Teoría de Operación de UPS.....	25
5.2	Módulos de UPS. ....	25
5.2.1	Rectificador-Cargador.....	25
5.2.2	Banco de Baterías. ....	26
5.2.3	Inversor. ....	26
5.3	Modos de Operación de UPS.....	27
5.3.1	Operación Normal: ....	27
5.3.2	Falla de Energía En la Entrada UPS. ....	27
5.3.3	Recarga de Banco de Baterías. ....	28
5.3.4	Bypass.....	28
5.4	Interruptor Estático de Transferencia (STS, de sus siglas en inglés, Static Switch Transfer).....	31
5.4.1	Teoría de Operación de STS:.....	31
5.5	Unidad Panel de Distribución (PDU, de sus siglas en inglés, Panel Distribution Unit).....	32
6	GENERALIDADES DE UNA PLANTA DE CORRIENTE DIRECTA (PCD).....	33
6.1	Teoría de Operación de las Plantas de Corriente Directa. ....	33
6.2	Mantenimiento de las Plantas de Corriente Directa.....	35

7	GENERALIDADES DE LAS BATERIAS. ....	36
7.1	Componentes y Operación de la Batería. ....	36
7.1.1	Celdas contra Baterías. ....	36
7.1.2	Baterías y Celdas Primarias y Secundarias. ....	36
7.1.3	Componentes de una Batería de Plomo-Ácido. ....	36
7.1.4	Operación de una Batería Plomo-Ácido.....	37
7.1.5	Voltaje de la Celda y Batería. ....	38
7.1.6	Capacidad de las Baterías. ....	38
7.2	Tipos de Baterías Plomo-Ácido. ....	38
7.2.1	Baterías de Plomo-Ácido Abiertas. ....	39
7.2.2	Baterías de Plomo-Ácido Selladas.....	39
7.3	Mantenimiento de Baterías. ....	39
7.3.1	Selección del Cargador de Baterías Apropriado. ....	40
7.3.2	Recarga de Baterías a Voltaje Constante. ....	41
7.3.3	Recarga de Flotación de las Baterías. ....	41
7.3.4	Recarga de Corriente Constante. ....	42
7.3.5	Carga Gradual. ....	42
7.3.6	Prevención de la Sobre-descarga.....	42
7.3.7	Los Niveles de Electrolito.....	42
7.3.8	Limpieza.....	43
7.3.9	Altas Temperaturas. ....	43
7.4	Seguridad.....	43
8	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN. ....	45
8.1	Ciclo del Aire Acondicionado. ....	49
8.1.1	Operación por el Método de Expansión Directa.....	50
9	RUTINAS DE MANTENIMIENTO .....	53
9.1	Rutinas de Mantenimiento para Plantas Generadoras Eléctricas con motor de combustión interna.....	53
9.1.1	Rutina de Mantenimiento Preventivo Menor para Plantas de Emergencia.....	53

9.1.2	Rutina de Mantenimiento Preventivo Mayor para la Planta de Emergencia. ....	55
9.2	Rutina de Mantenimiento para UPS. ....	56
9.2.1	Rutina de Mantenimiento a UPS's Preventivo Menor. ....	56
9.2.2	Rutina de Mantenimiento a UPS's Preventivo Mayor. ....	56
9.2.3	Rutina de Mantenimiento Preventivo Sistemas de Transferencia Estática Sin Paro (STS). 58	
	El intervalo de tiempo que se propone es mensual. ....	58
9.2.4	Rutina de Mantenimiento para Unidad de Panel de Distribución (PDU). ....	58
9.3	Rutina de servicio de Mantenimiento Preventivo a Banco de Baterías. ....	58
9.4	Rutina de Mantenimiento Preventivo Menor para Planta de Corriente Directa. ....	59
9.4.1	Rutina de Mantenimiento Preventivo Mayor a la Planta de Corriente Directa. ....	59
9.5	Rutina de Mantenimiento para Equipos de Aire Acondicionado de Precisión. ....	60
10	Participación Profesional. ....	61
11	RESULTADOS: ....	62
12	Aportaciones. ....	63
13	CONCLUSIÓN. ....	63
14	ANEXO A. ....	64
14.1	FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS EQUIPOS DE RESPALDO DE CARGAS CRÍTICAS. ....	64
15	ANEXO B DIAGRAMA TÍPICO DE CONEXIÓN DE EQUIPOS. ....	69
16	ANEXO C. ....	51
16.1	Unidades de Medición. ....	51
17	ANEXO D. ....	70
17.1	ACRÓNIMOS. ....	70
18	ANEXO E. ....	71
18.1	LISTA DE FIGURAS. ....	71
19	ANEXO F. ....	72
19.1	LISTA DE FOTOGRAFÍAS. ....	72
20	LISTA DE TABLAS. ....	72
21	Bibliografía. ....	73

TEMA:

## **1 SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE RESPALDO DE CARGAS CRÍTICAS EN CENTROS PROCESADORES DE INFORMACION Y CÓMPUTO (DATA CENTER).**

### 1.1 Planteamiento del Problema.

Aún, cuando el mejor diseño y equipamiento se tenga en un sistema eléctrico industrial o comercial, la seguridad esperada y la confiabilidad realizada por un sistema eléctrico, dependen en gran medida de la calidad, capacidad de operación y mantenimiento realizado.

Hoy por hoy, los servicios de mantenimiento sobre los sistemas de respaldo de cargas críticas en centros procesadores de información y cómputo, deben realizarse por personal altamente calificado y especializado, debido, a la importancia tan esencial que éstos sistemas eléctricos representan; en primer lugar para todas las empresas que requieren el manejo de información en Data Center's, para que estas puedan lograr la optimización y desarrollo económico de las mismas. En segundo lugar, no perder de vista lo que estas representan para el país ya que si estas empresas operan de manera adecuada, conlleva al mejoramiento en los sectores productivos de la sociedad.

### 1.2 Alternativas de Solución.

-Contar de manera permanente con personal altamente calificado y especializado para el desarrollo de los servicios de mantenimiento.

-Realización de planes y programas de mantenimiento, elaborados a la medida de cada Data Center cumpliendo con Normas y Estándares internacionales.

### 1.3 Objetivo:

Describir de manera general, el funcionamiento de los equipos que respaldan cargas críticas específicamente en centros procesadores de información y cómputo (DATA CENTER), así como, establecer los lineamientos básicos generales en la realización de las rutinas de Mantenimiento para garantizar la confiabilidad y operación del sistema eléctrico en que operan estos equipos.

## 2 MANTENIMIENTO

### 2.1 Antecedentes del Mantenimiento.

El término Mantenimiento, se empezó a utilizar de manera general en el ámbito industrial hacia 1950 en EE.UU., el concepto fue evolucionando desde la simple función de revisar y reparar los equipos para garantizar la producción, hasta la concepción actual que nos dice que; el MANTENIMIENTO cuenta con funciones de revisar, prevenir y corregir los equipos a con el fin de optimizar el costo global de producción.

Los servicios de mantenimiento, ocupan posiciones muy variables dependiendo de los tipos de industria a los que estén dirigidos:

- posición fundamental en centrales nucleares e industrias aeronáuticas.
- posición fundamental en los centros procesadores de información y cómputo.
- posición importante en las industrias de proceso.
- posición secundaria en empresas con costos bajos por paros técnicos.

En cualquier caso, se pueden distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento que son:

La Primera: que comprende, desde la revolución industrial (1760) hasta después de la 2ª guerra mundial (1945), aunque aún prevalece en muchas industrias. El mantenimiento que sólo se ocupa de corregir desperfectos, es el Mantenimiento Correctivo.

La segunda: Al término de la 2ª guerra mundial (1945) y finales de los años 70, en donde se descubre la relación entre lo perdurable de los equipos y probabilidad de fallo. Se empiezan a elaborar sustituciones preventivas, es el Mantenimiento Preventivo.

La tercera: surge a principios de los años 80. Se inicia realizando los primeros estudios CAUSA-EFECTO para descubrir la procedencia de los problemas. Es el Mantenimiento predictivo o detención anticipada de señales e indicios de síntomas, para actuar antes de que las consecuencias sean irreparables. Se comienza hacer partícipe a la producción en las tareas de detección de fallos.

Cuarta: Aparece en los primeros años de la década de los 90's, el mantenimiento se considera como una parte del concepto de calidad total y que plantea: mediante una adecuada gestión del mantenimiento, se aumenta la disponibilidad de tiempo en los equipos, así como, también se reducen los costos. Se identifica al mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como mal necesario. La posibilidad de que una maquina falle, y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que tomar en cuenta, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al costo mínimo.

## 2.2 Definición de Mantenimiento.

Se entiende por mantenimiento, a la función empresarial que se encarga del control del estado en las instalaciones de todo tipo, tanto de las productivas como las auxiliares y de servicios. En este sentido se puede decir que el mantenimiento, es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un costo reducido. Por lo anterior se deduce que éste tiene diferentes actividades que serían:

- prevenir y corregir averías
- cuantificar y evaluar el estado de las instalaciones.
- aspecto económico (costos)

En los años 70, en Gran Bretaña se originó, la Terotecnología (del griego conservar, cuidar) cuyo ámbito es más amplio que la simple conservación. La Terotecnología es el conjunto de las prácticas de gestión, financieras y técnicas aplicadas a los activos físicos para reducir el costo del ciclo de vida de los equipos.

El concepto anterior, implica especificar una disponibilidad de los diferentes equipos para un tiempo igualmente determinado. Todo ello, lleva a la idea de que el mantenimiento, empieza en el proyecto de la máquina o equipo, para poder llevar a cabo éste de manera adecuada, es imprescindible proceder desde la especificación técnica (normas, tolerancias, planos y demás documentación técnica) y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha; estas actividades cuando son realizadas con la participación del personal de mantenimiento, se emplean para establecer y documentar el estado de referencia. A este estado se refiere durante el tiempo que funcione la máquina cada vez que se hagan evaluaciones de su rendimiento y funcionalidad.

Las funciones del Mantenimiento son:

- La vigilancia permanente y/o periódica.
- Las acciones preventivas
- Las acciones correctivas (reparaciones)
- El remplazamiento de maquinaria o equipo

Mientras que los objetivos que integra el mantenimiento son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso
- reducir los costos al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- mejorar la fiabilidad (medida del funcionamiento) probabilidad del funcionamiento requerido durante el intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$  en determinadas condiciones de máquinas e instalaciones.
- asistencia al departamento de Ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la Mantenibilidad (como una probabilidad de que una operación de mantenimiento dada, se lleve a cabo en condiciones definidas en un intervalo de tiempo  $(t_1, t_2)$  cuando la operación a comenzado en  $t=0$  ) de nuevas instalaciones.

A continuación, se hacen unas breves definiciones de Mantenimiento en los sistemas de funcionamiento eléctrico, según *IEEE STD 902-1998, GUIDE FOR MAINTENANCE, OPERATION, AND SAFETY INDUSTRIAL AND COMERCIAL POWER SYSTEMS*:

“Mantenimiento: Es el acto de preservar o llevar dentro de la existencia aquellas condiciones, que son necesarias para operar el equipo como originalmente fue intencionado.

Mantenimiento Predictivo: Son la practicas de conducir, diagnosticar, probar e inspeccionar durante una operación normal, con la idea de detectar anticipadamente la debilidad o surgimiento de alguna falla.

Mantenimiento Preventivo: Son las practicas e inspecciones de rutina, pruebas y servicios que impidan problemas, además de que estos últimos puedan ser detectados, reducidos e incluso eliminarlos.

Mantenimientos Centrados en la Confiabilidad: es una metodología sistemática, que establece la optimización de Mantenimientos Preventivos para equipos, basados sobre las consecuencias de la falla de un equipo, las consecuencias de las fallas son determinadas por la aplicación del equipamiento en la operación del sistema” (902-1998, 1998)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> IEEE STD 902-1998, Guide for Maintenance, Operation and Safety Industrial and Power Systems. IEEE publications, 1998.pág:22

### 2.3 Análisis y Metodología Empleada.

Aunque se tenga el mejor diseño y equipamiento en un sistema eléctrico industrial o comercial, la seguridad esperada y la confiabilidad realizada por un sistema eléctrico, dependen en gran medida de la calidad, capacidad de operación y mantenimiento. La optimización del mantenimiento y operación de los equipos, a menudo es aprovechado en el costo-efectivo en la realización y el mejoramiento dentro de los sistemas eléctricos.

Los “Sistemas Eléctricos industriales y Comerciales” contemplan un amplio panorama, en un extremo, se encuentran los grandes complejos industriales, que pueden tener personal altamente especializado y entrenado para la operación y el mantenimiento de los equipos, en otro lado, hay pequeños o simples sistemas, donde incluso el propietario con un poco de destreza eléctrica puede llevar a cabo el mantenimiento de los mismos.

Hay fundamentos básicos, para mantener en óptimas condiciones los equipos independientemente de la magnitud del sistema eléctrico. Además, hay servicios elaborados estratégicamente a la medida de las necesidades individuales de cada sistema, estos son:

- a) Mantenimiento, operación y consideraciones de seguridad en el diseño de sistemas eléctricos.
- b) Desarrollo del Mantenimiento y operación estratégica, para asegurar la confiabilidad del sistema a largo plazo.
- c) Desarrollo de documentación y archivos.
- d) Desarrollo e implementación de pruebas y métodos de inspección.
- e) Desarrollo de procedimientos para auditorias e inventarios en la realización de los mantenimientos, así como en su operación.
- f) Desarrollo de procedimientos para mantener la seguridad del personal.

Los Programas de Mantenimientos Preventivos, contienen funciones de prevención, además de un programa centrado en la confiabilidad del sistema. Debido a todas las variables que existen en los diferentes equipos eléctricos; los tipos de aplicaciones para el cual son utilizados, es complicado hacer una definición universal y exacta de cómo hacer un Programa de Mantenimiento, sin embargo, alguna forma de éste se tiene que hacer para intentar erradicar tal situación.

La National Fire Protection Association, (NFPA 70B-2006), indica lo siguiente:

“El deterioro del equipo eléctrico es normal, pero la falla del equipo no es inevitable. Tan pronto como un equipo nuevo es instalado, el proceso normal de deterioro inicia, el proceso de deterioro incontrolado puede causar un malfuncionamiento o una falla eléctrica” (NFPA, 2006)<sup>2</sup>.

Por lo que, es necesario tener el control del desgaste en el equipo, con la idea de mantener el uso para el cual el equipo y el sistema fueron originalmente diseñados e instalados, para esto, se agregan programas de Mantenimiento Preventivo con el fin de asegurar la confiabilidad del sistema eléctrico.

#### 2.4 Fundamentos de Mantenimiento para Equipo Eléctrico.

Las condiciones de operación de un equipo eléctrico, son generalmente afectadas por las cuestiones atmosféricas y las condiciones bajo el cual es mantenido y operado. Dependiendo de lo anterior, un procedimiento de mantenimiento exhaustivo (semanal, mensual, anual) se puede categorizar dentro de tres niveles diferentes, en donde:

Nivel 1 Inspección General y rutina de Mantenimiento.

Nivel 2 Inspección, pruebas generales y Mantenimiento Preventivo.

Nivel 3 Inspección de pruebas específicas y Mantenimientos Predictivos.

Las pruebas deben incluir:

- a) Pruebas de aislamiento.
- b) Pruebas de dispositivos de protección.
- c) Pruebas analíticas (por ejemplo; análisis del tiempo de respuesta, análisis de gases disueltos, infrarrojos, resistencias de contactos, etc.)
- d) Pruebas de tierra.
- e) Pruebas funcionales.

---

<sup>2</sup> NFPA 70B-2006, *Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance*, NFPA publications, 2006. pp.13-14.

### 3 TIER (NIVEL DE LOS CENTROS PROCESADORES DE INFORMACION Y CÓMPUTO)

Para saber el tipo de sistema eléctrico e instalación en que se ésta operando, en centros de cómputo es conveniente saber el nivel de éste, según el estándar ANSI/TIA-942:

El estándar ANSI/TIA-942 de abril del 2005 (*Telecommunications, Infrastructure Estandar for data Centres*), presenta una clasificación de cuatro niveles (Tiers) sobre la infraestructura en los centros de cómputo, según el nivel de confiabilidad, siendo el Tier I y II los más sencillos, hasta el Tier III y IV que son más complejos, en donde éste último conjunto es más confiable, tanto en el sistema de alimentación de energía eléctrica, como en los sistemas de respaldo de energía, UPS's , Plantas de Generadoras de Energía Eléctrica y Aires Acondicionados de Precisión.

A continuación, se describen de manera general las características de los 4 Tiers:

#### 3.1 -Tier I. Básico:

\*Líneas únicas

\*Sin redundancia.

Este sistema, es susceptible a interrupciones por actividades planeadas y no planeadas, tanto los UPS (Unidad de Energía Ininterrumpible), como las Plantas Generadoras y Aires Acondicionados de Precisión, son módulos sencillos por lo que están expuestos a múltiples puntos de falla. Las cargas críticas están pre-dispuestas a cortes de energía durante Mantenimientos Preventivos y Correctivos, errores de operación o fallas repentinas en los componentes, por lo que pueden causar interrupciones en el centro de cómputo.

#### 3.2 -Tier II. Componentes Redundantes:

\*Líneas únicas.

\*Componentes Redundantes.

Aquí, es menos sensible a interrupciones planeadas y no planeadas que el Tier anterior, en el diseño del sistema eléctrico el UPS y la Planta Generadora necesitan redundancia N+1, pero solo hay un camino de distribución. El Mantenimiento de las rutas críticas de potencia y otras partes de la infraestructura requieren de un proceso de apagado del equipo.

### 3.3 -Tier III. Concurrente Mantenible:

- \*Sistemas Multimodulos

- \*Líneas duales o múltiples

- \*Doble ruta de alimentación de potencia

- \*Pérdida de redundancia durante falla o mantenimiento.

Este nivel, permite realizar actividades de mantenimiento planeadas sin tener que suspender servicios de hardware. Esto incluye labores de Mantenimiento Preventivo, Correctivo, adición o remoción de equipos se cuenta con la suficiente disponibilidad en una de las líneas cuando se estén haciendo trabajos en otra, el sistema no queda con redundancia cuando se hacen éstos. Se diseña con la opción de convertirse a Tier IV cuando las operaciones de negocio así lo exijan.

### 3.4 -Tier IV. Tolerante a Fallas.

- \*Múltiples Líneas.

- \*componentes redundantes

- \*Fuente dual de potencia crítica garantizada

- \*No hay pérdida de redundancia durante una falla sencilla o mantenimiento.

Éste, proporciona la confianza de no presentar interrupciones en las cargas críticas durante las actividades planeadas o no, conserva la redundancia y garantiza la confiabilidad, aún, durante labores de mantenimiento a una de las líneas o rutas. La única forma de tener un corte de energía es mediante la activación del botón de Apagado de emergencia (*EPO, de sus siglas en inglés, Emergency Power Output*).

### 3.5 Porcentaje de Disponibilidad según Tier.

El porcentaje de disponibilidad, está basado en la definición general de disponibilidad de Tier y confiabilidad de la asociación de equipo eléctrico, la disponibilidad de un sistema pueden ser calculado:

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF}/(\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Donde:

MTBF (*de sus siglas en ingles Mean Time Between Failures*), el promedio de tiempo entre fallas.

MTTR (*de sus siglas en ingles Mean Time To Repair*), tiempo promedio en reparación.

Como se observa en la ecuación anterior, es conveniente tener niveles de muy altos de MTBF (>100,000 hrs) y niveles muy bajos de MTTR (4 y 24 hrs)

El cálculo de disponibilidad varios Tiers, basado sobre la definición de Tier y confiabilidad de equipo se muestra en la siguiente tabla.

Nivel TIER	9's de Disponibilidad	Tiempo de trabajo parado	Valor del usuario
TIER I	99.99%	53 minutos	Respaldo de Energía/Infraestructura básica del sitio
TIER II	99.999%	53min-31.6seg	Preserva la integridad de los datos/ algunas interrupciones del negocio
TIER III	99.99999%	31.6seg-3seg	Incrementa el tiempo de trabajo/ continuidad del negocio
TIERIV	99.999999%	3seg-.3seg	No tiene tiempo de trabajo parado.

Tabla 1 Porcentaje de disponibilidad según Tier. (Liebert Corporation, 2010)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Liebert Corporation. (2010). *Using Static Transfer Switches to Enhance Data Center Availability and Maintainability*. Columbus Ohio: Emerson Electric Co. Pág 3.

#### 4 GENERALIDADES DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las plantas generadoras, son dispositivos que aprovechan cierto tipo de energía para producir energía eléctrica, ésta puede provenir de un motor de combustión interna, de los rayos del sol, de los gases provenientes del subsuelo, del vapor de agua, etc.

De acuerdo al tipo de energía que aprovechan las plantas, éstas se pueden clasificar en:

a).- Planta Hidroeléctrica. Esta emplea, la energía dinámica de un sistema hidráulico para mover una turbina y está a su vez un generador de corriente alterna.

b).-Planta Termoeléctrica. Es aquella, que usa la energía térmica de un combustible para producir vapor a presión, el cual moviliza una turbina y ésta a su vez mueve a un generador de corriente alterna.

c).-Planta Geotérmica. Es en donde, se aprovecha la energía dinámica de los gases del subsuelo para mover unas turbinas y éstas a su vez, mueven un generador de corriente alterna.

d).- Planta nucleoelectrica. Aquí, se aprovecha la energía calorífica que desprenden algunos materiales como el uranio, que al provocarse una reacción nuclear se aprovecha el vapor de agua y éste último mueve las turbinas de vapor que dan movimiento a un generador.

e).-Planta Maremotriz. Es la que, utiliza la energía dinámica de las olas del mar, para mover turbinas y éstas a su vez un generador de corriente alterna.

f).- Planta de Combustión Interna. Ésta se vale, de la energía térmica provocada por la explosión controlada de un combustible en una cámara de combustión, para producir un movimiento mecánico a una flecha que esta acoplada al rotor de un generador, y que por inducción electromagnética produce un voltaje en las terminales eléctricas del generador.

Tomando en consideración los aspectos anteriores, se clasifican las plantas de combustión interna de la siguiente forma:



Las plantas con motor de combustión interna, generalmente utilizan como combustible el diésel, por las ventajas que representa con respecto a las que emplean gasolina o gas, desarrollan más potencia, tienen mayor relación de compresión, mayor eficiencia y aprovechan mejor la energía térmica desprendida del combustible con respecto a las de gasolina o gas LP, son motores a 4 tiempos: admisión, compresión, expansión, y expulsión. Éstas son conocidas como Plantas Generadoras de Energía Eléctrica en Emergencia y comúnmente son sólo llamadas como “Plantas de Emergencia”.

#### 4.1 Operación Automática de la Planta de Emergencia.

Se dice que una planta es automática, cuando opera por sí sola realizando cinco funciones:

- a) Arrancar
- b) Proteger
- c) Transferir carga
- d) Retransferir carga
- e) Paro

Únicamente, se requiere de supervisión y Mantenimiento Preventivo. Estas plantas son aprovechadas por lo general en las industrias, centros comerciales, hospitales, hoteles, aeropuertos, centros de cómputo, etc.

#### 4.2 Operación Manual de la Planta de Emergencia.

Son aquellas plantas, en donde se requiere que su operación se trabaje manualmente mediante un interruptor para arrancar o detener dicha planta. Normalmente, éstas sirven en lugares donde no existe alimentación por parte de alguna compañía abastecedora de energía eléctrica. También se usan, en sitios donde la falta de energía puede permanecer durante algunos minutos, mientras una persona acude al lugar donde está instalada la planta para arrancarla y hacer manualmente la transferencia (cambio de fuente de alimentación eléctrica).

#### 4.3 Clasificación de las Plantas de Emergencia por el tipo de servicio que realizan:

##### 4.3.1 Servicio Continuo.

Son Plantas, que operan por varias horas entre 300 y 500 horas por año, son útiles en lugares alejados donde las compañías suministradoras no tienen acceso, por ejemplo, en las estaciones receptoras de radio y televisión, así como, en centros de cómputo, etc.

#### 4.3.2 Servicio en Emergencia.

Son las que operan, hasta 300 horas por año y se emplean en lugares donde se cuenta con sistemas de distribución por parte de las compañías abastecedoras de energía eléctrica y se requiere que nunca falte energía, en caso de falla de suministro eléctrico, por ejemplo: Hoteles, Hospitales, Centros de cómputo, Aeropuertos, etc.

Las máquinas están diseñadas para operar con una capacidad en emergencia, si ésta se quiere operar en servicio continuo se tiene que disminuir la capacidad de servicio de emergencia, un 10% aproximadamente.

*La Norma Oficial Mexicana NOM-J-467-1989, Productos Eléctricos- Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia, define los siguientes conceptos:*

“PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA DE EMERGENCIA (P.G.E.E.E). Es un grupo motor-generator, el cual convierte la energía calorífica de un combustible en energía eléctrica.

POTENCIA NOMINAL. Es la capacidad en KW obtenidos en las terminales del generador a una altitud del nivel del mar, considerando una temperatura ambiente máxima de 40°C, en cualquiera de sus aplicaciones y a una velocidad nominal del motor a 1800 r.p.m” (NOM-J-467-1989, 1989)<sup>4</sup>.

Según el fabricante de motores Diésel “CUMMINS POWER GENERATION”, indica los términos de potencia para diferentes tipos de aplicaciones en:

STAND BY POWER RATING. Es aplicable para proveer energía durante una suspensión de la misma. No existe capacidad de sobrecarga disponible para el rango Stand by. Estos motores están disponibles para operar en paralelo; además, de la recomendación de que no deberá aplicar un máximo del 80% promedio del factor de carga y 200 horas de operación por año, y también utilizarlo menos de 25 horas por año en carga máxima y solo en verdaderos casos de emergencia.

PRIME POWER RATING. Prime Power está disponible para un número ilimitado de horas en una aplicación variable. Esta carga variable no debe exceder un 70% promedio del rango Prime Power durante un periodo de operación de 250 horas. El tiempo total de operación al 100% de Pime Power, no deberá exceder de 500 horas por año. Un 10% de sobrecarga no debe exceder de 25 horas por año.

---

<sup>4</sup> NOM-J-467-1989, Productos Eléctricos- Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia. Diario Oficial de la Federación, 1989.

CONTINUOUS POWER RATING. Es aplicable, para proveer energía al 100% de carga constante para un número ilimitado de horas por año. No está disponible capacidad de sobrecarga para éste rango de potencia.

#### 4.4 Disponibilidad de las Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia (P.G.E.E.E.)

Es el tiempo máximo en segundos, necesario para que la P.G.E.E.E, esté en condiciones adecuadas de operación, permitiendo la transferencia y toma de carga.

Existen 5 tipos de disponibilidad:

Tipo 1: Básicamente inmediata de 3 a 5 milisegundos.

Tipo 2: Hasta 5 segundos.

Tipo 3: hasta 15 segundos.

Tipo 4: más de 15 segundos.

Tipo M: manual (sin límite de tiempo).

#### 4.5 Operación, Mantenimiento y Recomendaciones Generales de las Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia.

La operación de una planta eléctrica de emergencia es sencilla, el manejo depende mucho de la marca, modelo y sobre todo del control de operación de la misma. Se resumirá brevemente las generalidades del funcionamiento de una planta eléctrica de emergencia.

##### 4.5.1 Procedimientos de Encendido en Forma Manual para Plantas de Emergencia.

OPCIÓN A: En dónde el regulador de voltaje del generador va provisto del interruptor de marcha mínima y el motor no tiene precalentador de agua, el procedimiento es:

1. El interruptor de marcha mínima se abre para no dañar al regulador de voltaje.
2. El acelerador del motor se coloca en posición mínima (Velocidad ralentí o de holgar).
3. Se arranca el motor manualmente :
  - a) Si el motor es Perkins, se acciona el interruptor de tres posiciones hasta lograr el arranque del motor y se deja en posición sostenida.
  - b) Si el motor es Cummins, se acciona el interruptor de tres posiciones en su posición momentánea y el botón de arranque hasta lograrlo. Al empezar a funcionar el

motor, se desconecta el botón de arranque y el interruptor de tres posiciones se pasa a la posición sostenida.

4. El motor se deja calentar y se acelera poco a poco hasta alcanzar una temperatura de 130°F (~ 55°C) y una velocidad de 1800 rpm. Este proceso se efectúa en aproximadamente 5 minutos.
5. Cerrar el interruptor de marcha mínima del regulador de voltaje. En ese momento el generador empieza a producir voltaje. Revisar la frecuencia del generador.
6. Se ajusta el voltaje al valor deseado por medio del potenciómetro.
7. Se conecta el interruptor de la carga.
8. Durante todo el tiempo que tarde la planta trabajando, se debe estar revisando la temperatura del agua, temperatura del aceite (esto último solo en motores Cummins), presión del aceite, corriente de carga al acumulador, corriente, voltaje y frecuencia del generador. Si alguno de estos parámetros están fuera de su rango de operación, se debe atender inmediatamente el caso y proceder como los incisos a) y b) señalan a continuación:
  - a) Si la temperatura del refrigerante es muy alta, quitar el tapón del radiador, revisar el nivel de refrigerante y reponerlo en caso necesario (sin parar el motor). Si el nivel de refrigerante se encuentra bien, buscar la manera de ventilar el motor por otros medios. También conviene verificar la carga conectada ya que si el generador está muy cargado, esa puede ser la causa, si este es el caso conviene quitarle carga al generador hasta llegar a la corriente de la placa del propio generador.
  - b) Si la presión del motor, es muy baja, se para el motor, revisar el nivel de aceite y reponerlo con el motor parado. Después volver arrancar el motor en alta velocidad. En combinación con la baja presión de aceite, se presenta alta temperatura del refrigerante, por lo que si el nivel de aceite es correcto y la presión baja, conviene enfriar el motor por medios externos.

En casos muy extremos, se tiene que hacer un cambio de aceite, el motor tiene que estar apagado. Es también recomendable verificar el tipo de aceite del motor que se usa, pues puede ser un aceite no adecuado para ese tipo de trabajo. El aceite recomendado es el que cumpla la especificación Serie 3, MIL-L-2104, o CD y el grado SAE puede ser SAE 30 para temperaturas ambientales menores de 30°C o SAE 40 para temperaturas mayores de 30°C.

Cuando se mide la corriente, en el alternador y el amperímetro que señala la carga del alternador al acumulador proporciona una señal negativa, significa que el alternador no está cargando. En este caso se verifica el estado del alternador, regulador de voltaje y las conexiones.

Si la corriente del generador, es más alta que de la de la placa, se debe desconectar carga, esto para dejar la corriente igual que la placa del generador, éste puede suministrar 10% más de la corriente de placa en un lapso de 2 horas cada 24 horas. Si la frecuencia del motor baja a un punto peligroso que puede hacer que se detenga el motor y por lo tanto perder la carga, hay que acelerar el motor para compensar caída de frecuencia. Es normal que un generador a toda su carga, baje un poco su frecuencia, cuando la frecuencia del generador baja de su valor, es posible recuperarla girando el potenciómetro del regulador de voltaje.

9. Si en el trabajo de la planta llegan a actuar las protecciones, hay que verificar la temperatura y el nivel de aceite. Si se activa la protección por alta temperatura del anticongelante, se deja que el motor se enfríe y después se repone el faltante. Seguir las indicaciones del párrafo 3.
10. Para detener el motor, desconectar la carga manualmente y dejar trabajar el motor durante tres minutos en vacío (sin carga). Después se para el motor con el interruptor de tres posiciones, pasándolo a la posición "FUERA".
11. Es conveniente arrancar el motor por lo menos una vez a la semana por un lapso de 15 minutos para mantener bien cargado el acumulador y para mantener el magnetismo remanente del generador. También para corregir pequeñas fallas que se detecten.

OPCION B: Cuando el regulador de voltaje del generador, no cuenta con interruptor de marcha mínima y el motor no tiene pre-calentador de agua.

1. Se tiene que quitar el fusible del regulador de voltaje o se desconectan las terminales F+ y F-.
2. Se arranca el motor manualmente en baja velocidad. (El proceso es igual al inciso 3 de la opción A).
3. El motor se deja calentar y se acelera poco a poco hasta alcanzar una temperatura de 130°F (~55°C) y una velocidad de 1800 rpm, este proceso se efectúa en aproximadamente 5 minutos.
4. Al llegar a 130°F se detiene el motor sin acelerarlo.
5. Se coloca el fusible del regulador o se conectan las terminales F+ y F- (según lo que se haya realizado en el paso 1).
6. Se arranca el motor a 1800 rpm.
7. Se ajusta el voltaje por medio del potenciómetro del regulador de voltaje, solo si es necesario.
8. Se cierra el interruptor que conecta la carga.

Los pasos del 8 al 11 de la opción A son aplicables a esta opción B.

#### 4.5.2 Encendido en Forma Automática para Plantas de Emergencia.

1. El selector en el tablero de control, debe estar siempre en la posición de “AUTOMATICO”, a excepción de los casos en que se realice mantenimiento.
2. En caso de falla de energía normal, la planta arrancará inmediatamente y se genera voltaje.
3. Al normalizarse la energía de la compañía abastecedora, la planta se detiene sola, no sin antes dar un tiempo para la retransferencia y otro para el enfriamiento del motor.
4. La posición “MANUAL “del selector, se usa para verificar el buen funcionamiento de la planta la alimentación normal.
5. Las plantas automáticas, vienen provistas de un interruptor de prueba para simular fallas de alimentación normal. Al abrir el interruptor, la planta debe de arrancar y tomar la carga como si hubiera fallado la energía normal al cerrar el interruptor sucede lo mismo que ocurre cuando se normaliza la energía de la compañía suministradora.
6. Algunas plantas automáticas, cuentan con un reloj programador que produce un arranque una vez a la semana durante una hora para ejercitar la planta. El día se puede programar así como el tiempo de trabajo, según se desee, es posible hacer que funcione la planta diariamente una o más veces al día.
7. Seguir todas las indicaciones de la opción A de los incisos 8 y 9, en caso de fallas.

NOTA: Antes de poner en operación cualquier tipo de planta eléctrica, se debe efectuar el mantenimiento correspondiente para que opere de manera correcta.

### 4.5.3 Mantenimiento de la Planta de Emergencia.

A continuación, se da una guía específica del Mantenimiento General de la Planta Generadora de Energía Eléctrica de Emergencia.

#### 4.5.3.1 *Inspección de la Planta de Emergencia.*

Durante el funcionamiento, se debe estar alerta a cualquier problema mecánico que podría crear una condición insegura o peligrosa. En seguida, se consideran diferentes áreas que deben revisarse con frecuencia, para asegurar que la unidad continúe funcionando de manera segura.

#### 4.5.3.2 *Sistema de Escape.*

Con el grupo electrógeno trabajando, se hace una inspección visual y audible a todo el sistema de escape; incluyendo, el múltiple, silenciador y tubo de escape. Se deben de revisar todas las conexiones, soldaduras, empaques y juntas en busca de fugas y asegurarse que los tubos de escape no calientan demasiado las zonas circundantes. Si se detecta alguna fuga, se tiene que apagar el generador y corregirla inmediatamente.

#### 4.5.3.3 *Sistema de Lubricación.*

El sistema de lubricación del motor, debe llenarse y cebarse con aceite de la clasificación y viscosidad recomendadas.

Clasificación API (INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL PETRÓLEO) en materia de aceite lubricante. El aceite recomendado para los motores diésel turboalimentados es de la clase CC/CD API, por su contenido máximo de cenizas sulfatadas del 1.85%. Los aceites de esta categoría satisfacen las recomendaciones de los fabricantes de motores, para el funcionamiento satisfactorio casi bajo cualquier condición de operación.

Viscosidad del Aceite. Es la medida de su resistencia al flujo, bajo ciertas temperaturas específicas. Los aceites que pueden satisfacer los requerimientos de flujo en baja temperatura (-18°C o 0°F) y alta temperatura (100°C o 200°F), están asignados como lubricantes de grados múltiples o multiviscosidad. El fabricante del motor recomienda el uso de aceite de multiviscosidad que cumple con los requerimientos de la clasificación API. El empleo de éste mejora el control del aceite, el arranque del motor en tiempo frío y el ahorro del combustible, así como ayuda a mantener una lubricación adecuada.

La siguiente tabla, muestra los grados de viscosidad del aceite lubricante, recomendadas por API para las diferentes temperaturas ambientales.

Temperatura Ambiente	Grado de viscosidad SAE
-25°C a 35°C	10W-30
-10°C y más	10W-40
0°C y más	210-40

Tabla 2 Temperatura ambiente y grado de viscosidad. (García Moreno Antonio, 1999)<sup>5</sup>

#### 4.5.3.4 Nivel de Aceite del Motor de Combustión.

Revisar el nivel de aceite, durante los períodos en que el motor se encuentra estático en los intervalos especificados de la tabla de Mantenimiento. La varilla de medición tiene marcas de nivel alto y bajo para indicar el aceite en el cárter, para obtener lecturas precisas, se apaga el motor y se espera 15 minutos antes de revisar el nivel de aceite. Esto permite que el aceite del motor se regrese de vuelta al cárter.

#### 4.5.3.5 Cambio de Aceite y filtro.

Se tiene que cambiar el aceite, a los intervalos recomendados por la tabla de Mantenimiento (por lo regular se hace una vez al año o cada 250 [hrs] de trabajo). Se debe emplear un aceite que cumpla con los requerimientos de viscosidad y clasificación API. Procedimiento para el cambio de aceite y filtro:

- a) Hacer que funcione el motor y dejar que llegue a la temperatura adecuada, apagar el motor, asegurarse que el interruptor de arranque está en la posición "OFF" y el cable negativo (-) de la batería debe estar desconectado para evitar que haya un arranque inesperado durante el procedimiento.
- b) Sacar el tapón de drenaje de aceite o abrir la válvula y liberar el aceite en un recipiente. Una vez que se vacíe todo, volver a colocar el tapón de aceite a 81-95 [N-m].
- c) Destornillar los filtros de aceite y botarlos.
- d) Aplicar una capa delgada de aceite a la superficie de sellado de los filtros nuevos y llenarlos con aceite nuevo y limpio.
- e) Colocar los filtros y girarlos a mano 2/3 de vuelta después de que el sello toque la superficie de sellado del soporte. No se tiene que apretar demasiado.

<sup>5</sup> García Moreno Antonio, M. N. (1999). *Manual del Curso "PLANTAS ELÉTRICAS DE EMERGENCIA SELMEC"*. México, D.F: SELMEC Equipos Industriales S.A de C.V.pág.5-6

- f) Llenar el cárter con la cantidad de aceite necesaria para llegar a la marca alta de la varilla de medición.
- g) Volver conectar el cable negativo (-) de la batería. Arrancar el motor y localizar fugas de aceite.
- h) Apagar el motor, esperar 15 minutos y revisar el nivel de aceite. Agregar si es necesario.

#### 4.5.3.6 *Sistema de Enfriamiento.*

El sistema de enfriamiento, debe estar completo antes de hacer funcionar la unidad, se revisa el nivel de refrigerante durante los períodos estáticos del motor en los intervalos especificados de las tablas de Mantenimiento. Hay que dejar que el motor se enfríe, se quita la tapa del radiador y si es necesario, agregar refrigerante hasta que el nivel este cerca de la parte superior del radiador. Se tiene que usar una solución que cumpla con los requerimientos del fabricante.

Requerimientos del refrigerante. El agua que se utiliza para enfriar el motor, debe ser limpia con bajo contenido mineral y sin ningún químico corrosivo. Por lo general, cualquier agua que sea adecuada para beber puede procesarse para usarse como refrigerante del motor. Los sistemas de enfriamiento sometidos a condiciones de congelamiento se protegen con un anticongelante tipo permanente, se tiene que mezclar el agua y el anticongelante en la porción recomendada por el proveedor para la temperatura más baja anticipada. No utilizar anticongelante que contenga aditivos para fugas, el elemento del filtro de agua atraparé los aditivos y posiblemente se obstruirá, entonces se debe corregir.

Filtro refrigerante. Cuando se cambia éste en un motor nuevo, se sustituye el elemento de precarga con uno de servicio. Después de cambiar el elemento por tercera vez, se tiene que revisar la concentración de aditivo del refrigerante para motores diésel y se tiene que asegurar que tenga protección adecuada contra la corrosión. Cada vez que se vacíe el sistema de enfriamiento (motor con radiador), se tiene que instalar un filtro de precarga de anticorrosivo para aumentar la concentración del mismo al nivel recomendado.

#### Servicio de cambio del filtro del Anticongelante.

- a) Cerrar las válvulas de corte.
- b) Sacar los filtros del refrigerante y botarlos.
- c) Aplicar una capa delgada de aceite lubricante a la superficie de empaquetadura.
- d) Instalar un filtro nuevo y apretarlo a mano hasta que el sello acabe de tocar las cabezas del filtro. Apretarlo media a tres cuartos de vuelta adicional.
- e) Abrir las válvulas de corte.

#### *4.5.3.7 Sistema de Combustible.*

Con el grupo electrógeno funcionando, se inspeccionan los conductos de suministro de combustible, los conductos de retorno, los filtros y los adaptadores en busca de fugas. Se revisan las secciones flexibles por si tuvieran cortes, grietas o abrasiones y se asegura que no estén friccionando contra ninguna parte del motor a su alrededor que pueden causar roturas, y si se detecta alguna fuga, hay que corregirla de manera inmediata. El motor, ha sido diseñado para funcionar con combustible tipo diésel centrifugado, ya que éste combustible tiene un contenido energético mayor.

Se tiene que tomar las precauciones necesarias para impedir la entrada de basura, u otros contaminantes al sistema de combustible. Filtrarlo y colarlo a medida que se llene el tanque a  $\frac{3}{4}$  de capacidad. Para evitar problemas de condensación, hay que mantener el tanque a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad y mantenerlo a su nivel cada vez que se utilice el motor, en tiempo frio, el combustible caliente que regresa de los inyectores calienta el combustible del tanque, si el nivel de éste está bajo, la porción superior del tanque tiende a formar condensación, durante tiempo caluroso, el combustible y el tanque se calientan durante el día, por la noche, el aire fresco hace posible que la temperatura del tanque disminuya con más rapidez que la del combustible y si el nivel de combustible es bajo, la porción superior del tanque se enfría más rápido y tiende a condensar la humedad. Ésta, puede obstruir los filtros de combustible y también causar problemas de congelación, además, el agua que se mezcla con el azufre del combustible forma ácidos que corroen y dañan las piezas del motor.

#### *4.5.3.8 Filtro de Combustible.*

Hay que usar filtros de combustible que se puedan atornillar y desechar, se deben llenar los filtros nuevos con combustible diésel y lubricarse las juntas con el mismo combustible, se instalan y aprietan a mano hasta que el empaque toque a penas el cabezal del filtro, luego se aplica más fuerza a tres cuartos de vuelta adicional.

#### *4.5.3.9 Filtro de Aire.*

Los componentes de admisión de aire, deben revisarse en el intervalo especificado según los programas de mantenimiento. Las condiciones ambientales generalmente determinan las frecuencias de las revisiones los filtros de aire normal y para servicio pesado tienen un elemento de papel que puede limpiarse y volverse a usar si no está dañado, hay que retirar el filtro si está dañado.

#### 4.6 Generador Síncrono.

Es el generador de electricidad, y la parte más importante de las Plantas Generadoras, pocas veces se le hace un Mantenimiento interno a esta parte del sistema; debido a que son altamente eficientes y seguros, pero algunas ocasiones se requiere de servicio específico para este conjunto en la planta de emergencia y se debe de realizar para evitar fallas posteriores.

Los generadores que utilizan las plantas de emergencia, son síncronos de Corriente Alterna (CA), autoexcitados, y con voltaje regulado en forma externa. Cuentan con seis partes principales: el estator principal (armazón), el rotor principal (campo), el rotor excitador (armazón), montaje de rectificador y el regulador de voltaje. Para entender la terminología antes descrita, hay que tener en cuenta lo siguiente: el embobinado del estator es estacionario, los rotores giran, un campo es una entrada de Corriente Directa (CD), y un armazón es una salida eléctrica de (CA), una descripción de cómo estos componentes están conectados eléctricamente se muestra en la figura 1:

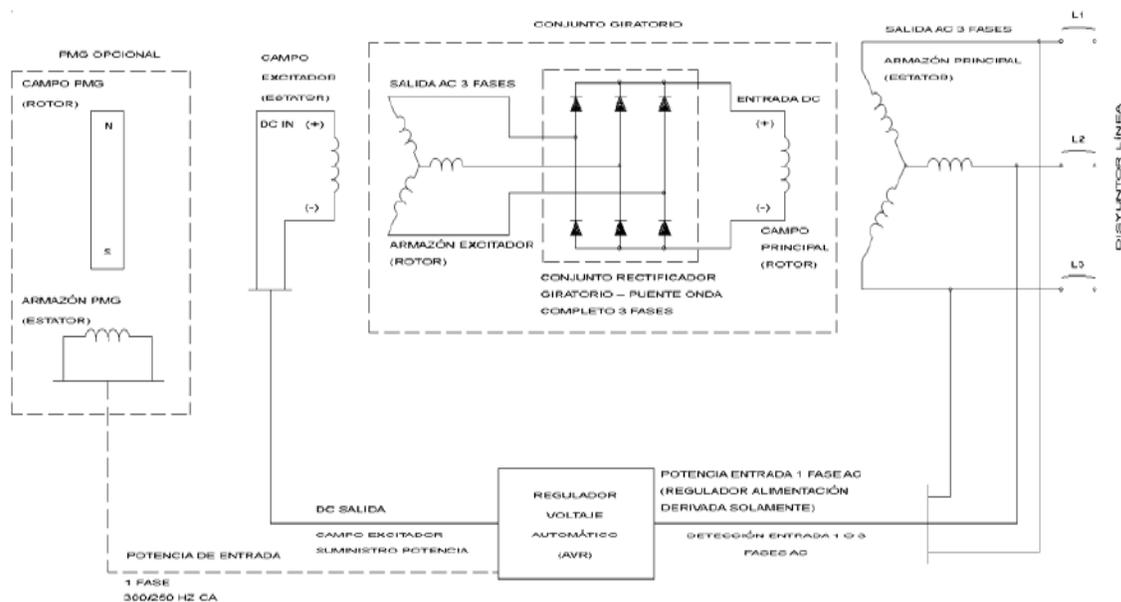


Figura 1 Diagrama eléctrico del generador síncrono marca MARATHON. (Marathon Electric Mfg. Corp, 2006)<sup>6</sup>

<sup>6</sup>Marathon Electric Mfg. Corp. (2006). *Manual de instalación, operación y mantenimiento del armazón 280-430*. Wausau, EEUU.: Marathon Electric Mfg. Corp. pág.3

Y se localizan como lo muestra la figura 2:

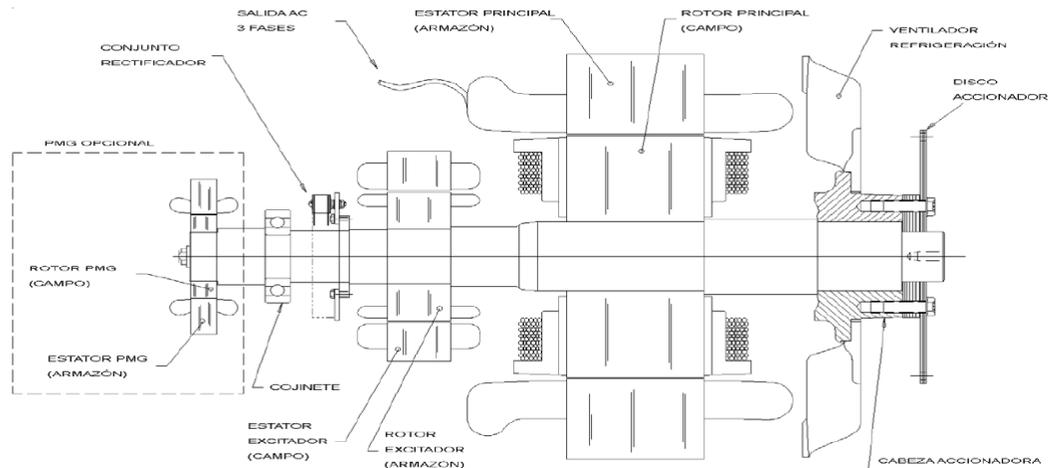


Figura 2.- Localización de los componentes en el generador síncrono marca MARATHON, (Marathon Electric Mfg. Corp, 2006)<sup>7</sup>.

El Excitador del generador, se compone de un campo estacionario y un armazón giratorio. El campo estacionario (estator excitador) ésta diseñado para ser una fuente primaria del magnetismo residual del generador, éste permite al rotor excitador (armazón) producir voltaje de CA, aún, cuando el estator excitador (campo) no reciba energía.

Este voltaje de CA es rectificado a DC, mediante el rectificador giratorio y es alimentado directamente al rotor principal (campo), al continuar girando el eje del generador el rotor principal (campo), induce un voltaje dentro del estator principal del generador (armazón). En una velocidad moderada, el voltaje del estator principal producido por el magnetismo residual del excitador, permite que funcione el regulador automático del voltaje (AVR).

El regulador, proporciona voltaje al campo excitador, lo que resulta en una acumulación de voltaje terminal del generador. La forma de usar magnetismo residual, elimina la necesidad de un campo especial de circuito intermitente en el regulador. Una vez que el sistema ha establecido el voltaje residual inicial, el regulador otorga un campo de voltaje DC controlando al estator excitador, lo que trae como resultado un voltaje terminal controlado en el generador.

<sup>7</sup> Marathon Electric Mfg. Corp. (2006). *Manual de instalación, operación y mantenimiento del armazon 280-430*. Wausau, EEUU.: Marathon Electric Mfg. Corp.pág 3.

#### 4.6.1 Regulación de Voltaje.

El Regulador Automático de Voltaje (AVR), recibe tanto la entrada de energía como el sensor de voltaje de las terminales de salida del generador, se puede ver en la figura 1 del diagrama eléctrico del generador, se puede tener la configuración opcional PMG, el regulador recibe la entrada de energía del PMG. El regulador automáticamente monitorea la salida de voltaje del regulador, contra un punto de referencia interno establecido y proporciona la salida necesaria de voltaje DC al campo excitador requerido para mantener un voltaje terminal constante del generador, el voltaje terminal del generador se cambia al ajustar el punto de referencia establecido en el regulador.

La velocidad del generador, debe ser mantenida al valor establecido en la placa de identificación de datos nominales ya que la frecuencia del generador, depende de una velocidad rotacional, la mayoría de los reguladores usados en los generadores tienen protección integrada contra baja frecuencia, de manera que si la velocidad baja más del 5% el voltaje disminuye rápidamente si continua bajando la velocidad.

Cuando está trabajando la planta eléctrica, se miden las líneas de carga L1, L2, L3 para corroborar que la generación esté correcta empleando un medidor de CA correspondiente, mientras que, la frecuencia del generador debe ser estable y esta indicación debe igualarse con el valor de la placa de identificación de datos nominales.

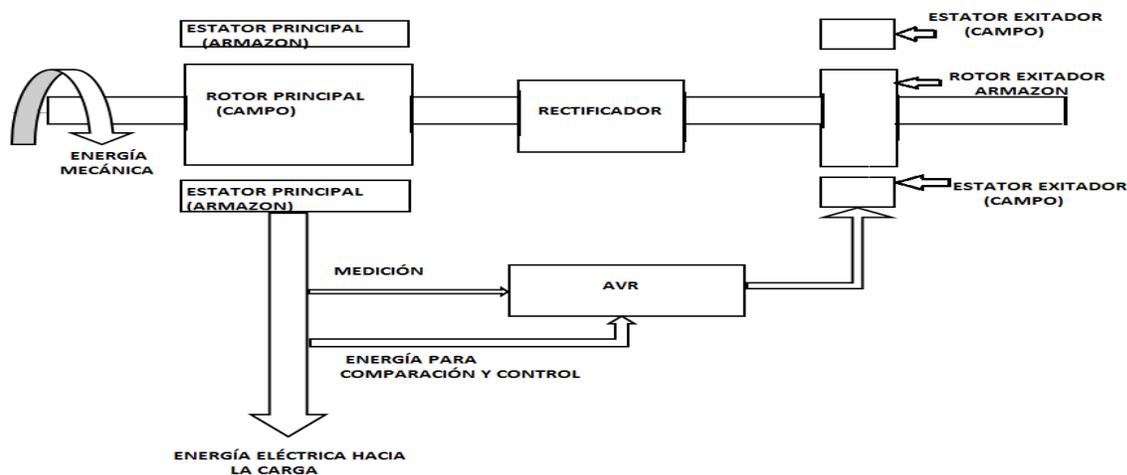


Figura 3 Diagrama de Bloques del Generador.

#### 4.7 Sistema Eléctrico de Corriente Directa CD.

Se revisan los bornes de la batería que estén limpios, y que las conexiones estén apretadas, si están sueltas o con corrosión produce resistencia que puede impedir el arranque, en este caso se limpian y se vuelven a conectar los cables de la batería.

Siempre se deben desconectar ambos extremos del cable negativo de la batería, posteriormente se vuelve a conectar un extremo del cable de la batería y el otro a tierra, esto hace que cualquier arco que se forme pase afuera de la batería y reduce la posibilidad de encender los gases explosivos de la batería.

Acumulador. Se revisa la condición de éste al intervalo especificado en la tabla de Mantenimiento, se asegura que las conexiones estén bien apretadas y limpias. Una ligera capa de grasa no conductiva retardará la corrosión de los bornes, se agrega agua destilada para mantener el electrolito a nivel correcto sobre las placas.

#### 4.8 Transferencias de Energía Eléctrica entre la Planta de Emergencia y la Compañía Abastecedora de Energía Eléctrica.

Una transferencia, es el mecanismo que intercambia la fuente de alimentación de energía eléctrica según se requiera, la comúnmente llamada alimentación normal es por parte de la compañía suministradora y la que provee la planta generadora es conocida como alimentación en emergencia, actualmente, en las plantas eléctricas particularmente las que trabajan en modo automático, cuentan con dos tipos de transferencia, tipo cerrada y tipo abierta. Las primeras, se colocan en plantas que por lo general trabajan en modo paralelo redundante y se tiene que asegurar la carga por el nivel de importancia y el costo que se tiene conectados a estos servicios.

En el modo paralelo redundante, cuando hay un corte de energía o alguna línea está fuera de parámetros normales por parte de compañía suministradora o para servicios de Mantenimiento, se ponen en funcionamiento de manera inmediata dos plantas conectadas en modo paralelo, conectadas a una misma carga, en caso de que falle una planta conectada a esta carga, la otra planta puede tomar toda la carga sin ningún problema o cuando regresa la energía normal y se encuentra dentro de los parámetros normales, hacen un cambio de fuente de alimentación (plantas generadoras y normal (empresa suministradora)) tan ligero, que incluso los equipos de respaldo como UPS, muchas veces ni siquiera detectan el cambio de fuente de alimentación, esto lo hacen porque en el tablero de transferencia hay controles específicos con secuenciometros y sincrocospio, cuando ambas fuentes estén dentro de parámetros como la amplitud de voltaje y fase, se dice que están en sincronía las dos fuentes, entonces, se hace la retransferencia.

En las segundas transferencias que son de tipo abierto, permanentemente va haber un pequeño corte de energía, cuando se da éste por parte de la compañía suministradora, se va la energía normal, arranca la planta y hace la transferencia, al regresar la energía, si no hay sistemas de respaldo las cargas en ese momento se apagan los equipos, ya que hay una breve interrupción cuando se hace la retransferencia.

## 5 UNIDAD DE ENERGÍA ININTERRUMPIBLE (UPS, DE SUS SIGLAS EN INGLÉS, UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY).

Estas Unidades de Energía Ininterrumpible, son de gran importancia en muchos sitios donde la energía eléctrica es vital e importante, la pérdida de un solo instante de ésta energía resulta en altos costos económicos. Los UPS's, son equipos que se utilizan para respaldar las cargas críticas y dar confiabilidad al sistema eléctrico en los centros de cómputo; hospitales, aeropuertos e incluso para no detener producciones importantes en las ensambladoras de automóviles, entre otras actividades económicas importantes.

### 5.1 Teoría de Operación de UPS.

La función de un UPS, es suministrar ininterrumpidamente energía eléctrica de corriente alterna CA a la carga crítica, manteniendo un rango completo de voltaje y baja distorsión en la salida eléctrica del equipo; aún, cuando la fuente normal de alimentación pueda sufrir una falla o interrupción. Si hay un corte o falla de suministro eléctrico en la entrada del equipo, el UPS mantiene la energía en la carga crítica hasta que una fuente alternativa está disponible o la alimentación original es restablecida. Cuando la entrada de CA no ésta presente o tiene alguna falla, el UPS respalda la carga instantáneamente tomando la energía de corriente directa CD del banco de baterías, con la cantidad de carga conectada y la capacidad del banco de baterías se estima el tiempo de respaldo del equipo.

La operación de un UPS, depende mucho del fabricante, no existe un modelo universal ni único pero la mayoría de las unidades de energía ininterumpible, trabajan de forma similar. El UPS, es un sistema que de manera general consta de los siguientes módulos: rectificador-cargador, banco de baterías e inversor, muchos equipos dependiendo de la marca y modelo, disponen de una línea de Bypass para respaldo de la carga y servicios de mantenimientos preventivos y correctivos.

### 5.2 Módulos de UPS.

#### 5.2.1 Rectificador-Cargador.

Actualmente, los rectificadores están contruidos por componentes de electrónica de potencia como los SCR (rectificador controlado de silicio), son rectificadores de onda completa, trifásicos, de 6 pulsos disparados cada 60° y de 12 pulsos para cargas mayores. Los rectificadores de 12 pulsos, “aprovechan mejor la capacidad de transporte de energía de las redes trifásicas, además de que, eliminan las armónicas características de la corriente

demandada por el convertidor” (Rafael Guerrero, 2012)<sup>8</sup> y reduce el voltaje de rizo a la salida de este conjunto. Esta parte del equipo, es la encargada de cambiar el voltaje de CA a CD, para poder alimentar la entrada del inversor y almacenar la energía en los bancos de baterías.

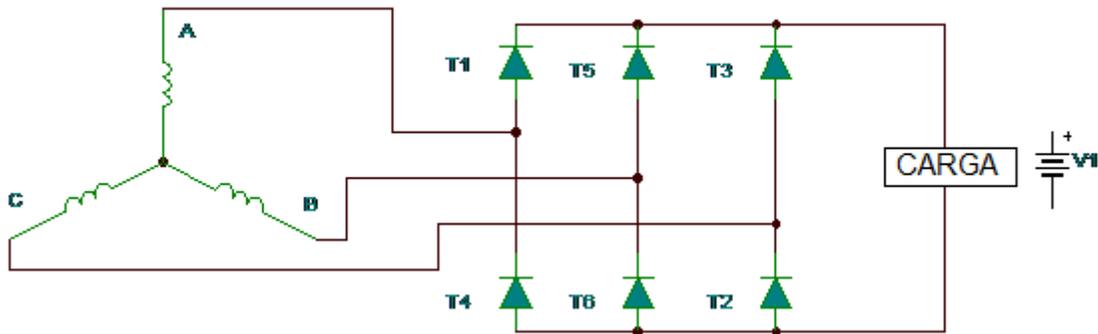


Figura 4 Rectificador de 6 pulsos

### 5.2.2 Banco de Baterías.

Éstos, son usados como fuente alternativa de suministro de CD hacia el inversor, si la alimentación de CA no es de rangos aceptables, las baterías alimentan de energía al inversor hasta que la fuente principal ésta disponible y restablecida dentro de límites operables para los equipos, en sitios altamente críticos hay conectados en paralelo varios bancos de baterías, con el fin de aumentar el tiempo de respaldo por cualquier contingencia y garantizar la confiabilidad del sistema crítico.

### 5.2.3 Inversor.

Están contruidos por componentes de electrónica de potencia, en este caso como son mucho más rápidos de conmutar se utilizan IGBT (*de sus siglas en ingles. Insulated-Gate Bipolar Transistors*) en alta frecuencia, para reducir el tamaño del transformador de salida así como del filtro, el control de los disparos es por moduladores de ancho de pulso (*PWM, Pulse Width Modulated*) también de 6 o 12 pulsos, si además, a la salida del inversor es colocado un filtro, la distorsión armónica total (*THD, de sus siglas en inglés, Total Harmonic Distortion*) baja de un 9% hasta un 4%. Este puente inversor trifásico es el encargado de cambiar el voltaje de CD a CA para poder alimentar la carga crítica.

<sup>8</sup> Rafael Guerrero, Santiago Barcón, Iván Martínez. (2012). *Calidad de la Energía Factor de potencia y filtrado de armónicas*. México: Mc Graw Hill. Pág 189.

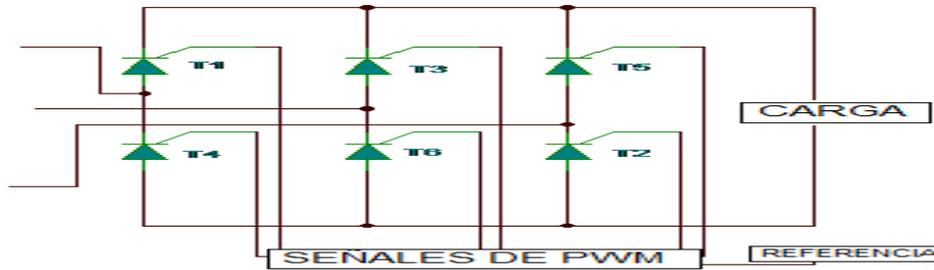


Figura 5 Inversor de 6 pulsos.

### 5.3 Modos de Operación de UPS.

#### 5.3.1 Operación Normal:

El servicio de alimentación principal de CA, provee energía al rectificador/cargador del UPS, éste convierte la energía de CA a CD, proporciona energía de CD al módulo inversor, mientras que simultáneamente para mantener el voltaje de flotación de las baterías recarga el banco de baterías si este lo necesita. El modulo inversor convierte energía de CD a CA proporcionando alimentación en CA a la carga critica, como lo muestra la fig. 6.

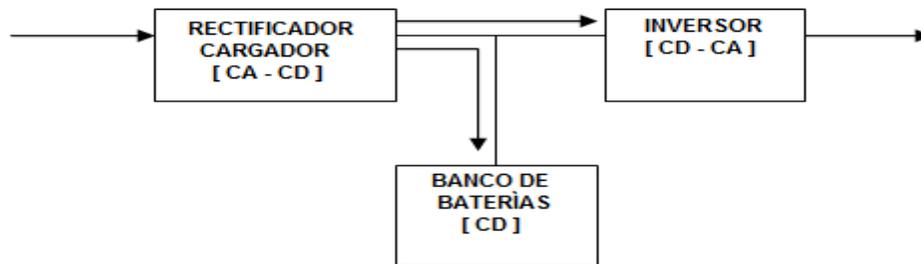


Figura 6 Diagrama de Operación Normal de un UPS.

#### 5.3.2 Falla de Energía En la Entrada UPS.

Cuando falla la energía en la entrada del UPS, debido a una interrupción o está fuera de parámetros aceptables para una operación normal, el banco de baterías llega a ser el primer suministro de energía disponible de CD al inversor, como se observa a continuación en la figura 7.

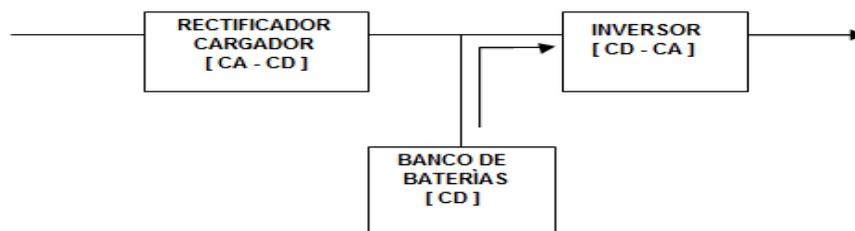


Figura 7 Operación con falla en la entrada de UPS.

### 5.3.3 Recarga de Banco de Baterías.

Una vez, que la alimentación de energía es restablecida o una fuente de alimentación alternativa está disponible, el rectificador/cargador abastece energía al inversor y recarga lentamente al banco de baterías como se presentó en la figura 6. Operación Normal del UPS.

### 5.3.4 Bypass.

Los equipos que cuentan con línea de Bypass, utilizan este módulo de manera instantánea a través de un interruptor estático cuando:

- a) El UPS tiene una sobrecarga.
- b) El equipo tiene falla en algún módulo.

También, se puede hacer una transferencia manual a la línea de Bypass para realizar servicios de Mantenimientos preventivos y correctivos. En todas estas formas de operar la línea de Bypass, es sin interrupción de energía en la carga crítica. La figura 8, muestra la opción de operación con Bypass.

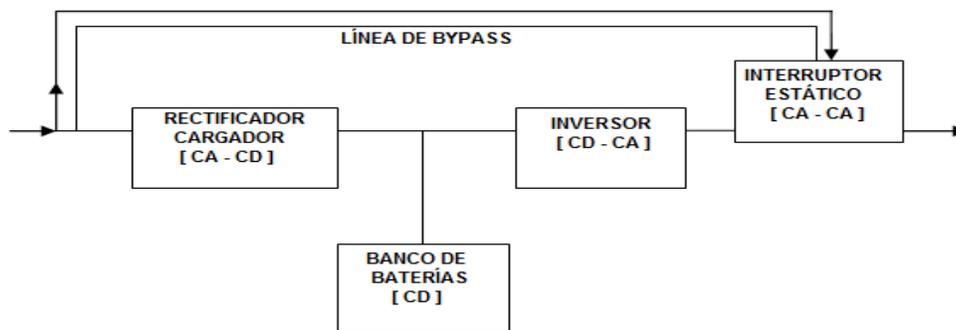


Figura 8 Operación en Bypass de UPS

A continuación se ilustran algunos diagramas comunes de UPS.

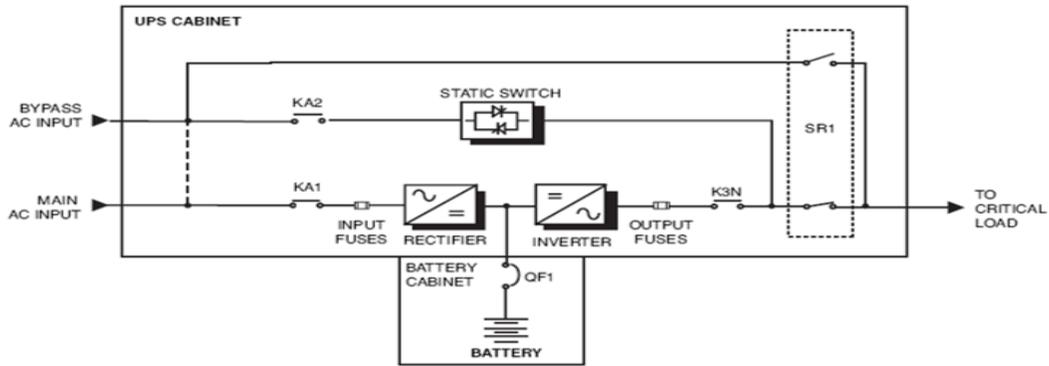


Figura 9 .-Diagrama unifilar de un UPS COMET DE 100 KVA (MGE UPS SYSTEMS, 2005)<sup>9</sup>

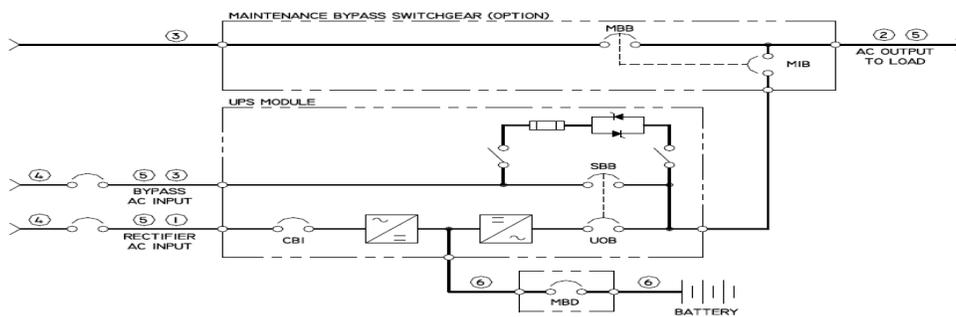


Figura 10 . Diagrama unifilar de un UPS marca LIEBERT SERIE 610 en sistema de un sólo módulo. (Corporation, liebert, 2007)<sup>10</sup>

El procedimiento de encendido de un UPS, depende del fabricante y del modelo que se está operando, UPS no es un equipo como las Plantas de Emergencia que trabaja sólo durante los cortes de energía o cuando el usuario así lo desea, éste funciona permanentemente, listo para respaldar la carga en cualquier instante, ya que los cortes de energía y las fallas en la red de alimentación normal son impredecibles.

En sitios con niveles Tier III o Tier IV, se conectan varios UPS's en modo paralelo redundante, bajo este esquema, es seguro el respaldo de cargas críticas, además, que hacen al sistema suficientemente confiable, de esta manera las acciones de prevención y corrección se pueden llevar a cabo de manera segura.

<sup>9</sup> MGE UPS SYSTEMS, I. (2005). *Comet 40-150KVA Uninterruptible Power Supply, installation and User Manual*. Costa Mesa, California: MGE INC. pág. 1-2

<sup>10</sup> Corporation, Liebert. (2007). *Liebert Series 610 UPS, Installation Manual 100-225KVA, 60HZ, Three Phase Single-Module*. Columbus OH.: Emerson Electric Co. Pág 65.

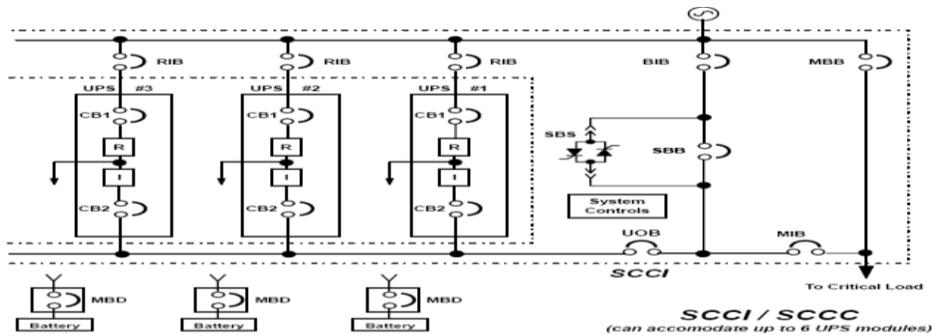


Figura 11 UPS conectados en modo paralelo redundante de Liebert serie 610.

(Corporation, liebert, 2007)<sup>11</sup>.

¿Qué pasa cuando un UPS falla? La prioridad de estos equipos, es proteger la carga crítica, si la falla es en el lado del rectificador, el UPS alimentará la carga del banco de baterías, hasta que la capacidad del banco lo permita, si la falla es del lado del inversor traslada la carga a otro equipo si está en paralelo redundante, si no está en paralelo el equipo, automáticamente manda la carga a la línea de Bypass protegiendo la carga, si el equipo no tiene línea de bypass desconecta la carga.

Como puede observarse en las figuras anteriores, solo se muestra lo que es un UPS y como funciona, ya que cada equipo es un verdadero universo de componentes y dispositivos que se utilizan en cada sistema. Las acciones de Mantenimiento, dependen básicamente de la marca y modelo, pero no obstante se señalan algunas en la sección de Rutinas de Mantenimiento, el que se puedan aplicar o no, depende del fabricante.

Una de las áreas de gran importancia, en el Mantenimiento de éstos equipos son los bancos de baterías, también más adelante se describe los Mantenimientos a bancos de baterías, ya que estos se aplican de igual manera a UPS y Plantas de Corriente Directa.

Dependiendo de la necesidad de instalación del sistema eléctrico, requerida para un UPS o Tier en los centros de cómputo, los UPS están acompañados de otros equipos como: gabinetes de sistema de control (SCC), unidades de paneles de distribución (PDU), interruptores estáticos (STS), por lo regular la marca LIEBERT EMERSON acompaña sus UPS con estos equipos, dependiendo de la configuración del sistema eléctrico, al sistema lo hacen más confiable y seguro de operar, a continuación se explican:

<sup>11</sup> Corporation, liebert. (2007). *Liebert Series 610 UPS, Installation Manual 100-225KVA, 60HZ, Three Phase Multi-Modulo*. Columbus, OH: Emerson Electric Co.pág. 23.

#### 5.4 Interruptor Estático de Transferencia (STS, de sus siglas en inglés, Static Switch Transfer).

Hay Tiristores que se pueden activar y desactivar en pocos milisegundos, estos pueden ser usados como interruptores de acción rápida para sustituir los interruptores automáticos, mecánicos y electromecánicos, éstos tienen algunas ventajas; por ejemplo, velocidades muy altas de conmutación, no tiene partes móviles además, de que no tienen rebote en el contacto al cerrar.

Los interruptores estáticos, se clasifican generalmente en dos: 1) Interruptores de corriente alterna y 2) interruptores de corriente directa, en los interruptores de corriente alterna se tiene otra subdivisión: a) monofásicos y b) trifásicos. Los interruptores de CA, tienen conmutación de línea y la velocidad de conmutación ésta limitada por la frecuencia de CA, así como, el tiempo de desactivación de los tiristores.

Mientras que los interruptores estáticos de corriente directa, tienen conmutación forzada, la velocidad de conmutación depende de los tiempos de activación y desactivación de los dispositivos.

Aprovechando los beneficios antes descritos, los STS que se describen, ofrecen una perfecta transferencia de carga entre dos fuentes de alimentación diferentes conectadas a una carga, las entradas de alimentación de energía eléctrica son monitoreadas por el STS, vigilando que estén dentro de los parámetros establecidos, así como, que estén dentro de determinadas tolerancias para que en caso de ser necesario se pueda hacer una transferencia sin afectar o alterar la carga.

Estos equipos, contienen dos interruptores estáticos para realizar la transferencia sin interrupción entre las dos fuentes en  $\frac{1}{4}$  de ciclo como se ilustra en la figura 12.

##### 5.4.1 Teoría de Operación de STS:

Se tienen dos fuentes de alimentación; una denominada fuente preferente y otra fuente alternativa, cuando la primera salga de parámetros establecidos o tolerancias límite, conmutará de manera inmediata a la segunda, esto se hace en  $\frac{1}{4}$  de ciclo de la fuente de alimentación, es decir en 4 [ms]. Cuando esta fuente regresa a parámetros óptimos, conmuta inmediatamente a la fuente preferente sin afectación de la carga crítica, de esta manera siempre ésta alimentada la carga sin afectación alguna.

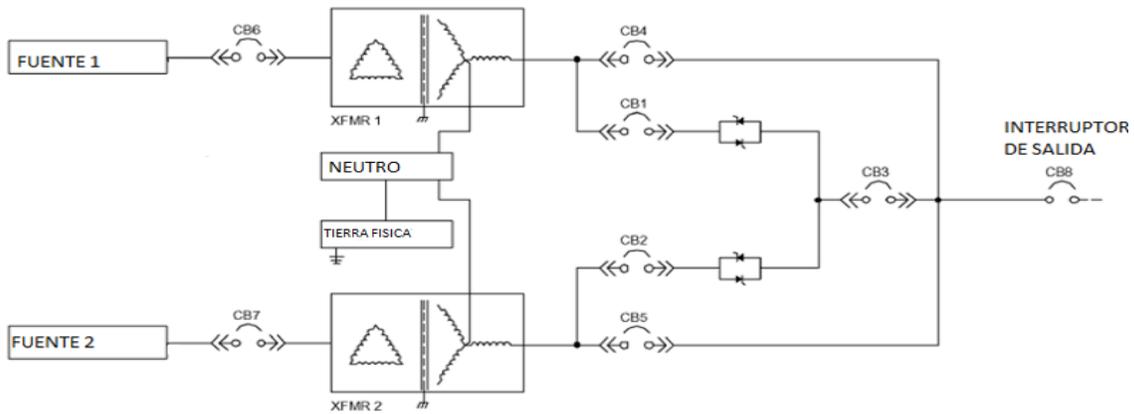


Figura 12 Diagrama unifilar de un STS2 de Liebert. (Corporation, Liebert., 2007)<sup>12</sup>

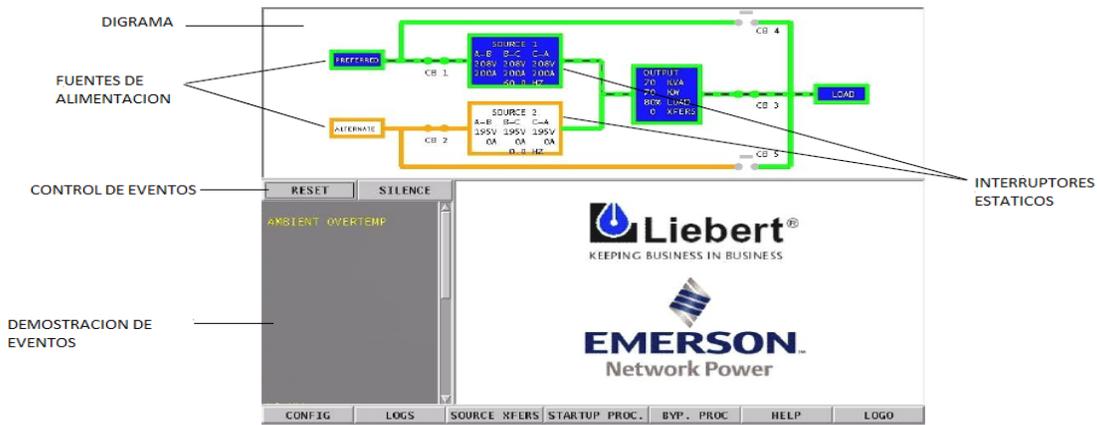


Figura 13 Pantalla Táctil de STS2 de Liebert. (Corporation Liebert, 2008)<sup>13</sup>

## 5.5 Unidad Panel de Distribución (PDU, de sus siglas en inglés, Panel Distribution Unit).

Actualmente, los PDU son utilizados principalmente en los centros de cómputo, como distribuidores de energía, en donde un panel de distribución reparte la alimentación de energía eléctrica, los modelos de mayor capacidad cuentan con un transformador en la entrada conectado en Delta- Estrella, esto con el fin de compensar las pérdidas de energía debido a la distancia, y en su caso estos transformadores bajan el voltaje por lo regular de 480 [V] a 220 [V], también éstos tienen la relación de 1:1 ;por ejemplo, de 220[V] a 220 [V].

<sup>12</sup> Corporation, Liebert. (2007). *Liebert STS2/PDU, User Manual 250A-800A, Three-Phase, 60 Hz*. Columbus OH: Emerson Electric Co. pág. 9

<sup>13</sup> Corporation Liebert. (2008). *Liebert STS2, User Manual 100A-1000A 50/60Hz*. Columbus OH: Emerson Electric Co. Pág. 65.

Uno de los aspectos importantes del transformador en Delta a la entrada, es que reduce la secuencia cero, las armónicas tercera, sexta, novena, etc, también disminuyen. A la salida, está un transformador en estrella que se conecta directamente a los paneles de distribución, estos equipos cuentan con medidores de voltaje en la entrada y salida, medidores de corriente, y medidores de distorsión armónica por lo que constantemente están monitoreando la carga crítica. En algunos centros de cómputo, es común encontrar al STS y al PDU, en una misma unidad como lo muestra la figura 14.

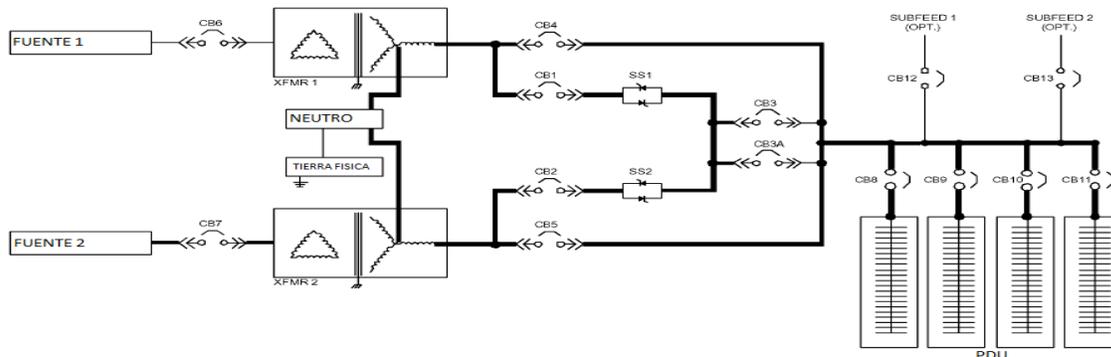


Figura 14 .- Diagrama de un arreglo de STS2/PDU de Liebert. (Corporation, Liebert., 2007)<sup>14</sup>

## 6 GENERALIDADES DE UNA PLANTA DE CORRIENTE DIRECTA (PCD).

Es un sistema de rectificación, que utiliza uno o varios rectificadores para proporcionar alimentación en corriente directa, para todos los equipos que requieran voltajes de este tipo, en un rango de 48 [V<sub>DC</sub>] hasta 54 [V<sub>DC</sub>], por lo general los equipos que necesitan esta alimentación eléctrica son los enlaces de telecomunicaciones, algunas protecciones etc, éstos otorgan varias alarmas para vigilancia de la carga y protección del equipo. Existen varios modelos de rectificadores, de acuerdo a su potencia y tamaño, se deben tener en cuenta para dar servicio de Mantenimiento.

### 6.1 Teoría de Operación de las Plantas de Corriente Directa.

Las Plantas de Corriente Directa, tienen un grupo de rectificadores, que son los que le dan potencia a la unidad dependiendo de la capacidad de la misma, éstos son los equipos que transforman la CA en CD, y dependiendo la cantidad de corriente que necesitan los equipos del usuario, varía el número de módulos conectados en paralelo.

<sup>14</sup> Corporation, Liebert. (2007). *Liebert STS2/PDU, User Manual 250A-800A, Three-Phase, 60 Hz*. Columbus OH: Emerson Electric Co. Pág. 10.

El proceso de rectificación con Tiristores en las Plantas de Corriente Directa, se divide principalmente en tres etapas como lo muestra la siguiente figura 15:

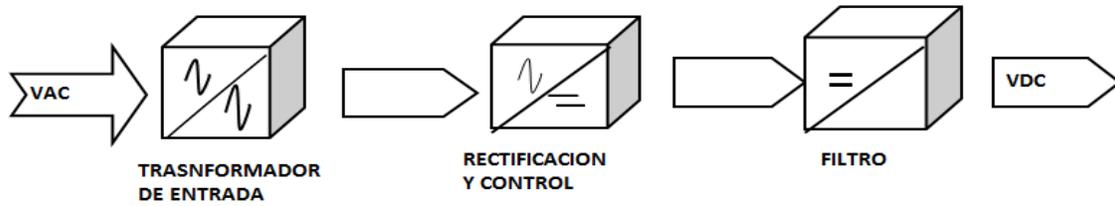


Figura 15 Proceso de Rectificación en tres etapas. (ENATEL )<sup>15</sup>

Durante mucho tiempo, se utilizó la tecnología de tiristores para fabricar rectificadores, hoy en día se encuentran algunos modelos en la industria de telecomunicaciones.

El proceso de rectificación por alta frecuencia, de las Plantas de Corriente Directa, también se divide en tres etapas.

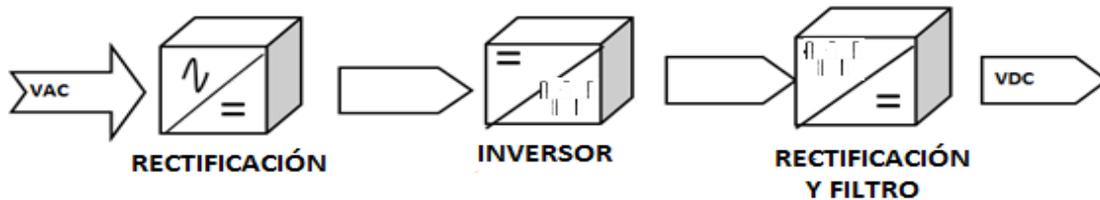


Figura 16 Proceso de Rectificación por Alta Frecuencia

A diferencia del rectificador de tiristores, que cuenta en su primera etapa con un transformador, en alta frecuencia, se rectifica como primer paso la corriente alterna y se eleva el voltaje, este paso elimina el más pesado de los componentes de la rectificación por tiristores: el transformador.

Después de la etapa de rectificación, se pasa de una señal de corriente directa a una señal de alterna pulsante y amplificada en frecuencia. Esta señal es controlada por un ancho de pulso, conocido como PWM.

<sup>15</sup> ENATEL . (s.f.). *Plantas de Fuerza*. ENATEL Multieléctrica Industrial. Pág 3.

Cuando se aumenta el voltaje y se eleva la frecuencia, los componentes son cada vez más reducidos, en esta última etapa los pulsos son rectificadores y filtrados. Los pulsos modulados de la etapa inversora, entran al filtro y de acuerdo al ancho del pulso, es el voltaje de salida.

## 6.2 Mantenimiento de las Plantas de Corriente Directa.

Las Plantas de Corriente Directa, varían en su operación según el fabricante y el modelo, aunque básicamente trabajan igual; porque funcionan bajo el mismo principio: convertir corriente de alterna (CA) a corriente directa (CD). Esto lo hacen a través de los siguientes elementos; rectificadores, inversores, filtros y bancos de baterías para respaldo y almacenamiento de energía rectificada. El Mantenimiento de una planta de corriente directa, depende del fabricante para el funcionamiento, así como, el procedimiento de éste se señala más adelante en las rutinas del mismo, si aplican ciertas acciones o no, depende específicamente del modelo de sistema de rectificación, se debe de apoyar en el manual de operación del equipo.

El respaldo de carga crítica de estos equipos, se somete al Mantenimiento realizado a las baterías, porque son las que respaldan la carga crítica, ya que los rectificadores son desmontables y en caso de necesitar algún cambio de un componente, no se les puede hacer porque viene encapsulado, solo el fabricante es el que repara este tipo de componentes, se sustituyen los rectificadores en caso de alguna falla en el sistema modular de rectificación.

## 7 GENERALIDADES DE LAS BATERIAS.

Es necesario contar con información, para poder operar y mantener de forma segura los sistemas de baterías, hay muchos riesgos asociados con la operación de éstas; como son: quemaduras con ácido, fuego, explosión y descargas eléctricas. El entender los principios de funcionamiento y seguridad en las baterías, ayuda a evitar lesiones personales y daños a las instalaciones.

### 7.1 Componentes y Operación de la Batería.

#### 7.1.1 Celdas contra Baterías.

Una batería, es un dispositivo que convierte la energía química contenida en sus materiales activos, en energía eléctrica a través de una reacción electroquímica. El termino batería es comúnmente usado en el ámbito industrial, el elemento electroquímico básico es llamado “Celda”, una batería contiene dos o más celdas eléctricamente conectadas para formar la unidad, pero en general los términos “batería” y “celda” son utilizados indistintamente.

#### 7.1.2 Baterías y Celdas Primarias y Secundarias.

Las baterías son primarias o secundarias. Las primeras son aprovechadas una sola vez, ya que la reacción química que suministra la corriente eléctrica es irreversible, las segundas pueden ser recargadas y reusadas, en éstas, la reacción química que proporciona la corriente eléctrica es reversible cuando la batería es recargada.

Las baterías primarias, son comunes ya que son baratas y fáciles de emplear, como en: linternas, relojes, juguetes, radios etc, mientras que las baterías secundarias tienen los siguientes usos: arranque, iluminación, encendido de automóviles y grupos electrógenos. Otras aplicaciones importantes incluyen sistemas de energía ininterrumpible (UPS) y Plantas de corriente directa (PCD) para el respaldo de energía, y también se utilizan en vehículos de tracción eléctricos, telecomunicaciones y herramientas portátiles.

#### 7.1.3 Componentes de una Batería de Plomo-Ácido.

Una batería tiene cinco componentes principales: Bornes; placa de plomo esponjoso (Pb), placa de dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>), electrolito y un recipiente donde están contenidos estos elementos.

#### 7.1.4 Operación de una Batería Plomo-Ácido.

En ésta, electrodo negativo: abastece electrones al circuito externo (carga) durante la descarga, en una batería de ácido-plomo totalmente cargada, el electrodo negativo está compuesto de plomo esponjoso (Pb), el electrodo positivo acepta electrones de la carga durante la descarga. En una batería cargada el electrodo positivo está compuesto de dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub>); los electrodos en la batería son de material diferente porque, de otra manera, las celdas no pueden desarrollar un potencial eléctrico y producir una corriente eléctrica, el electrolito complementa el circuito interno en la batería suministrando los iones hacia los electrodos positivo y negativo. El ácido sulfúrico diluido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), es el electrolito en las baterías de plomo-ácido, en una batería cargada éste es aproximadamente 25% ácido sulfúrico y 75% agua.

Se utiliza un separador, para aislar eléctricamente los electrodos positivo y negativo, debido a que, si los electrodos hacen contacto, la celda tendrá un corto circuito y ya no puede ser usada, porque los electrodos están al mismo potencial. El tipo de separador empleado varía con el tipo de celda, los materiales utilizados como separadores deben permitir la transferencia de iones entre el electrolito y los electrodos, éstos son elaborados de plástico poroso o fibra de vidrio, los componentes mencionados son introducidos en un contenedor que se denomina jarro o contenedor.

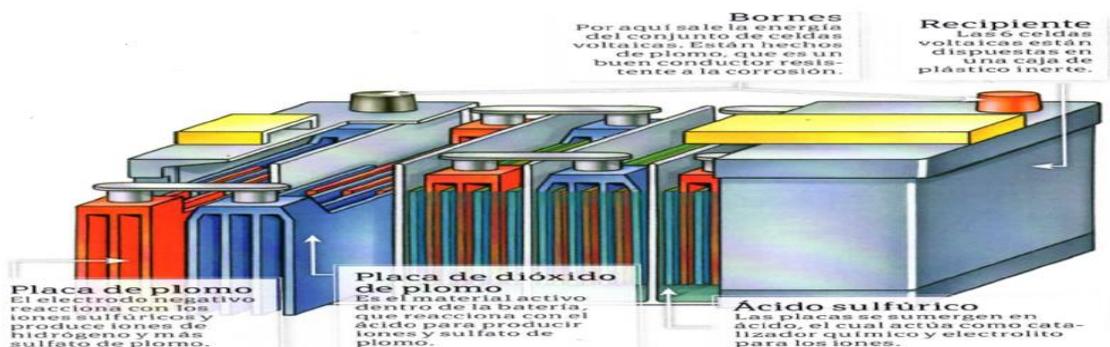


Figura 16 Estructura de una batería de plomo-ácido. (Cómo Funciona 01, 2014)<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Cómo Funciona 01. (2014). ¿ Que hay dentro de una batería? *CÓMO FUNCIONA*, 189. Pág.88.

### 7.1.5 Voltaje de la Celda y Batería.

Para que una celda o batería pueda entregar corriente eléctrica a un circuito externo, debe existir una diferencia de potencial entre los electrodos positivos y negativos, la diferencia de potencial, se refiere al voltaje de la celda o batería, una celda de plomo-ácido siempre puede desarrollar una diferencia de potencial máximo de cerca de los 2 [V<sub>cd</sub>], mientras que una celda plomo-ácido totalmente descargada tiene una diferencia de potencial cerca de 1.75 [V<sub>cd</sub>], dependiendo del rango de descarga.

### 7.1.6 Capacidad de las Baterías.

En términos generales, la capacidad de una batería es: la cantidad de carga disponible en amper-hora [Ah], donde, un ampere es la unidad de medida usada para la corriente eléctrica y se define como un coulomb de carga eléctrica a través de un conductor en un segundo, ésta capacidad se relaciona con la cantidad de material activo en ella, la cantidad de electrolito y el área de las placas. La capacidad de la batería, se mide descargándola a una corriente constante hasta que alcanza su voltaje terminal (usualmente cerca de los 1.75 [V<sub>cd</sub>] o menos depende del modelo y fabricante), esto se lleva a cabo normalmente a una temperatura promedio de 25[°C] (77[°F]).

El término común, para describir la habilidad de una batería para entregar corriente es: capacidad. Los fabricantes frecuentemente, especifican la capacidad de sus baterías en amper-hora [Ah] a un rango específico de descarga. Por ejemplo, una batería de 200 [Ah] (a una descarga de 10 [hrs]) entregará 20 amperes de corriente por 10 hrs., una temperatura específica de 25°C., alternativamente, una descarga puede definirse por su capacidad C, la cual se expresa como un múltiplo de la capacidad de la batería, la misma puede tener una capacidad de 200 Ah a un rango de descarga de C/10. La descarga se determina por la siguiente ecuación

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

La capacidad varía con la corriente de descarga, si ésta es alta da como resultado, una capacidad baja, y una corriente de descarga baja da como resultado una capacidad alta. En el ámbito de los fabricantes de baterías, se señalan varios rangos de descarga (en amperes) relacionado al tiempo asociado de descarga en horas.

## 7.2 Tipos de Baterías Plomo-Ácido.

Generalmente, hay dos tipos de baterías plomo-ácido, basadas en su método de construcción, estas son baterías abiertas y baterías selladas, todas ellas producen hidrogeno y oxigeno (gasificación) en sus electrodos durante el proceso de carga, mediante un fenómeno llamado *electrólisis* (*Electrólisis es el empleo de una corriente eléctrica para generar una reacción química*). A estos gases, se les permite escapar en una batería abierta,

sin embargo, las celdas selladas se construyen para que los gases producidos se recombinen, haciéndose notar que el hidrogeno es un gas explosivo en el aire a solo 4% del volumen total.

### 7.2.1 Baterías de Plomo-Ácido Abiertas.

Las baterías abiertas, son aquellas donde los electrodos/placas están inmersos en electrolito, los gases generados se liberan a la atmósfera, se agrega agua destilada ocasionalmente para mantener el nivel de electrolito necesario.

### 7.2.2 Baterías de Plomo-Ácido Selladas.

Este tipo de batería, encierra el electrolito en un contenedor sellado, tienen una válvula de ventilación para permitir que los gases escapen si la presión interna excede un cierto límite. Durante la recarga, una batería plomo-ácido genera oxígeno en el electrodo positivo. También, están diseñadas para que el oxígeno generado durante la recarga sea capturado y recombinado dentro de la misma. A esto se le llama ciclo de recombinación del oxígeno y trabaja bien si la corriente de recarga no es demasiado alta, una corriente de recarga demasiado alta puede causar la ruptura del contenedor, así como avalancha térmica o daño mecánico interno. “uno de los factores más importantes que afectan la estabilidad de un sistema es la variación de temperatura. A medida que un sistema se calienta, la tendencia usual es que la ganancia se incremente, lo cual a su vez generará un mayor calentamiento y eventualmente podría ocasionar una condición denominada avalancha o escape térmico” (Boylestad, 2003)<sup>17</sup>.

La batería de válvula regulada, es el tipo más común de batería sellada, se desarrolló para aplicaciones estacionarias o de telecomunicaciones, éstas tienen una válvula controlada por un resorte que ventila los gases a una determinada presión. Las presiones típicas son de 2 a 5 [psi], dependiendo del diseño de la batería. Todas las prácticas aplicables a las baterías abiertas son recomendadas, en éstas también, la única excepción es que los niveles de electrolito no pueden y no deben ser completados.

## 7.3 Mantenimiento de Baterías.

El mantenimiento apropiado, aumenta la durabilidad de las baterías y asegura que sean capaces de satisfacer los requerimientos de diseño. Un buen programa de mantenimiento de baterías sirve como una ayuda invaluable para determinar el cambio de las mismas, éste

---

<sup>17</sup> Boylestad, N. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México.: PEARSON Educación. Pág 335.

se realiza por personal calificado y con conocimiento sobre baterías, por la seguridad que esto representa.

Hay diferentes baterías, entre las que destacan las llamadas abiertas, como las de los vehículos, sin embargo, también hay baterías denominadas “libres de mantenimiento” y baterías de válvula regulada, que también requieren de cierto cuidado, aunque éstas no requieren de adición de agua o chequeo de la densidad específica necesitan limpieza periódica, monitoreo del voltaje de la celda y del *voltaje de flotación* (es la generación, de corriente eléctrica que se genera a través de una reacción química, esta reacción no se puede detener una vez que las barras de plomo entran en contacto con el electrolito. Para contra restar esta acción natural de la celda, se aplica una pequeña cantidad de corriente a través de la batería, con el objeto de contrarrestar esta reacción química natural. Al voltaje aplicado que genera la circulación de corriente necesaria para contrarrestar la auto descarga en la batería. Por ejemplo, para celdas de 2 Volts el voltaje de flotación es de 2.16 Volts), pruebas de descarga (capacidad, medición de la resistencia interna, limpieza y medición de apriete (torque) de tuercas o tornillos.

En general, un programa apropiado de inspección y Mantenimiento está fundamentado en las recomendaciones del Estándar ANSI/IEEE 450-2010, *Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*.

Las baterías de plomo-ácido abiertas, pueden funcionar por 10 años o más si se conservan de manera apropiada. Hay cinco reglas según el estándar ANSI/IEEE 450-2010 para un Mantenimiento apropiado que son:

1. Usar el cargador apropiado para lo que necesiten las baterías.
2. Prevenir sobre-descarga en la batería.
3. Mantener el electrolito a nivel apropiado.
4. Mantener la batería limpia.
5. Prevenir el sobrecalentamiento de la batería Suministrando un *voltaje de igualación*(es cuando se tenga que recargar la batería, se debe utilizar un voltaje superior al de flotación, con el objeto de cargar rápidamente el banco, para tenerlo cargado lo más completo posible. Para celdas de 2 volts el voltaje de igualación es de 2.33 Volts.) regularmente para prevenir un debilitamiento de las celdas.

### 7.3.1 Selección del Cargador de Baterías Apropiado.

Una recarga inapropiada, es responsable de reducir o interrumpir el ciclo útil de la batería más que cualquier otra causa, la recarga se lleva a cabo con el objetivo de mantener disponible la batería, lo que se realiza es pasar corriente a la misma en la dirección opuesta

de la descarga. El aspecto más importante de recargar, es tener el cargador adecuado, cuando se selecciona éste se considera el tipo de batería, la manera en que se descarga, el tiempo disponible para recargar, los valores máximos y mínimos de temperatura a los que se someterá la batería y el número de celdas en ella.

Las baterías de plomo-ácido, pueden recargarse a cualquier valor que no genere gasificación excesiva, sobre celda o alta temperatura. Las baterías descargadas pueden cargarse con una corriente inicial alta, sin embargo, una vez que las baterías se acercan a su capacidad plena, la corriente debe disminuir para reducir la gasificación y la sobre carga excesiva.

### 7.3.2 Recarga de Baterías a Voltaje Constante.

Los cargadores, que se denominan como de voltaje constante (llamados de potencial constante), mantienen el mismo voltaje de entrada a la batería a través del proceso de recarga, sin tomar en cuenta el estado de carga de la batería. Este tipo de cargadores, abastecen una corriente inicial alta a la batería por la gran diferencia de potencial entre la batería y el cargador, un cargador de voltaje constante puede recargar tanto como el 70% de la descarga previa en 30 minutos.

### 7.3.3 Recarga de Flotación de las Baterías.

La recarga de flotación, es la que más se usa para aplicaciones de respaldo y de emergencias donde la descarga de la batería no es muy frecuente. Durante la recarga de flotación; el cargador, la batería y carga están conectados en paralelo, en una operación normal, el cargador proporciona corriente a la carga. En caso de una falla de alimentación eléctrica, la batería provee corriente a la carga, hasta que el suministro eléctrico regresa a la normalidad, los cargadores de flotación, son cargadores de voltaje constante que funcionan a bajo voltaje. Se opera el cargador a bajo voltaje, usualmente a menos de 2.4 [V<sub>CD</sub>] por celda. Mantiene la corriente de recarga baja y así minimiza los daños de sobrecarga de una alta corriente, para baterías de válvula regulada, una consideración importante es cuando se utiliza la carga de flotación, y se puede presentar el fenómeno llamado “Avalancha Térmica”. La mejor forma para prevenir ésta, es usando la compensación por temperatura del cargador de baterías, un cargador con compensación por temperatura, incrementa la confiabilidad y prolonga la vida del sistema cargador/batería. Estos cargadores son empleados en donde las temperaturas pueden exceder significativamente las condiciones ambientales.

#### 7.3.4 Recarga de Corriente Constante.

Ésta, significa que los cargadores suministran una corriente uniforme, sin tener en cuenta el estado de recarga de la batería o la temperatura, la recarga 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 las baterías se descargan total y frecuentemente durante la noche.

#### 7.3.5 Carga Gradual.

Es un cargador continuo de carga constante, se utiliza para mantener la batería en una condición de carga plena. Este cargador, es usado para recargar una batería de sus pérdidas por auto-descarga y para recargar la energía durante un uso intermitente de la batería.

#### 7.3.6 Prevención de la Sobre-descarga.

Para obtener la máxima duración de las baterías plomo-ácido, éstas deben ser desconectadas de la carga una vez que se han descargado al máximo. El voltaje mínimo de las celdas de plomo-ácido es de 1.75 [V<sub>cd</sub>], sin embargo, es sensible a la temperatura de operación y a la corriente de descarga. Las baterías descargadas a una alta corriente, tienen un voltaje menor que aquellas que se descargan a una corriente más reducida, las capacidades elevadas se obtienen a temperaturas altas y corrientes de descarga bajas. 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 provocar que el plomo se precipite en el separador y ocasionar un corto circuito en la celda o entre celdas.

#### 7.3.7 Los Niveles de Electrolito.

Durante la operación normal, se pierde agua de las baterías abiertas plomo-ácido como resultado de la evaporación del hidrogeno y oxígeno en la electrolisis, los cuales se liberan a la atmosfera. La evaporación es relativamente pequeña, excepto en climas muy calientes y secos, en una batería totalmente cargada, la electrolisis consume agua a una tasa de 0.336 [cm<sup>3</sup>] por Amper-hora de sobrecarga, una batería de 500 [Ah] sobrecargada un 10% puede perder 16.8 [cm<sup>3</sup>] o cerca del 3% de agua en cada ciclo, por eso es importante mantener el nivel adecuado de electrolito en la misma. El electrolito no solo sirve como conductor iónico, también es el principal conductor en la transferencia de calor de las placas, si éste se encuentra abajo del nivel de las placas, entonces el área de la placa no es electroquímicamente eficiente; lo que causa una concentración de calor en otras partes de la batería, la revisión periódica del consumo de agua no sirve como indicador de lo eficiente de la recarga, más bien puede señalar que el cargador necesita ajuste.

El mejor momento para adicionar agua, es después de una recarga y antes de una carga de igualación, se agrega ésta al final de la recarga para alcanzar el nivel de la línea máxima, la gasificación durante la sobrecarga mezcla la misma con el ácido de manera uniforme.

### 7.3.8 Limpieza

Mantener la batería limpia, disminuye la corrosión de los postes de conexión de las celdas y estantes, lo que previene reparaciones costosas, las baterías normalmente se llenan de polvo, esta suciedad debe removerse antes que la humedad la haga conductora de corrientes parásitas, la parte superior de la batería puede humedecerse con electrolito en cualquier momento si la celda se sobre llena. El ácido del electrolito no se evapora, y debe ser neutralizado limpiando la batería con una solución de bicarbonato de sodio y agua caliente, aproximadamente un 1[kg] de bicarbonato de sodio por cada 4 litros de agua, después de aplicar la solución el área debe limpiarse perfectamente.

### 7.3.9 Altas Temperaturas.

Éstas, son uno de los factores principales que reducen la vida de la batería en especial arriba de los 55°C, ya que los grados de corrosión, solubilidad de componentes metálicos y auto descarga aumentan la temperatura. Operar la batería a alta temperatura durante el ciclo de servicio, requiere mayor recarga para restaurar la capacidad pérdida en la auto descarga, la mayor parte de la corriente de recarga, la consume la electrolisis por la reducción del voltaje de gasificación a alta temperatura, mientras el 10% de sobrecarga por ciclo mantiene el estado de carga entre 25[°C] y 35[°C], se necesita del 35% al 40% de sobre carga a temperaturas altas (60[°C] a 70[°C]). En flotación; estas mismas corrientes se incrementan a altas temperaturas, dando como resultado la reducción de vida de la batería (las baterías de Nickel-Cadmio son más adecuadas para aplicaciones de alta temperatura).

### 7.4 Seguridad.

Los problemas de seguridad, asociados con las baterías de plomo-ácido incluyen: derrames de ácido sulfúrico, explosiones potenciales por la generación de hidrogeno y oxígeno y la generación de gases tóxicos tales como Arsina y Estibina, estas dificultades se pueden manejar satisfactoriamente con las precauciones apropiadas. Se recomienda el uso de caretas, delantales de plástico o goma y guantes cuando se maneja ácido para prevenir quemaduras químicas del ácido sulfúrico, si éste llega a penetrar en los ojos, piel o ropa, se debe lavar inmediatamente con agua limpia y conseguir ayuda médica inmediatamente de ser necesario. Las precauciones se deben practicar rutinariamente, para prevenir explosiones de mezclas de gases de hidrogeno y oxigeno desarrollados durante la sobre carga de las celdas de plomo-ácido.

Las siguientes precauciones de seguridad se señalan en el documento *DOE-STD-3003-2000, Backup Power Sources for DOE Facilities*, ayudan a prevenir daños personales, así como a las instalaciones:

- 1). Se deben aplicar las reglas de seguridad del área y sitios para trabajar con baterías.
- 2). Se tiene que obtener un permiso de trabajo aprobado por el manual de seguridad del sitio antes de iniciar cualquier labor en las baterías.
- 3). Se requiere el uso de equipo de protección personal, como son: guantes resistentes al ácido, delantales, caretas y lentes de seguridad.
- 4). El electrolito es extremadamente corrosivo, hay que extremar precauciones durante el manejo de éste.
- 5). Hay que utilizar solamente herramientas aisladas, en el cuarto de baterías.
- 6). No se fuma o se usan encendedores, no provocar chispas alrededor de la batería.
- 7). Se debe retirar todos los objetos metálicos; como joyería (anillos, brazaletes, collares) antes de trabajar con las baterías.
- 8). Hay que neutralizar la acumulación de cargas estáticas, antes de trabajar con las baterías hay que tener contacto personal con la tierra física más cercana.
- 9). Hay que asegurarse, que la entrada y salida del área de la batería no esté obstruida.
- 10). Hay que verificar la disponibilidad, operación e inspección de las instalaciones de agua para lavar los ojos y piel, en caso de un derrame de ácido.
- 11). Por razones de seguridad, una persona no debe trabajar sola, por lo menos dos personas deben estar presentes cuando se trabaje con equipos eléctricos.

## 8 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN.

La Sociedad Americana de Ingenieros para Calefacción Refrigeración y Aire Acondicionado (*ASHRAE, de sus siglas en inglés. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) define el acondicionamiento del aire como: “el proceso de tratar el aire de tal manera que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para que cumpla con los requisitos de su espacio acondicionado” (Techonogies)<sup>18</sup>. Las acciones que intervienen en la operación de un sistema de aire acondicionado son:

- Control de Temperatura
- Control de Humedad
- Filtración, limpieza y purificación del aire
- Circulación y movimiento del aire.

Los equipos que trabajan en los centros de cómputo y telecomunicaciones, son servidores que trabajan en aplicaciones de funciones críticas; es decir, operan continuamente, por lo cual están bajo ciertas condiciones ambientales, como: temperatura y humedad del sitio.

El rango de temperatura permitido, para garantizar la funcionabilidad y evitar el desgaste prematuro de los equipos, así como la pérdida de información por la falla de un servidor debido al sobrecalentamiento es de 18[°C] a 27[°C] según ASHRAE (2008) que en conjunto con Telecordia (2005) lo recomiendan.

Cuando se tiene que una alta *humedad relativa* (*[hr]* es un término utilizado para expresar la cantidad de humedad en una muestra dada, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría estando totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra de humedad), puede causar fallas: por conductividad anódica (*CAF, por sus siglas en inglés*), fallas higroscópicas (*HDF de sus siglas en inglés*) algunos materiales tienen la capacidad de absorber y emitir humedad lo que afecta sus cualidades de dimensión y peso, otra alteración por ésta es la corrosión en los equipos, en casos extremos puede ocurrir condensación sobre las superficies o hasta congelamiento del equipo, mientras que la baja humedad relativa puede resultar en descargas electrostáticas, lo que puede dañar equipos

---

<sup>18</sup> Techonogies, E. C. (s.f.). *Manual Técnico de Refrigeracion y Aire Acondicionado*. Emerson Electric Co.pág 164.

o causar una operación adversa. En general, éstos deben ser diseñados, operados y mantenidos en un rango como mínimo de 5% de humedad relativa y un máximo de 55%.

Con el fin de mantener los parámetros de temperatura y humedad, dentro de los rangos y límites mencionados, en los centros de cómputo y telecomunicaciones se instalan equipos de Aire Acondicionado de Precisión, y se colocan según las necesidades y requerimientos, en donde son utilizadas las siguientes configuraciones:



Figura 17 Aplicación sin ductos. (Technologies, Emerson, 2005)<sup>19</sup>

Esta aplicación figura 17, es dentro de espacios que no necesitan ductos para realizar la succión y descarga del aire, puede ser empleada en telecomunicaciones o salas de operación de interruptores.

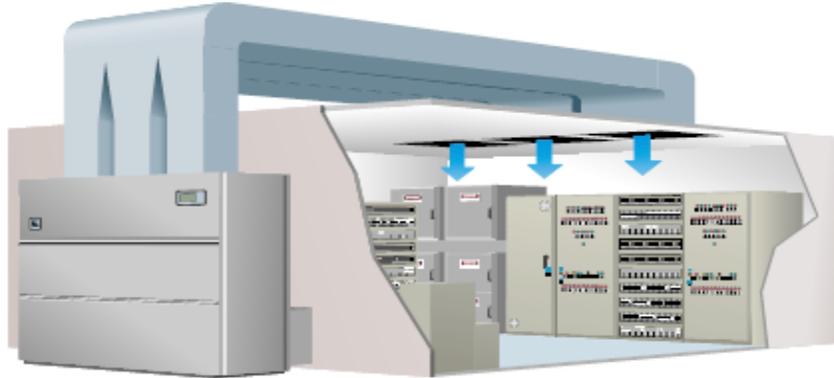


Figura 18 Aplicación con ductos de descarga direccionados. (Technologies, Emerson, 2005)<sup>17</sup>.

---

<sup>19</sup> Technologies, E. (2005). *Liebert Deluxe System /3 - 6 to 30 Tons, Precision Air Conditioning for Sensitive Electronic Equipment*. Emerson Electric Co. Pág 5.

En la figura 18, la descarga de aire va dirigida a ciertos lugares donde se necesita más concentración de aire, se maneja en telecomunicaciones o en procesos industriales.



*Figura 19 Aplicación con ductos de descarga direccionados. Equipo fuera de la sala.*

*(Technologies, Emerson, 2005)<sup>17</sup>.*

En donde, la descarga de aire va dirigida a lugares específicos como se ve en la figura 19, la succión del aire es por la parte trasera del equipo, este mismo, puede estar fuera del cuarto en donde se necesita, se aprovecha en procesos industriales cuartos de control y laboratorios.



*Figura 20 Aplicación con succión en piso falso, descarga sin ductos (Technologies, Emerson, 2005)<sup>17</sup>.*

Esta aplicación figura 20, es para salas con piso falso, la succión de aire es por debajo a cámara plena, mientras que la descarga de aire con menor temperatura se efectúa como se observa en la figura.

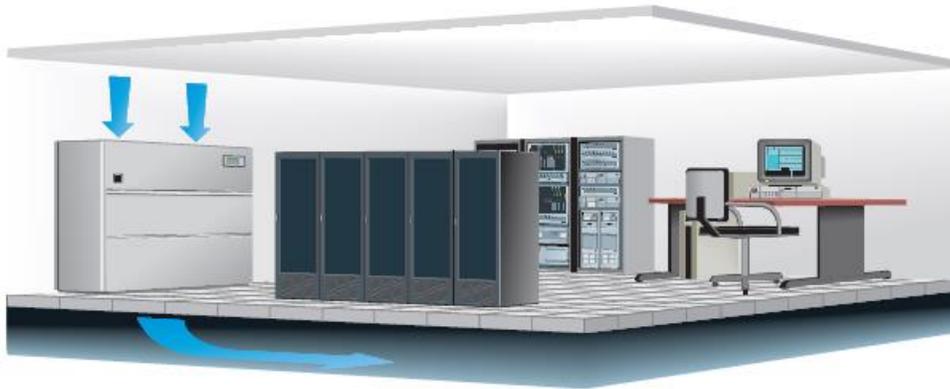


Figura 21 Succión en la parte superior del equipo y descarga a la cámara plena en piso falso (Technologies, Emerson, 2005)<sup>17</sup>.

Ésta, figura 21 es la más utilizada en los centros de cómputo para sitios con piso falso, ya que la descarga de aire es a cámara plena. El aire con menor temperatura circula por toda el área entre el piso falso y el piso del sitio, donde se requiere que salga el aire, se instalan rejillas especiales en el piso falso para poder enfriar zonas específicas donde se encuentran los servidores, mientras que el aire menos denso que es el de mayor temperatura tiende a subir, es succionado por la parte de arriba del equipo para poder llevar a cabo el ciclo de enfriamiento.

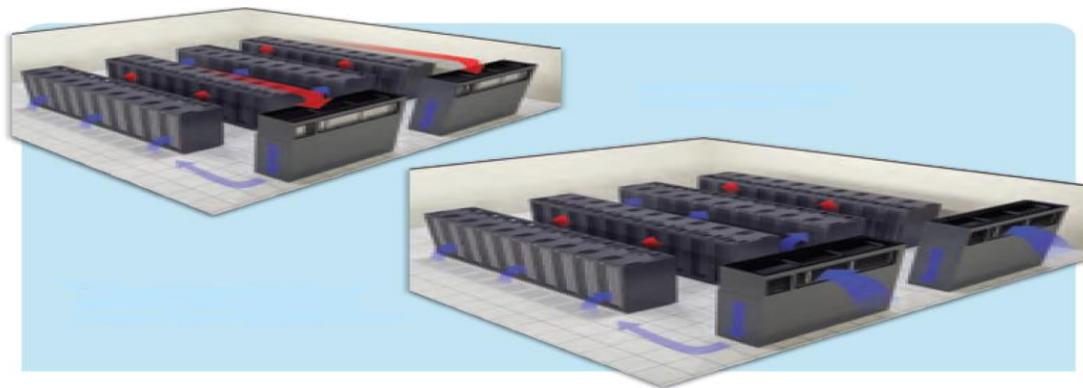


Figura 22 Representación del flujo de aire dentro de un centro de cómputo.

(Corporation Liebert, 2010)<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Corporation Liebert. (2010). *Liebert Economizer Cooling Solutions Reduce Cooling Costs By up to 50% without Compromising Reliability*. Columbus Ohio: Emerson electric Co. Pág.6.

Una parte importante en el ciclo de acondicionamiento del aire, en donde no importa que aplicación se trabaje es: el refrigerante, existe una gran cantidad de éstos en el mercado para aplicaciones industriales y comerciales, cada uno cuenta con propiedades particulares como: punto de ebullición, calor específico, calor latente, densidad y otros factores que afectan la habilidad de éste para transferir calor.

El mantenimiento, en cualquier sistema de Acondicionamiento de Aire y refrigeración mecánica, depende en gran medida de la compresión que se tenga de las propiedades del refrigerante, éste se define como cualquier cuerpo o sustancia que funcione como agente de enfriamiento, es decir, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica: por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se determina al refrigerante como: el medio para transportar calor desde donde es absorbido por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza por condensarse a alta temperatura y presión.

Cuando un líquido, es utilizado como refrigerante reúne propiedades termodinámicas, físicas y químicas. El refrigerante ideal, sería aquel que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, pero desafortunadamente todos los refrigerantes regresan al evaporador conduciendo una porción de calor, reduciendo así la capacidad de los mismos para absorber calor.

## 8.1 Ciclo del Aire Acondicionado.

Hay varias formas de proporcionar Aire Acondicionado de Precisión a un centro de cómputo, entre las que destacan: Chiller, Dry-Cooling y Expansión Directa, dependiendo de las necesidades del sitio se encuentran estos sistemas de enfriamiento, ya que en cada sitio se establece el sistema que resulte más eficiente.

Los sistemas de Aire Acondicionado de Precisión, trabajan empleando principios termodinámicos, el sistema de Chiller y Dry-Cooling remueve el exceso de calor utilizando agua helada en el sistema, mientras que el sistema de Expansión Directa, extrae el calor por medio de gas refrigerante en el sistema de Aire Acondicionado.

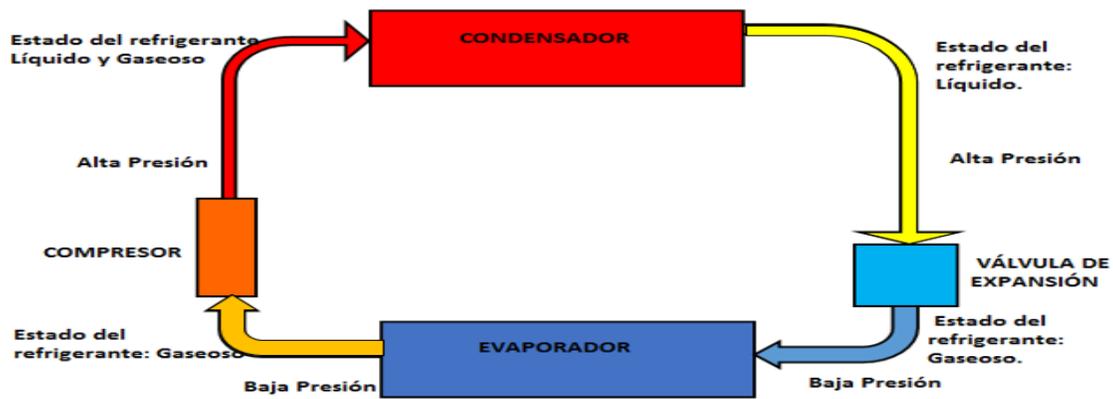


Figura 23 Diagrama de Bloques del Ciclo de Aire Acondicionado

### 8.1.1 Operación por el Método de Expansión Directa.

En los centros de cómputo, es frecuentemente utilizado el sistema de Aire Acondicionado por el método de Expansión Directa, se explica la operación general de este sistema, en el diagrama de bloques de la figura 23, se observan los componentes principales de un sistema de aire acondicionado de precisión.

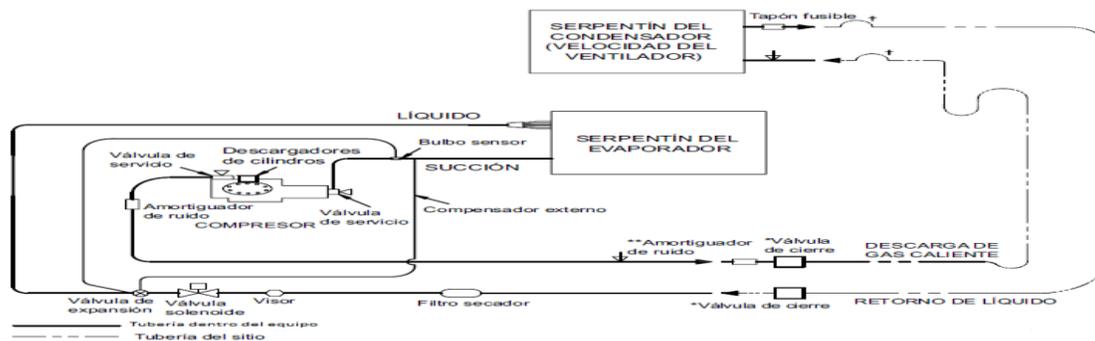


Figura 24 Diagrama de un equipo DS de Liebert de 20T de Refrigeración. (Technologies E. C., 2006)<sup>21</sup>.

Cuando se recibe el flujo de aire dentro en un centro de cómputo, el aire menos denso tiene mayor temperatura y se encuentra circulando en la parte superior del Data Center, éste es succionado por el equipo mediante unas turbinas y se hace pasar por el evaporador, en ese momento en el evaporador está circulando refrigerante en estado gaseoso a baja temperatura y presión.

<sup>21</sup> Technologies, E. C. (2006). *Liebert DS, Manual del Usuario 28-105 KW, 8-30 Toneladas, distribucion aguas abajo*. Emerson Electric Co. Pág.36.

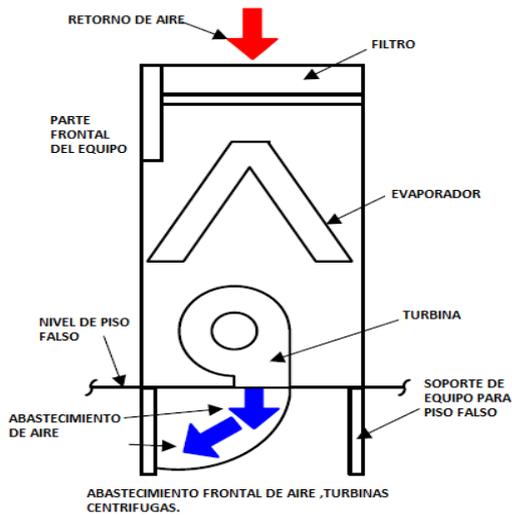


Figura 25 Retorno y Abastecimiento de Aire. (Corporation Liebert, 2006)<sup>22</sup>



Fotografía 1 Evaporador tipo A (Technologies, Emerson, 2005)<sup>23</sup>

Aquí, el gas es llevado hasta el compresor, en este dispositivo al gas refrigerante se le incrementa la temperatura y la presión, es llevado al condensador el gas caliente para que intercambie la temperatura, y regresa el gas en forma de líquido.



Fotografía 2 Compresor Semi-Hermético. (Technologies, Emerson, 2005)<sup>21</sup>



Fotografía 3 Condensador de Liebert (Technologies, Emerson, 2005)<sup>21</sup>

<sup>22</sup> Corporation Liebert. (2006). Lieber, Deluxe System/3 Technical Data Manual Floor Mounted, 60 Hz, 6-30 tons Air, Water Glycol and Glycool Cooled. Columbus OH: Emerson Electric Co. Pág 7.

<sup>23</sup> Technologies, Emerson. (2005). Liebert Deluxe System /3 - 6 to 30 Tons, Precision Air Conditioning for Sensitive Electronic Equipment. Columbus Ohio: Emerson Electric Co. pp. 8,9.

Al llegar a la válvula de expansión y aprovechando la termodinámica de los gases: que un gas con alta presión, al cambiarle la presión se disminuye la temperatura, la válvula de expansión hace este trabajo: cambia la presión de alta a baja, transformando al gas de estado líquido a gaseoso y llegando este gas otra vez al evaporador. Entonces continúa otra vez el ciclo de enfriamiento del aire, el equipo continúa descargando el aire con menor temperatura a la sala.



Figura 26 Equipo Completo: Condensador y Evaporador de Liebert. (Technologies E. C., 2006)<sup>24</sup>

Ahora bien, los otros dos sistemas el Chiller y Dry-Cooler, hacen lo mismo que el método de Expansión directa: cambiar la temperatura de la sala, aunque con agua helada, se debe consultar el manual del fabricante del sistema que ésta instalado, ya que cuentan con diferentes maneras para que el agua baje su temperatura, pero el ciclo de enfriamiento dentro de la sala de computo es el mismo.

---

<sup>24</sup> Technologies, E. C. (2006). *Liebert DS, Manual del Usuario 28-105 KW, 8-30 Toneladas, distribucion aguas abajo*. Emerson Electric Co. Pág. 4.

## 9 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Estas son establecidas, para realizar prácticas de Mantenimiento adecuadas, mantener un control del desgaste de los equipos, así como, garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico que respalda cargas críticas, optimizando los recursos que implican estos servicios.

Las rutinas de Mantenimientos Preventivos y Correctivos, se fundamentan en el conocimiento de operación del equipo, se tiene que tener cuidado de verificar si los procedimientos descritos se aplican o no a los equipos y al sistema destinado, ya que son rutinas generales. Hay que consultar principalmente, el manual del equipo elaborado por el fabricante y consultar que procedimientos en el servicio pueden afectar la operación del sitio antes de realizarlos, porque, la razón principal es no perjudicar la operación del sistema eléctrico en su conjunto.

### 9.1 Rutinas de Mantenimiento para Plantas Generadoras Eléctricas con motor de combustión interna

#### 9.1.1 Rutina de Mantenimiento Preventivo Menor para Plantas de Emergencia.

El intervalo de tiempo sugerido, es mensual; hay que llevar a cabo un arranque cuando menos una vez a la semana durante 15 min., en vacío.

Revisiones con equipo fuera de operación.

- ✓ Nivel de aceite en el motor.
- ✓ Nivel del diésel en el tanque de combustible.
- ✓ Nivel de anticongelante en el radiador.
- ✓ Nivel de electrolito en las baterías de arranque.
- ✓ Sello de tapón del radiador.
- ✓ Revisar que no tengan falso contacto todas las conexiones eléctricas, tanto en el motor, generador y tablero de transferencia.
- ✓ Voltaje de flotación de las baterías de arranque.
- ✓ Limpieza en las terminales de las baterías de arranque.
- ✓ Corriente de flotación e igualación del cargador de baterías.
- ✓ Verificar aparatos de medición.
- ✓ Fugas de anticongelante, en el motor y radiador.
- ✓ Fugas de aceite en el motor.
- ✓ Fugas de diésel en el motor, tuberías de alimentación, retorno y tanque de combustible.
- ✓ Estado en que se encuentran las bandas del ventilador.
- ✓ Tensión de las bandas del ventilador.
- ✓ Funcionamiento del pre-calentador.
- ✓ Temperatura del Motor.

- ✓ Estado en que se encuentran las mangueras de agua del motor y radiador.
- ✓ Estado en que se encuentran las mangueras de aceite del motor.
- ✓ Estado en que se encuentran las mangueras del diésel del motor y tanque de combustible.
- ✓ Limpieza general del equipo.
- ✓ Limpieza y torque (apriete específico), de tornillería en Tablero y Control de Transferencia.
- ✓ Limpieza interna y externa, del contenedor de la planta de emergencia.

Se hace funcionar la planta de emergencia, en vacío para comprobar los parámetros de operación del equipo

- ✓ Voltaje de generación entre fase (AB, BC, CA)
- ✓ Voltaje de generación entre fase y neutro ( AN, BN, CN)
- ✓ Frecuencia.
- ✓ Voltaje de salida del alternador.
- ✓ Fugas de anticongelante en el motor y radiador.
- ✓ Fugas de diésel en el motor, tuberías de alimentación, retorno y tanque de combustible.
- ✓ Fugas de aceite en el motor.
- ✓ Fugas de gases en el múltiple de escape, tuberías y silenciador.

En caso de tener parámetros fuera de rangos establecidos, hay que realizar los ajustes necesarios para que el equipo funcione en condiciones correctas.

Las siguientes pruebas, dependen del tipo de control para transferencia de energía eléctrica entre Normal (compañía suministradora) y Emergencia (planta generadora):

- ✓ Arranque en automático
- ✓ Falla de largo tiempo de arranque
- ✓ Falla de baja presión de aceite
- ✓ Falla de alta temperatura
- ✓ Falla por bajo voltaje de generación
- ✓ Falla por alto voltaje de generación
- ✓ Falla de baja velocidad
- ✓ Falla de alta velocidad
- ✓ Falla de sobre corriente.

Se debe realizar una prueba con carga, aparentando nula alimentación o falla de red de energía por parte de la compañía suministradora

- ✓ El control de transferencia registra la ausencia o falla de red.
- ✓ El control, genera la orden para poner en funcionamiento la planta.
- ✓ El tablero de transferencia hace el cambio entre Normal y Emergencia para que la planta tome la carga.
- ✓ Verificar el tiempo, que tarda en tomar la carga.

- ✓ Medir con instrumentos apropiados, el voltaje de salida entre fases: (AB, BC, CA).
- ✓ Medir el voltaje, entre fases y neutro (AN, BN, CN).
- ✓ Verificar la frecuencia.
- ✓ Corriente por fases (A, B, C)
- ✓ Corriente del neutro
- ✓ Corriente de la tierra física
- ✓ Porcentaje de carga en KW, en los que opera el equipo.
- ✓ Regresar la energía de alimentación a parámetros normales
- ✓ Verificar en el tablero que la alimentación Normal está dentro de parámetros.
- ✓ Comprobar que el tablero de transferencia, haga la retransferencia entre Emergencia y Normal
- ✓ Verificar el tiempo de retransferencia
- ✓ Verificar el tiempo de desfogue o enfriamiento.

### 9.1.2 Rutina de Mantenimiento Preventivo Mayor para la Planta de Emergencia.

En la sección de Mantenimiento para la Planta de Emergencia, los servicios mayores son realizados entre las 250[hrs] y 300[hrs] cuando trabaja el equipo, o al cumplimiento del año en servicio, como lo recomiendan los fabricantes de motores para generación.

#### Rutina de Mantenimiento mayor

- ✓ Dejar el equipo en modo fuera.
- ✓ Apagar los precalentadores.
- ✓ Apagar el cargador de baterías.
- ✓ Desconectar el negativo de las baterías, para evitar cualquier arranque.
- ✓ Drenar el sistema de enfriamiento, desechando el anticongelante.
- ✓ Vaciar el motor de aceite.
- ✓ Cambio de mangueras de los precalentadores, en caso de ser necesario.
- ✓ Cambio de filtros: aire, aceite y combustible.
- ✓ Cambio de bandas en el motor, si se requiere.
- ✓ Cambio de tapón de radiador, si es necesario.
- ✓ Reponer aceite en el cárter del motor, según marque la bayoneta del equipo.
- ✓ Reponer el anticongelante y ponerlo a nivel en el sistema de enfriamiento.
- ✓ Nivelar el líquido de las baterías.
- ✓ Encender los precalentadores.
- ✓ Poner en funcionamiento, el cargador de baterías.
- ✓ Conectar el negativo de la batería.
- ✓ Limpieza general del equipo.
- ✓ Realización de pruebas de operación, del equipo sin carga y con carga.
- ✓ Verificar la correcta operación del equipo.

## 9.2 Rutina de Mantenimiento para UPS.

### 9.2.1 Rutina de Mantenimiento a UPS's Preventivo Menor.

El intervalo de tiempo sugerido es mensual.

- ✓ Se debe consultar, con el personal responsable del equipo en lo referente al funcionamiento, operación, ruido fuera de lo común y respuesta del banco de baterías.
- ✓ Revisión del historial de alarmas
- ✓ Toma de lecturas de parámetros de operación.
- ✓ Cambio de filtros de aire, cuando sea necesario.
- ✓ Limpieza externa del equipo.

### 9.2.2 Rutina de Mantenimiento a UPS's Preventivo Mayor.

El intervalo de tiempo recomendado es anual, se deben tener las precauciones necesarias, para determinar si se aplican algunos procedimientos que no afecten la carga del sitio y operación del equipo.

- ✓ Consultar con el personal responsable del equipo, sobre funcionamiento, operación, ruidos extraños y respuesta del banco de baterías.
- ✓ Toma de parámetros, antes de apagar el equipo
- ✓ Toma de lecturas, en puntos críticos, antes de retirar la carga.
- ✓ Inspección visual, de todos los subensambles y componentes principales.
- ✓ Retirar la carga del equipo.
- ✓ Sacar de operación la unidad, apagar el equipo.
- ✓ Asegurarse, de que no haya voltajes peligrosos.
- ✓ Verificar que no existan señales de arqueamiento, sobrecalentamiento, escurrimiento.

Verificar todas las conexiones mecánicas en:

- ✓ La sección de entrada.
- ✓ La sección del rectificador.
- ✓ La sección del cargador.
- ✓ La sección del inversor.
- ✓ Filtros
- ✓ Sección de salida.

- ✓ En el cableado de señal de control y verificar los conectores.
- ✓ Conexión de interruptores y estado de estos.
- ✓ Verificar, como se encuentran de los capacitores del filtro de salida de CC. y CA.

Limpeza de material extraño, polvo y basura en el interior del gabinete.

Limpeza y sopleteado de todas las secciones del sistema:

- ✓ Entrada, rectificador, cargador, inversor, filtros y salida.
- ✓ Limpieza con extremo cuidado a tarjetas de control, cuando se requiera usar agente limpiador antiestático.
- ✓ Limpieza o cambio de filtros de aire, cuando se necesite.
- ✓ Aseo externo del equipo.
- ✓ Revisar, que dentro del equipo no quede algún objeto.
- ✓ Encender la lógica de control
- ✓ Verificar los puntos de prueba, según el manual del fabricante
- ✓ Verificar, señalización de indicadores y alarmas.
- ✓ Verificar, el funcionamiento de interruptores y contactores cuando sea el caso.

Calibrar el equipo, con especificaciones del fabricante o estado de referencia cuando inicialmente fue encendido y aprobado para su operación.

- ✓ Verificar, y cuando sea necesario calibrar la fuente de alimentación.
- ✓ En los puntos de prueba, verificar y calibrar si es necesario, según el manual del fabricante o el estado de referencia.
- ✓ Observar en el Osciloscopio, las formas de onda de la sección de disparo.
- ✓ Verificar dinámicamente los filtros.
- ✓ Retirar herramientas y equipos de prueba.
- ✓ Cerrar el equipo.
- ✓ Poner en funcionamiento al equipo.
- ✓ Verificación de la operación normal del equipo.
- ✓ Verificar, la tensión de entrada y salida, de ser necesario hay que hacer los ajustes pertinentes, según se requiera.
- ✓ Verificar la tensión de salida, de cada una de las baterías del o los bancos de baterías.
- ✓ Verificar la forma de onda de salida del equipo.
- ✓ Verificar la transferencia de la batería con descarga, simulando un corte de energía, abrir interruptor de entrada.
- ✓ Verificar, que el equipo funcionó correctamente con baterías
- ✓ Verificar el voltaje de los bancos de baterías, durante la prueba.
- ✓ Terminada la prueba, cerrar el interruptor de entrada.
- ✓ Verificar la operación Normal.

Regreso de la unidad a servicio con carga real y verificar la salida.

- ✓ Regresar la carga, al equipo en operación normal.
- ✓ Verificación de operación normal, con carga del equipo.

### 9.2.3 Rutina de Mantenimiento Preventivo Sistemas de Transferencia Estática Sin Paro (STS).

El intervalo de tiempo que se propone es mensual.

- ✓ Consultar con el personal responsable del equipo, sobre el funcionamiento, operación, ruidos extraños y respuesta al realizar transferencias.
- ✓ Toma de lecturas de parámetros.
- ✓ Lecturas de puntos críticos.
- ✓ Limpieza externa del equipo.

### 9.2.4 Rutina de Mantenimiento para Unidad de Panel de Distribución (PDU).

El intervalo de tiempo que se recomienda es cada mes.

- ✓ Antecedentes de equipo.
- ✓ Toma de lecturas de parámetros.
- ✓ Revisión de conexiones.
- ✓ Toma de lecturas de puntos de conexión.
- ✓ Limpieza externa de equipo.

### 9.3 Rutina de servicio de Mantenimiento Preventivo a Banco de Baterías.

El intervalo de tiempo sugerido, es cada vez que se lleve a cabo un servicio tanto preventivo menor como mayor, ya sea en UPS o PCD.

- ✓ Medir y registrar voltaje de baterías:
  - a) Voltaje de flotación.
  - b) Voltaje de rizo.
- ✓ Realizar inspección visual de cada una de las baterías.
- ✓ Verifique sistema de ventilación del cuarto de baterías.
- ✓ Comprobar el torque de conectores entre baterías.
- ✓ Medir y registrar la temperatura ambiente.
- ✓ Inspeccionar limpieza de baterías y cuarto de baterías, así como aseo de terminales.
- ✓ Verificar el gabinete de baterías.

#### 9.4 Rutina de Mantenimiento Preventivo Menor para Planta de Corriente Directa.

Se aconseja que los servicios se realicen una vez al mes.

Consultar con el personal responsable de equipo en lo que se refiere a:

- ✓ Funcionamiento y operación.
- ✓ Revisión de historial de eventos y alarmas.
- ✓ Respuesta durante cortes o fallas de la red.
- ✓ Inspección visual de los componentes principales.
- ✓ Toma de lecturas de parámetros de operación.
- ✓ Toma de lecturas de puntos críticos.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento de extractores de aire.
- ✓ Limpieza o cambio de filtro de aire, si aplica.
- ✓ Extracción Limpieza y sopleteado de cada uno de los rectificadores, hay que extraer uno por uno, limpiarlo y colocarlo otra vez en su sitio.
- ✓ Aseo externo del equipo.
- ✓ Verificación de voltaje de flotación en bancos de baterías.
- ✓ Limpieza y torque de tornillería en bancos de baterías.
- ✓ Verificación de operación correcta del equipo.

##### 9.4.1 Rutina de Mantenimiento Preventivo Mayor a la Planta de Corriente Directa.

Es recomendable, hacer el servicio mayor una vez al año.

Se ejecuta todo el procedimiento de Mantenimiento preventivo menor y además:

- ✓ Para Mantenimiento preventivo mayor, una Planta de Corriente Directa “no debe dejar de funcionar”.
- ✓ Se realizan los ajustes necesarios, al control de la planta apoyándose en el manual del fabricante.
- ✓ Realizar las pruebas necesarias, para garantizar confiabilidad del sistema de rectificación.
- ✓ Verificar, la correcta operación de los bancos de baterías.
- ✓ Revisión de alarmas y eliminarlas, de ser necesarias del módulo de control.
- ✓ Dejar operando correctamente el sistema.

## 9.5 Rutina de Mantenimiento para Equipos de Aire Acondicionado de Precisión.

Se ejecutan los servicios de Mantenimiento una vez al mes.

- Comprobar el voltaje de alimentación.
- Verificar la corriente que consumen motores, compresores y lámparas (equipo de precisión).
- Alineación de poleas y tensión de bandas.
- Lubricación de chumaceras.
- Limpieza de charola del Sistema humidificador.
- Limpieza exterior de motores.
- Aseo general de la unidad.
- Revisión de compresores y corrección de fugas menores.
- Verificación de parámetros de operación.
- Lavado de serpentín condensador y evaporador con producto químico.
- Revisión y limpieza de drenaje.
- Cambio de filtros.
- Comprobar calibración de presostatos de alta y baja presión.
- Checar, niveles de aceite en compresores.
- Verificar carga de refrigerante y completar de ser necesario.
- Efectuar secuencia de operación del circuito de control.
- Detección, revisión y reparación de fugas.

## 10 Participación Profesional.

A lo largo de estos últimos 5 años de trabajar en lo referente a la Ingeniería Eléctrica, he tenido la oportunidad de participar en diversos servicios de Mantenimiento Preventivo y Correctivo para equipos como: Plantas de Emergencia, UPS, Plantas de Corriente Directa y equipos de Aire Acondicionado de Precisión, también he podido llevar a la práctica los conocimientos obtenidos en la Facultad de Ingeniería, intentando comprender el cómo y porqué respecto al funcionamiento de estos Equipos.

He propuesto en mi ámbito laboral, transformaciones dirigidas al beneficio y mejora de los equipos así como de su servicio; desde conocer la operación y funcionalidad de éstos a detalle con la finalidad de evitar fallas, además del cuidado de los equipos y manejo adecuado del espacio de trabajo. He preparado planes y programas sobre mantenimiento con el propósito de perfeccionar y garantizar la confianza del servicio eléctrico y reducir los problemas que se refieren a la Ingeniería Eléctrica.

Todo lo anterior, contando con el apoyo permanente e invaluable de la máxima casa de estudios UNAM, institución a la cual pertenezco y estoy profundamente agradecido.

## 11 RESULTADOS:

Considero, que la falta de mantenimiento adecuado en una empresa trae como resultado fallas e incorrecciones que pueden representar altos costos para el Centro de Cómputo y por consiguiente para las empresas que respaldan sus operaciones en estos sitios. Se pueden encontrar dos beneficios que se desprenden de un programa de Mantenimiento Preventivo; primero, es reducir al mínimo los paros técnicos en todos y cada uno de los equipos; segundo, establecer y contar con una mejor seguridad y operación de los sistemas eléctricos críticos. Otras utilidades serían, que el empleo calificado de un plan de mantenimiento, magnifica la productividad, reduce la interrupción de la producción, así mismo; no se debe de perder de vista el resultado final que nos interesa: la protección y confiabilidad del sistema eléctrico para el respaldo de cargas críticas.

En la Planeación del Mantenimiento Preventivo Eléctrico, la mayoría de las consideraciones se dan por el costo en la seguridad del sistema eléctrico, las estimaciones de precios asociados directamente con las pérdidas, debido a los daños de los equipos y los costos indirectos asociados con el paro técnico o pérdidas de información que resulta en una producción ineficaz, por lo cual es evidente el desarrollo y realización de planes y programas de mantenimiento.

Los mejores programas de mantenimiento inician durante el diseño del servicio, una clave es la de apoyar los mantenimientos preventivos; es decir, ajustar la planeación durante las horas en los que puede haber menos afectación al sistema en caso de falla y así las actividades puedan realizarse.

La aplicación de un programa de mantenimiento apropiado, orientado hacia la confiabilidad debe forzosamente contar con la existencia de un plan o proyecto de Mantenimiento eléctrico, para obtener la posibilidad de modificar algunos lineamientos en el "camino crítico" o "misión crítica". Por ejemplo, un Centro de Datos incluye todo lo necesario para mantener las computadoras y servidores funcionando todo el tiempo, y se incluyen equipos como son: Unidades de Energía Ininterrumpible (UPS), Plantas Generadoras de Energía Eléctrica, Plantas de Corriente Directa, así como sistemas de Aire Acondicionado de Precisión. Todos y cada uno de los sistemas que están en el camino crítico deben recibir prioridad, esto aunque los equipos restantes si los hay, que serían los de soporte no esencial, pueden recibir menos atención porque no son determinantes para la operación del Sistema.

## 12 Aportaciones.

- Disminución de tiempos de servicios.
- Liderazgo en la gestión, planificación y realización de los servicios de mantenimiento.
- Optimización de recursos técnicos y económicos.
- Prevención en el cuidado y manejo de equipos.
- Creación de rutinas de mantenimiento.
- Conformación de programas y planes de mantenimiento de equipos que manejan cargas críticas, cumpliendo con Estándares Internacionales.
- Actualización e investigación respecto a la tecnología actual para aplicaciones de software en estos equipos.

.

## 13 CONCLUSIÓN.

A manera de reflexión final, estimo que hoy en día las empresas necesitan personal altamente calificado y que éste de manera permanente tiene que ir a la vanguardia tecnológica, con la finalidad de dar mantenimiento y operar sus equipos de respaldo a cargas críticas para que éstos puedan trabajar de manera adecuada, ya que son los llevan consigo, el enlace de sus operaciones tanto económicas como administrativas, y por lo tanto la pérdida de energía en éstos representa un alto costo económico y operacional.

En el manejo y operación de los equipos, se tiene que tomar en cuenta al fabricante ya que todos los equipos dedicados a cierta actividad específica como, los UPS que respaldan cargas críticas y las Plantas de Emergencia están dedicadas a generar electricidad, funcionando de acuerdo a los mismos principios eléctricos. Razón por lo cual, las personas que nos dedicamos a otorgar servicios de mantenimiento a los mismos, debemos estar preparados convenientemente y en constante estudio debido a los adelantos tecnológicos, para poder manejar y operar estos equipos de la mejor manera, sin que represente riesgo personal o para la propia industria en la que estén instalados, y proporcionar toda la confianza a determinado sistema eléctrico en que estén operando, para lograr así un desarrollo óptimo para la empresa en beneficio de la sociedad en general.

## 14 ANEXO A

### 14.1 FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS EQUIPOS DE RESPALDO DE CARGAS CRÍTICAS.



*Fotografía 4 Planta de Emergencia marca OTTOMOTORES de 1500 KW, motor CUMMINS, generador síncrono STANFORD.*



*Fotografía 5 Planta de emergencia marca OTTOMOTORES de 1500 KW*



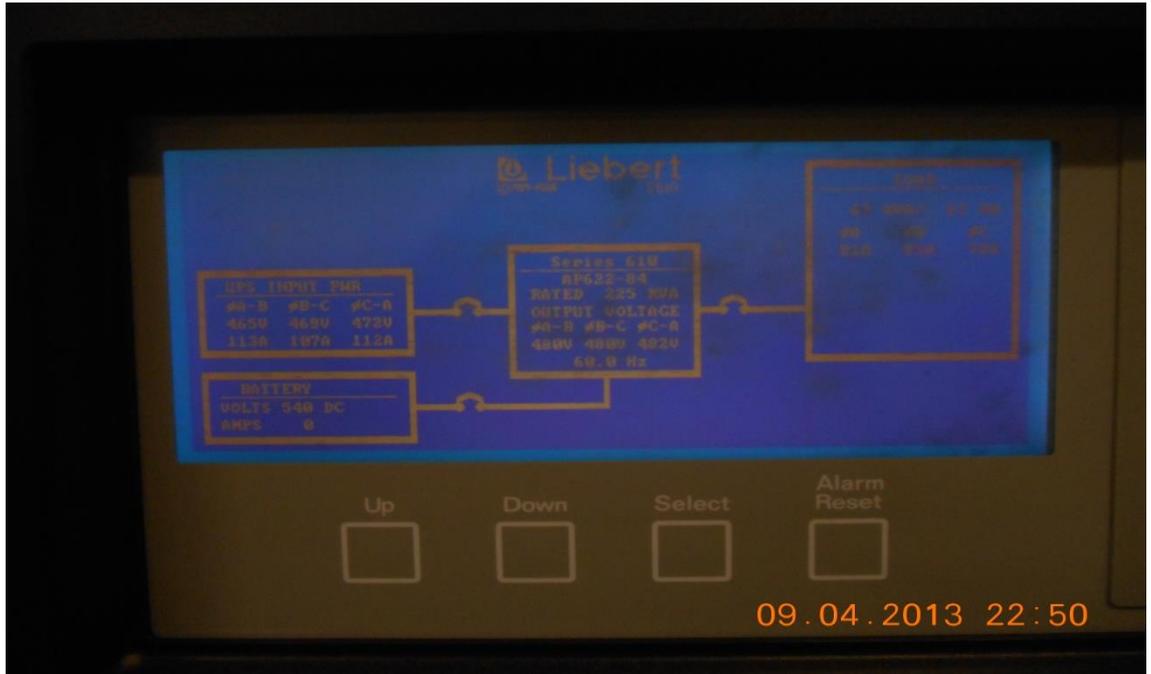
*Fotografía 6 UPS Liebert serie 610, con capacidad 225KVA, conectados en modo paralelo redundante.*



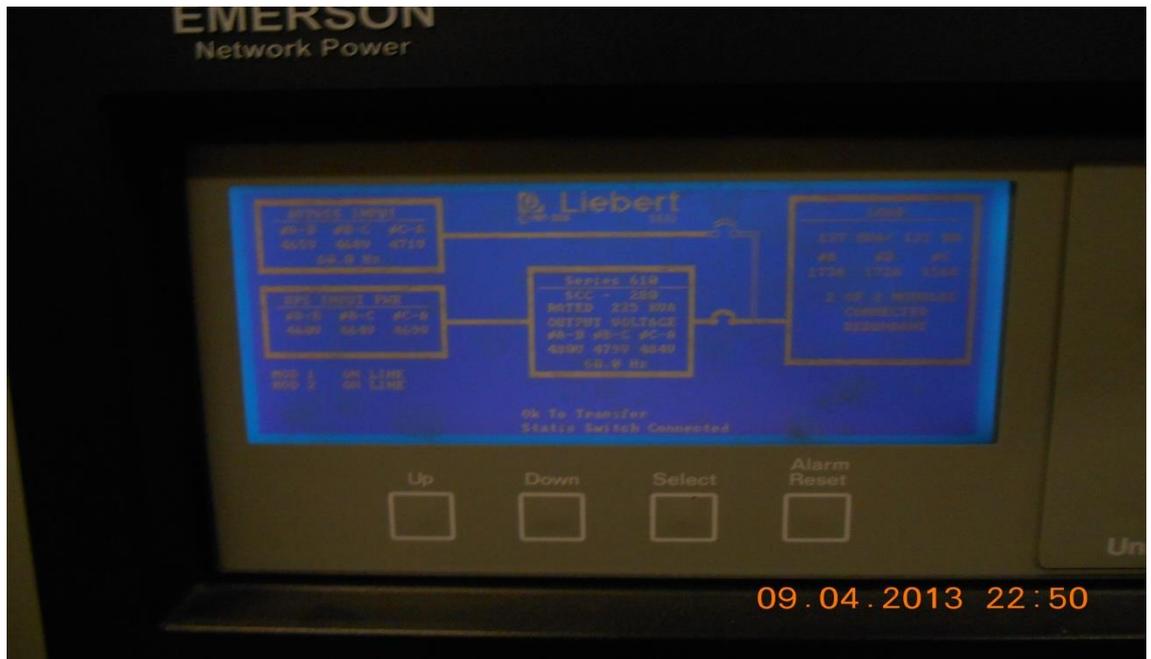
*Fotografía 7 Control SCC, de los UPS Liebert Serie 610 conectados en paralelo redundante.*



Fotografía 8 Bancos de baterías de los UPS Liebert serie 610. Dos bancos en paralelo por UPS. Cada Banco tiene 40 Baterías.



Fotografía 9 Pantalla de operación y control de UPS Liebert serie 610.



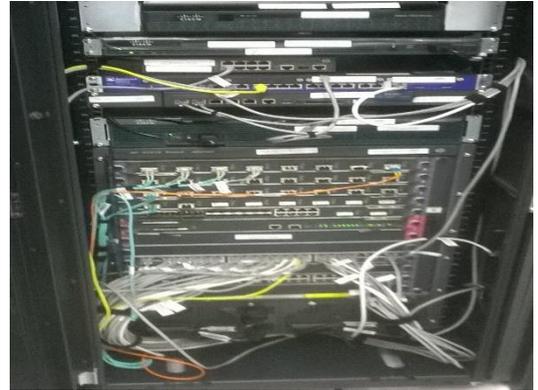
Fotografía 10 Pantalla de control y operación de SCC Liebert serie 610



Fotografía 11 Electrónica de potencia, tarjetas de control y lógica de UPS Liebert serie 610.



*Fotografía 12 STS2 de Liebert*



*Fotografía 15 Servidor en Data Center*



*Fotografía 13 Tarjetas de Control de STS2 Liebert.*



*Fotografía 16 Rack de Servidor en Data Center*

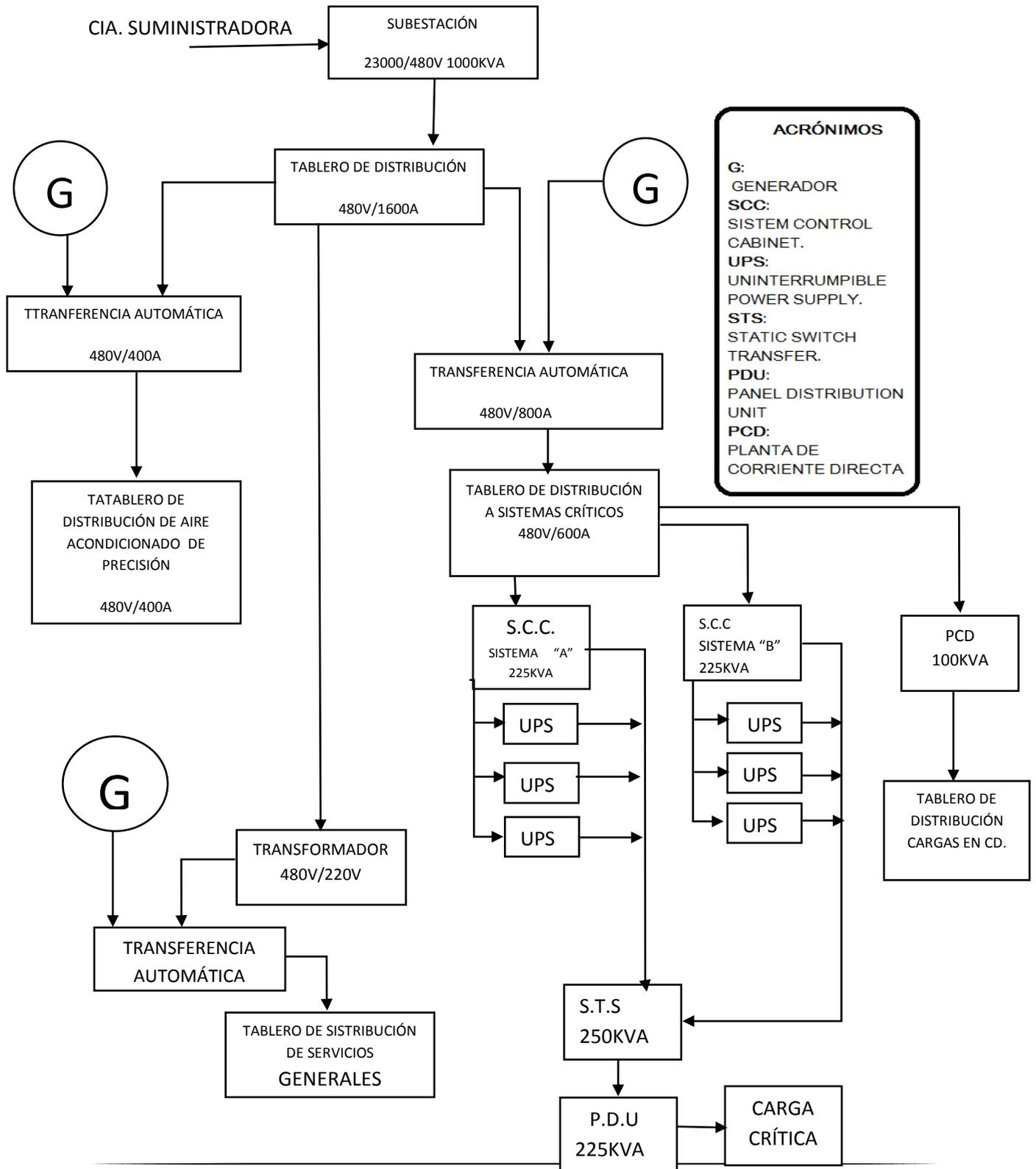


*Fotografía 14 Interruptores de Operación STS2 de Liebert.*



*Fotografía 17 Fuente de Alimentación Eléctrica en Servidor de Data Center.*

15 ANEXO B DIAGRAMA TÍPICO DE CONEXIÓN DE EQUIPOS.



## 16 ANEXO C

### 16.1 Unidades de Medición

[°C] Grado Centrigrado

[°F] Grado Fareheit

[A] Ampere

[Ah] Ampere-Hora

[cm<sup>3</sup>] Centimetro cúbico.

[hr] Hora

[Kg] Kilogramo

[ms] milisegundo

[psi] Presión

[V] Volt

[V<sub>CA</sub>] Voltaje de Corriente Alterna

[V<sub>DC</sub>] Voltaje de Corriente Directa

[N-m] Newton- metro

## 17 ANEXO D

### 17.1 ACRÓNIMOS

*ANSI: AMERICAN NATIONAL ESTANDAR INSTITUTE*

*API: INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL PETRÓLEO.*

*ASHRAE: AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS.*

*AVR: REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE.*

*CA: CORRIENTE ALTERNA.*

*CC: CORRIENTE CONTINUA.*

*DOE: DEPARTMENT OF ENERGY*

*EPO: EMERGENCY POWER OUTPUT.*

*HVAC: HEATING, VENTILATION AND AIR-CONDITIONING*

*IEEE: INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.*

*NETA: NATIONAL ELECTRICAL TESTING ASSOCIATION*

*NFPA: NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION.*

*PCD: PLANTA DE CORRIENTE DIRECTA.*

*PDU: PANEL DISTRIBUTION UNIT.*

*PGEEE: PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA.*

*PWM: PULSE WIDTH MODULATED.*

*SAE: SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS INTERNATIONAL.*

*SCR: RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO.*

*STS: STACTIC SWITCH TRANSFER.*

*THD: TOTAL ARMONIC DISTORTION.*

*TIA: TELECOMUNICATION INDUSTRY ASSOCIATION*

*UPS: UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY.*

## 18 ANEXO E

### 18.1 LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama eléctrico del generador síncrono marca MARATHON. (Marathon Electric Mfg. Corp, 2006) .....	21
Figura 2.- Localización de los componentes en el generador síncrono marca MARATHON, (Marathon Electric Mfg. Corp, 2006).....	22
Figura 3 Diagrama de Bloques del Generador.....	23
Figura 4 Rectificador de 6 pulsos.....	26
Figura 5 Inversor de 6 pulsos.....	27
Figura 6 Diagrama de Operación Normal de un UPS.....	27
Figura 7 Operación con falla en la entrada de UPS. ....	27
Figura 8 Operación en Bypass de UPS .....	28
Figura 9 .-Diagrama unifilar de un UPS COMET DE 100 KVA (MGE UPS SYSTEMS, 2005) .....	29
Figura 10 . Diagrama unifilar de un UPS marca LIEBERT SERIE 610 en sistema de un sólo módulo. (Corporation, liebert, 2007).....	29
Figura 11 UPS conectados en modo paralelo redundante de Liebert serie 610. ....	30
Figura 12 Diagrama unifilar de un STS2 de Liebert. (Corporation, Liebert., 2007) .....	32
Figura 13 Pantalla Táctil de STS2 de Liebert. (Corporation Liebert, 2008).....	32
Figura 14 .- Diagrama de un arreglo de STS2/PDU de Liebert. (Corporation, Liebert., 2007).....	33
Figura 15 Proceso de Rectificación en tres etapas. (ENATEL ) .....	34
Figura 16 Estructura de una batería de plomo-ácido. (Cómo Funciona 01, 2014) .....	37
Figura 17 Aplicación sin ductos. (Technologies, Emerson, 2005).....	46
Figura 18 Aplicación con ductos de descarga direccionados. (Technologies, Emerson, 2005) <sup>17</sup> .....	46
Figura 19 Aplicación con ductos de descarga direccionados. Equipo fuera de la sala. 47	
Figura 20 Aplicación con succión en piso falso, descarga sin ductos (Technologies, Emerson, 2005) <sup>17</sup> .....	47
Figura 21 Succión en la parte superior del equipo y descarga a la cámara plena en piso falso (Technologies, Emerson, 2005) <sup>17</sup> . ....	48
Figura 22 Representación del flujo de aire dentro de un centro de cómputo.....	48
Figura 23 Diagrama de Bloques del Ciclo de Aire Acondicionado .....	50
Figura 24 Diagrama de un equipo DS de Liebert de 20T de Refrigeración. (Technologies E. C., 2006).....	50
Figura 25 Retorno y Abastecimiento de Aire. (Corporation Liebert, 2006) .....	51
Figura 26 Equipo Completo: Condensador y Evaporador de Liebert. (Technologies E. C., 2006).....	52

## 19 ANEXO F

### 19.1 LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Evaporador tipo A (Technologies, Emerson, 2005).....	51
Fotografía 2 Compresor Semi-Hermético. (Technologies, Emerson, 2005) <sup>21</sup> .....	51
Fotografía 3 Condensador de Liebert (Technologies, Emerson, 2005) <sup>21</sup> .....	51
Fotografía 4 Planta de Emergencia marca OTTOMOTORES de 1500 KW, motor CUMMINS, generador síncrono STANFORD. ....	64
Fotografía 5 Planta de emergencia marca OTTOMOTORES de 1500 KW .....	64
Fotografía 6 UPS Liebert serie 610, con capacidad 225KVA, conectados en modo paralelo redundante. ....	65
Fotografía 7 Control SCC, de los UPS Liebert Serie 610 conectados en paralelo redundante. ....	65
Fotografía 8 Bancos de baterías de los UPS Liebert serie 610. Dos bancos en paralelo por UPS. Cada Banco tiene 40 Baterías. ....	66
Fotografía 9 Pantalla de operación y control de UPS Liebert serie 610. ....	66
Fotografía 10 Pantalla de control y operación de SCC Liebert serie 610 .....	67
Fotografía 11 Electrónica de potencia, tarjetas de control y lógica de UPS Liebert serie 610. ....	67
Fotografía 12 STS2 de Liebert.....	68
Fotografía 13 Tarjetas de Control de STS2 Liebert.....	68
Fotografía 14 Interruptores de Operación STS2 de Liebert. ....	68
Fotografía 15 Servidor en Data Center .....	68
Fotografía 16 Rack de Servidor en Data Center .....	68
Fotografía 17 Fuente de Alimentación Eléctrica en Servidor de Data Center.....	68

### 20 LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de disponibilidad según Tier. (Liebert Corporation, 2010) .....	9
Tabla 2 Temperatura ambiente y grado de viscosidad. (Garcia Moreno Antonio, 1999) .....	18

## 21 Bibliografía

- 450-2010, I. (2010). *Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*. IEEE Power and Energy Society.
- 70B-1994, N. (1994). *Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance*. NFPA publication.
- 902-1998, I. S. (1998). *Guide for Maintenance, Operation and Safety Industrial and Power Systems*. IEEE.
- ANSI/TIA-942. (2005). *Telecommunications, Infrastructure Estandar for Data Centres*. ANSI/TIA publication.
- ASHRAE, R. S. (2011). *2011 ASHARE Handbook HVCA Applications SI Edition*. ASHRAE.
- Boylestad, N. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México.: PEARSON Educación.
- Cómo Funciona 01. (2014). ¿ Que hay dentro de una batería? *CÓMO FUNCIONA*, 189.
- Corporation, Liebert. (2009). *Liebert Series 610 UPS Operation and Maintenance Manual, Three Phase Multi-Module AC Power for Business- Critical Continuity*. Emerson Electric Co.
- Corporation Liebert. (2006). *Lieber, Deluxe System/3 Technical Data Manual Floor Mounted, 60 Hz, 6-30 tons Air, Water Glycol and Glycool Cooled*. Columbus OH: Emerson Electric Co.
- Corporation Liebert. (2008). *Liebert STS2, User Manual 100A-1000A 50/60Hz*. Columbus OH: Emerson Electric Co.
- Corporation Liebert. (2010). *Liebert Economizer Cooling Solutions Reduce Cooling Costs By up to 50% without Compromising Reliability*. Columbus Ohio: Emerson electric Co.
- Corporation, liebert. (2007). *Liebert Series 610 UPS, Installation Manual 100-225KVA, 60HZ, Three Phase Multi-Modulo*. Columbus, OH: Emerson Electric Co.
- Corporation, Liebert. (2007). *Liebert Series 610 UPS, Installation Manual 100-225KVA, 60HZ, Three Phase Single-Module*. Columbus OH.: Emerson Electric Co.
- Corporation, Liebert. (2007). *Liebert STS2/PDU, User Manual 250A-800A, Three-Phase, 60 Hz*. Columbus OH: Emerson Electric Co.
- ENATEL . (s.f.). *Plantas de Fuerza*. ENATEL Multieléctrica Industrial.
- Energy, U. D. (2000). *Backup Power Sources for DOE Facilities*. Washington D.C.: U.S. Department of Energy.
- Garcia Moreno Antonio, M. N. (1999). *Manual del Curso "PLANTAS ELÉTRICAS DE EMERGENCIA SELMEC"*. México, D.F: SELMEC Equipos Industriales S.A de C.V.

- IEEE 1106-2005. (2005). *IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Nickel-Cadmium Battery for Stationary Applications*. New York, NY: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY.
- IEEE Std 1188-2005 . (2006). *IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Application*. New York. NY: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY.
- Liebert Corporation. (2010). *Using Static Transfer Switches to Enhance Data Center Availability and Maintainability*. Columbus Ohio: Emerson Electric Co.
- Marathon Electric Mfg. Corp. (2006). *Manual de instalación, operación y mantenimiento del armazon 280-430*. Wausau, EEUU.: Marathon Electric Mfg. Corp.
- MGE UPS SYSTEMS, I. (2005). *Comet 40-150KVA Uninterruptible Power Supply, installation and User Manual*. Costa Mesa, California: MGE INC.
- NFPA. (2006). *NFPA 70B-2006 Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance*. Quincy, MA: NFPA publication.
- NOM-J-467-1989. (1989). *Productos Eléctricos-Plantas Generadoras de Energía Eléctrica de Emergencia*. Diario Oficial de la Federación.
- POWER, M. T. (s.f.). *Manual Técnico de Baterías*. Naucalpan, Edo de México.: Multieléctrica Industrial S.A de C.V.
- Rafael Guerrero, S. B. (2012). *Calidad de la Energía Factor de potencia y filtrado de armónicas*. México: Mc Graw Hill.
- Technologies, E. (2010). *Liebert CW System Design Manual -26-400Kw, 50 & 60 Hz*. Emerson Electric Co.
- Technologies, E. C. (2006). *Liebert DS, Manual del Usuario 28-105 KW, 8-30 Toneladas, distribución aguas abajo*. Emerson Electric Co.
- Technologies, Emerson. (2005). *Liebert Deluxe System /3 - 6 to 30 Tons, Precision Air Conditioning for Sensitive Electronic Equipment*. Columbus Ohio: Emerson Electric Co.
- Technologies, E. C. (s.f.). *Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado*. Emerson Electric Co.
- Tolentino, J. G. (Rev 2004). *Mantenimiento Industrial*.