



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERIA

MEJORA DE LA CONFIABILIDAD EN EL EDIFICIO VALDÉS  
VALLEJO DE LA UNAM

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO - ELECTRÓNICO  
P R E S E N T A N :  
ARNULFO ARELLANO MARTÍNEZ  
DIEGO MIRELES HUERTA  
RODRIGO DE JESÚS SAMAYOA CASTILLO



ASESOR: ING. ROBERTO ESPINOSA Y LARA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

JULIO 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

A DIOS:

Por permitirme terminar una meta mas en mi vida, por bendecirme con una hermosa familia y por estar siempre a mi lado.... ya que sin él no soy nada.

A MIS PADRES:

Gonzalo Arellano y Rosario Martínez gracias a por su esfuerzo, cariño, comprensión y apoyo ya que la culminación de esta etapa es un reconocimiento directo a ustedes. Ustedes son lo mejor que tengo en esta vida y son mi más grande orgullo.

A MIS HERMANOS:

Azu, Fani, Lupis, Gonzo y Chayito por brindarme el apoyo incondicional, amor, comprensión, conocimientos y consejos, ustedes siempre han estado a mi lado y han sido en buena parte mi motor a continuar... gracias !!!

A LA UNAM:

A mi alma mater ya que me abrió las puertas a un mundo de conocimiento, a los profesores que me guiaron, a mis compañeros y amigos que compartieron conmigo ese inolvidable tiempo.... México!!!! Universidad!!!!... Goya!!!!...Goya!!!!....

ARNULFO ARELLANO MARTÍNEZ

A mi papá<sup>†</sup>, mamá y hermana  
por su apoyo y paciencia.

A mi cuñado Juan Pablo<sup>†</sup>  
por sus consejos.

A mi linda sobrina Paula.

A mis profesores y asesores por  
su guía y enseñanzas  
durante la carrera.

A la UNAM, ya que sin la universidad  
pública no hubiera sido posible estudiar  
una carrera.

DIEGO MIRELES HUERTA

#### A DIOS:

Por haberme regalado la vida y por haberme dado la oportunidad de culminar hoy una meta mas en mi vida, que sin duda es y será el objetivo más deseado de mi existencia “mi formación profesional”.

#### A MIS PADRES:

Alfonso Samayoa Ruiz, y Lucía Leticia Castillo Domínguez

Por sus concejos sabios, por el apoyo incondicional y por las muestras de cariño y tenacidad que siempre me brindaron en todo momento, por haber compartido y quizás hasta a veces vivido junto conmigo los desvelos y el nerviosismo antes de un examen final, por haberme impulsado para culminar esta carrera, porque siempre estaré agradecido con la vida por la familia que Dios me dio.

#### A MI ESPOSA:

Claudia Reyes Gil

Por su amor y por todas las cosas lindas y maravillosas que hemos vivido juntos, por sus consejos llenos de verdad que me han permitido ser mejor persona en toda la extensión de la palabra, por compartir conmigo experiencias profesionales que a la postre trajeron a mi vida cosas muy positivas que me han dejado crecer y madurar y por todo lo que hemos construido juntos formando hoy una hermosa familia... te amo.

#### A MI ALMA MATER:

La Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos adquiridos en sus aulas y laboratorios, por sus catedráticos que fungieron como guía para poder desarrollarme como profesional y por todas y cada una de las satisfacciones personales que me ha dado mi querida escuela dentro y fuera de ella.

#### A MI HERMANA:

Rocío Leticia Samayoa Castillo

Por haber estado siempre a mi lado en los momentos más importantes de la vida universitaria, por haber compartido conmigo el asiento cuando juntos todas las mañanas nos dirigíamos a la universidad, por haber hecho de un simple desayuno banquetero, el lugar ideal y perfecto para compartir experiencias y gratos momentos que hoy mañana y siempre llenaran nuestras vidas profesionales de muchas satisfacciones

A MI HIJA:  
Ximena Samayoa Reyes

Mi nena linda, a ti dedico todo lo que soy y lo que puedo llegar a ser, porque has llenado completamente mi vida de cosas extraordinarias, porque eres tú mi principal motor para seguir adelante, porque desde que estabas en el vientre materno, fuiste ejemplo de tenacidad y de fuerza y porque con tu llegada me diste la oportunidad de descubrir la capacidad infinita que tengo de amar.

AL GURÚ:  
Juan Carlos Rodríguez Castillo

Palabra de origen hindú que significa maestro espiritual, porque en muchas ocasiones eso fuiste para mí en los episodios complicados de mi vida estudiantil, porque a pesar de habernos pasado una noche de juerga en grande, me obligabas a ir a clases al día siguiente, por haberme aconsejado bien respecto a un problema matemático que parecía sin solución, y por haber compartido conmigo los grandes tips que tiene esta maravillosa disciplina que elegimos como modo de vida “la ingeniería”.

AL PALACIO DE MINERÍA

Porque a través del programa de apoyo para la titulación nos dan la oportunidad a las personas que ya estamos integradas al mercado laboral de culminar los estudios con el apoyo del ingeniero Espinosa y Lara quien gracias a sus conocimientos nos supo dirigir para llevar a buen término este trabajo.

RODRIGO SAMAYOA CASTILLO



## ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	8
1.1 Definiciones	8
1.1.1 Tensión de fase a neutro	8
1.1.2 Tensión de fase a fase	8
1.1.3 Corriente	9
1.1.4 Frecuencia	9
1.1.5 Armónicos	9
1.1.6 Potencia	12
1.1.7 Energía	12
1.1.8 Factor de potencia	13
1.1.9 Transitorios de voltaje y de corriente	14
1.2 Sistemas de distribución	14
1.2.1 Disposiciones básicas de circuitos: plantas industriales	18
1.2.2 Disposiciones de circuitos básicos: edificaciones comerciales	27
1.2.3 Selección de tensiones del sistema: plantas industriales	28
1.2.4 Selección de tensiones de sistema: edificios comerciales	33
CAPÍTULO 2. CALIDAD DE LA ENERGÍA	34
2.1 Definición	34
2.2 Antecedentes de la calidad de la energía	35
2.3 Importancia de la calidad de la energía	36
2.4 Descripción de los principales disturbios en los sistemas eléctricos que afectan la calidad de la energía	37
2.4.1 Variación de voltaje de corta duración.	38
2.4.1.1 Amplificación “swells”	38
2.4.1.2 Depresión “sags”	39
2.4.2 Variaciones de voltaje de larga duración	39
2.4.2.1 Sobrevoltaje “overvoltage”	39
2.4.2.1 Bajovoltaje “undervoltage”	40
2.4.3 Transitorios	40
2.4.3.1 Impulso	40
2.4.3.2 Oscilación	41
2.4.4 Distorsión de forma de onda	41
2.4.4.1 Muesca “notch”	42



2.4.4.2	Ruido	42
2.4.4.3	Armónicos	43
2.4.4.4	Interarmónicos “interharmonics”	44
2.4.4.5	DC offset	45
2.5	Parpadeo “flickers”	45
2.6	Interrupciones de energía	46
2.7	Voltaje desbalanceado	46
2.8	Tecnologías comerciales de protección y mejora de la calidad de la energía	47
2.8.1	Nivel 1	47
2.8.1.1	Supresores de picos	47
2.8.1.2	Transformadores de aislamiento	50
2.8.2	Nivel 2 Acondicionadores de línea	52
2.8.3	Nivel 3	53
2.8.3.1	UPS	53
2.8.3.2	Plantas de emergencia	55
2.9	Corrección del factor de potencia y potencia reactiva	56
2.10	Visión de la tecnología que nos ayuda a mejorar la calidad de la energía	61
<b>CAPÍTULO 3. CONFIABILIDAD</b>		<b>62</b>
3.1	Definición	62
3.1.1	Método de Monte Carlo	63
3.1.2	Método de Harkov	63
3.2	Índices de confiabilidad	64
3.3	Clasificación de estados	65
3.4	Disponibilidad de energía eléctrica de un equipo eléctrico	65
3.5	Confiabilidad de un equipo eléctrico	67
3.6	Confiabilidad en sistemas paralelo	68
3.6.1	Sistema serie	68
3.6.2	Confiabilidad de elementos en paralelo	70
3.7	Tierras físicas	72
3.7.1	Conexión a tierra física	72
3.7.2	Valor de la resistencia de conexión a tierra física	73
3.7.3	Afectaciones de la resistencia de conexión a tierra física	73
3.7.3.1	Longitud y profundidad del electrodo de tierra física	74
3.7.3.2	Diámetro del electrodo de tierra física	74
3.7.3.3	Número de electrodos de tierra física	74
3.7.3.4	Diseño del sistema de conexión a tierra física	75
3.8	Método de medición a tierra física	75
3.8.1	Comprobación del conductor de tierra física	75
3.8.2	Medición de la resistividad del terreno	76
3.8.3	Métodos de caída de potencial	77
3.8.4	Método selectivo	78





3.8.5	Medición sin estacas (picas)	79
3.9.6	Método bipolar	80
3.9	Pararrayos	81
3.9.1	Claves para un buen proyecto de (SPDA)	82
3.9.2	Mitos y verdades	83
3.9.3	Cobre y pararrayos	84
3.10	Tiempo de Interrupción por Usuario (TIU)	85
CAPÍTULO 4. REGULADORES DE TENSIÓN		86
4.1	Fluctuación y regulación de tensión	86
4.2	Definición de regulador de tensión	95
4.3	Tipos de configuraciones en los reguladores de tensión	96
4.3.1	Regulación de tensión con zener	96
4.3.2	Reguladores de tensión con transistores	98
4.3.3	Reguladores de tensión con circuitos integrados	98
4.3.4	Reguladores conmutados	100
4.3.5	El autotransformador regulable	102
4.4	Tipos de reguladores por funcionamiento	103
4.4.1	Reguladores electromecánicos	104
4.4.2	Reguladores electrónicos	105
4.4.3	Reguladores ferrosónicos	107
4.5	Importancia y necesidad de mantenimiento a reguladores de tensión	110
4.6	Necesidad de regular la tensión	110
4.7	Razones para usar un regulador de tensión	111
CAPÍTULO 5. UNIDADES DE POTENCIA ININTERRUMPIDA “UPS”		112
5.1	Generalidades	112
5.2	Descripción general	117
5.2.1	Rectificador	118
5.2.2	Inversor	119
5.2.3	Interruptor estático	119
5.2.4	Detector y sensores	121
5.2.5	Especificaciones del sistema de energía ininterrumpible	122
5.3	Operación	124
5.3.1	Modo normal	125
5.3.2	Modo con batería	126
5.3.3	Modo a línea de derivación (bypass)	127
5.4	Procedimientos de operación	128
5.4.1	Procedimientos de arranque del sistema	128
5.4.2	Procedimiento a línea de derivación	130
5.4.3	Procedimiento de regreso a modo normal desde modo en derivación	131



5.4.4	Procedimiento de apagado por mantenimiento o total	132
5.5	Banco de baterías	133
5.5.1	Instalación y puesta en servicio	135
5.5.1.1	Carga de flotación	135
5.5.1.2	Carga de igualación	136
5.5.2	Pruebas de operación	136
5.5.2.1	Pruebas de descarga de capacidad	137
5.5.2.2	Pruebas de capacidad	138
5.5.3	Mantenimiento al banco de baterías	140
5.6	Mantenimiento a los sistemas de energía ininterrumpible	142
5.6.1	Información de seguridad	143
5.6.2	Instrucciones de operación y servicio	144
5.6.3	Tareas periódicas y mantenimiento preventivo	144
5.6.4	Mantenimiento correctivo	147
5.7	Recomendaciones de seguridad para operadores de los UPS	147
CAPÍTULO 6. REQUERIMIENTOS PARA LA SELECCIÓN DE UN UPS		150
6.1	Análisis de la carga	150
6.2	Requerimientos eléctricos generales para la instalación del UPS	158
6.2.1	Requerimientos de área	158
6.2.2	Cambios por hacer en la instalación actual	160
6.2.3	Canalización	160
6.2.4	Conexión principal del tablero general regulado hacia los tableros de distribución ubicados en la vertical de cada piso	161
6.2.5	Distribución del UPS	161
6.3	Análisis de trayectorias e instalación eléctrica	163
6.4	Tuberías	164
6.5	Cables en charolas	164
6.6	Selección y preparación del área adecuada para la instalación del UPS	165
6.7	Instalación de Planta de Emergencia para Energía Regulada e Ininterrumpida	167
6.8	Sistema de Escape	167
6.9	Aislamiento	169
6.10	Silenciador	169
6.11	Tubos flexibles	170
6.12	Material	171
6.13	Descarga de aire caliente	171
6.14	Admisión de aire frío	172
6.15	Otros Sistemas de enfriamiento	172
6.16	Máquinas enfriadas por aire	173
6.17	Sistema de combustible	173
6.18	Cuarto de máquinas	175



---

6.19	Cimentación	176
6.20	Conexiones eléctricas	177
6.21	Cables de fuerza	178
6.22	Conexión de tierra	178
6.23	Verificaciones finales	179
6.24	Condiciones externas con las que los equipos deben ser compatibles	181
CONCLUSIONES		184
ANEXOS		191
BIBLIOGRAFÍA		259



## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica, constituye por sí misma una riqueza de importancia básica en la vida moderna, tanto más si se tiene en cuenta la facilidad con que puede producirse, transportarla a largas distancias y distribuirla de modo capilar por medio de densas redes de transmisión y distribución.

Alrededor de un 30% de todas las fuentes mundiales de energía primaria son empleadas para generar energía eléctrica y prácticamente toda ella es transmitida y distribuida mediante sistemas de tensión alterna de 50 ó 60 Hz. Hoy en día es más importante que nunca diseñar y operar sistemas eléctricos que, no sólo tengan la máxima eficiencia practicable, sino que, además, tengan el más alto grado de seguridad y confiabilidad.

En los sistemas eléctricos el hecho de no disponer de electricidad en momentos inesperados, trae graves consecuencias productivas. Un minuto sin electricidad causaría: la pérdida de los datos almacenados en un computador; la detención de un motor, y por tanto de una cadena productiva; que una operación médica se vea interrumpida o alterada; es decir, en sistemas eléctricos se debe tender a lograr la máxima confiabilidad posible debido a que las consecuencias son extraordinariamente relevantes.

El suministro de energía eléctrica debe realizarse con calidad adecuada, para que los equipos que la utilizan funcionen correctamente. Así pues la calidad queda definida por los siguientes factores, que son considerados como requisitos básicos de un sistema de energía eléctrica:

- Continuidad del servicio



- Regulación de tensión
- Control en la frecuencia

Son numerosas las acciones que es posible realizar para reducir, al menos parcialmente, la incertidumbre de quedar sin electricidad en un proceso:

1. Disponer elementos en paralelo en el sistema.- Esta alternativa consiste en diseñar de tal modo que si falla un componente el sistema continúe funcionando. Son ejemplos de esta opción el disponer de un doble circuito de transmisión de electricidad entre el generador de electricidad y la ciudad o industria que se pretende alimentar; iluminar con dos ampolletas alimentadas independientemente un acceso peligroso; disponer más de un circuito de energización para una casa, etc.

2. Evitar los elementos en serie en el sistema.- Esta alternativa consiste en diseñar de tal modo que si falla un componente el sistema dependa de la operación simultánea en varios elementos de confiabilidad baja. Un ejemplo de empleo de elementos en serie es el caso del movimiento de una correa transportadora con un sólo motor y un sólo convertidor de frecuencia; en este sistema basta que el motor o el convertidor de frecuencia falle para que la correa de transporte se detenga. Otro ejemplo es el de la iluminación de un aviso publicitario mediante múltiples focos en serie; basta que uno falle y el aviso queda totalmente apagado.

3. Mejorar la confiabilidad mediante el empleo de diseños y tecnologías adecuadas.- En este aspecto, son múltiples las acciones que es posible llevar a cabo:

- Mejoramiento de instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales. Es común observar instalaciones eléctricas en que los consumos son



notablemente superiores a los límites de diseño debido al crecimiento del uso de la electricidad en todo tipo de actividad. Los contactos múltiples conectados a un contacto único son un ejemplo común que debe ser evitado.

- Optimización de los sistemas de compensación de factor de potencia. Los condensadores entran en resonancia con las reactancias de los transformadores de alimentación e incrementan notablemente la cantidad de armónicas, superándose los límites establecidos por norma, llegándose incluso a la explosión de equipos e interruptores.
- Mejoramiento de los sistemas de puestas a tierra y cables de neutro. Las corrientes armónicas que circulan por el neutro de los sistemas, provocan diferencias de voltaje entre neutro y tierra que pueden dañar diversos equipos electrónicos. Las mallas de tierra son diseñadas para proporcionar un camino definido de regreso a la fuente de energía con impedancia suficientemente baja; sin embargo, con las corrientes armónicas esta impedancia crece y, por tanto aparecen problemas no previstos por el diseñador.

4. Disponer de reservas de abastecimiento de potencia y energía mediante múltiples fuentes. Son ejemplos de estos mejoramientos: La construcción de tanques de reserva de energía hidroeléctrica, el disponer de baterías y/o generadores diesel de respaldo.

5. Aplicar y cumplir las normativas y recomendaciones referentes a las características de la red eléctrica de alimentación. Son ejemplos de esta opción: emplear conductores adecuados para evitar calentamientos que aceleren su vida útil, impedir elevación y reducción de voltaje más allá de las permitidas, impedir que la distorsión armónica sea superior a la permitida, etcétera.



El diseño del sistema de distribución que abastece las cargas debe cumplir ciertas consideraciones básicas como seguridad, confiabilidad, costo, nivel de tensión, mantenimiento y flexibilidad. Las cargas deben analizarse en cuanto a su magnitud, ubicación dentro del edificio, variación durante el día y tipos de cargas (resistivas, inductivas y capacitivas).

En los sistemas de distribución, las cargas se clasifican en: industriales, comerciales y habitacionales; dadas las características del edificio Valdés Vallejo se trata de una carga comercial (iluminación fluorescente, equipos de cómputo y equipo electrónico).

Existen dos disposiciones básicas para circuitos en sistemas de distribución: plantas industriales y plantas comerciales. En las instalaciones industriales se suele tener grandes extensiones horizontales, en las comerciales la distribución suele ser más vertical (edificios). En el caso del edificio Valdés Vallejo se trata de una configuración más parecida a una comercial puesto que el edificio tiene gran cantidad de equipo electrónico y de cómputo.

Para asegurar la calidad del servicio se contemplan ciertas medidas preventivas por parte de la compañía suministradora, como disponer una reserva de generación, interconexión de circuitos, sistemas de producción, etc.

Dado que los equipos que funcionan con energía eléctrica están diseñados para operar a una tensión y frecuencia determinadas; su funcionamiento será satisfactorio siempre y cuando estos parámetros no varíen más allá de ciertos límites de acuerdo al tipo de carga y el uso que se les haya asignado. La energía eléctrica ha adquirido una gran relevancia hoy en día de tal manera que una interrupción en la misma causa trastornos y pérdidas económicas, tanto a la industria privada, al comercio, universidades y a todos los usuarios, en general.



La situación económica mundial y por supuesto la nacional ha sido un fuerte catalizador en la búsqueda no sólo de nuevas fuentes de energía, sino también de sistemas complementarios que adicionados a las instalaciones existentes, permitan abatir los consumos de energéticos primarios. En el campo de la producción de energía eléctrica, se han propuesto una serie de mejoras a los sistemas de generación que emplean combustibles, tales como: gas, diesel y combustóleo, así como a las plantas nucleares.

Los reguladores de tensión se definen como aquellos equipos que proporcionan la tensión estable que requieren ciertos aparatos tales como computadoras, equipo médico, equipo de telecomunicaciones y otro equipos electrónicos comerciales e industriales, corrigiendo automáticamente las variaciones de la línea de alimentación de corriente alterna (CA) al tiempo que limitan los picos de tensión utilizando para ello un sofisticado sistema de supresor de transitorios logrando con esto que los equipos trabajen sin problemas y que la calidad en su operación que producen los mismos no se vea afectada.

Los reguladores deben utilizarse donde las variaciones de tensión de la línea sea amplia o esté sujeta a ruido eléctrico, su uso principal está en estabilizar las variaciones de la tensión de la red eléctrica.

El presente trabajo trata de los medios con los cuales se mantiene la continuidad y la calidad en el suministro de energía eléctrica, especialmente a cargas críticas una solución viable y contundente para garantizar el suministro a cargas críticas son los, Sistemas de Energía Ininterrumpible (UPS).

La energía, las comunicaciones y los sistemas de control confiables en un sistema eléctrico son vitales para garantizar la calidad y la productividad en cualquier inmueble donde se desarrollen proyectos e investigaciones importantes, tal es el





caso del edificio Valdés Vallejo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde se concentran la mayoría de los laboratorios de electrónica y centros de cómputo más importantes de la División de Ingeniería Eléctrica

Igualmente importante, pero más frecuentemente pasados por alto, en áreas de confiabilidad de un inmueble es el mantenimiento de las fuentes de energía alternas o de respaldo. Por eso es que en este trabajo se mencionan los diferentes tipos de mantenimiento a los que pueden ser sometidos para su buen funcionamiento dichos UPS's. Usualmente se invierte una gran cantidad de tiempo y esfuerzo en el diseño de los sistemas de energía de respaldo e igualmente debe ser para el mantenimiento de los mismos. Un buen programa de mantenimiento a las fuentes de energía de respaldo debe ser del interés de todo personal involucrado en el diseño, mantenimiento o administración de la operación de un inmueble comercial, educativo o industrial a fin de proporcionar protección óptima tanto al personal como a los equipos.

La información contenida en este trabajo puede ser de gran utilidad para instaladores, operadores y estudiantes de UPS's ya que se podrá encontrar información de operación y constitución de estos equipos en forma detallada, la cual puede ser ampliada si se estudia más a fondo los diferentes manuales de operación, mantenimiento y servicio para una mejor comprensión.

También se proporcionan recomendaciones contundentes para poder solucionar definitivamente el problema de interrupción de suministro eléctrico que aqueja gravemente al edificio Valdés Vallejo de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde es posible garantizar las operaciones de los equipos de cómputo y cargas críticas mediante la utilización e implementación de un equipo UPS dejando fuera del sistema eléctrico los ya obsoletos reguladores de voltaje los cuales tenemos bien sabido que no garantizan el suministro de energía en caso de algún corte



franco por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) protegiendo a la carga únicamente por alto o bajo voltaje.

Como se puede apreciar son muchos los beneficios que se obtienen al utilizar este tipo de fuentes de energía, que si bien provocan una inversión inicial fuerte podemos asegurar que en un corto plazo nos redituará grades ahorros al proteger nuestras cargas consideradas como criticas, ya que si no contamos con una protección adecuada y aseguramos el suministro de energía eléctrica a estos equipos, los daños en los mismos pueden ser considerables generando gastos innecesarios para reparación o sustitución.



# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

Los sistemas de energía eléctrica constan de estaciones generadoras, líneas de transmisión, subestaciones de potencia, líneas de subtransmisión, subestaciones de distribución y líneas de distribución o circuitos alimentadores, que se interconectan para proporcionar energía eléctrica a las cargas de los usuarios.

### **1.1 DEFINICIONES**

#### **1.1.1 Tensión de fase a neutro**

Dada una distribución de carga, el sistema debe operar a niveles de tensión del orden de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal, de acuerdo al diseño original. El rango aceptable para un sistema de 127 Volts es de  $\pm 12.7$  V, lo que equivale a un rango admisible de 114.3 a 139.7 V.

#### **1.1.2 Tensión de fase a fase**

Dada una distribución de carga, el sistema debe operar a niveles de tensión del orden de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal, de acuerdo al diseño original. El rango aceptable para un sistema de 220 Volts es de  $\pm 22$  V, lo que equivale a un rango admisible de 198 a 242 V.



### **1.1.3 Corriente**

La corriente eléctrica en un sistema balanceado debe ser de la misma magnitud en cada una de las fases, de lo contrario se tendría que hacer un balance de cargas.

En teoría por el neutro no debe circular corriente, en el caso de que exista ésta deberá ser muy pequeña.

### **1.1.4 Frecuencia**

La frecuencia es la razón a la cual el voltaje o la corriente sube y baja en ciclos por segundo y se mide en Hertz (Hz). Un Hz es la variación de un ciclo completo por segundo. En México la frecuencia normalizada a nivel nacional es de 60 Hz.

El rango de variación de frecuencia permitido es de 59.8 a 60.2 Hz, es decir, un  $\pm 0.2$

### **1.1.5 Armónicos**

Los armónicos en los sistemas eléctricos en media y baja tensión son un problema de estado continuo con resultados peligrosos; además de que al combinarse con la frecuencia fundamental producen distorsiones.

En un sistema de alimentación ideal (libre de armónicos), las formas de onda de la corriente y la tensión son senoidales puras. Por ejemplo, en un circuito formado sólo por cargas lineales (cargas resistivas), la corriente que fluye a través de los componentes es proporcional a la tensión aplicada a una frecuencia determinada; es decir, si se aplica una tensión senoidal se produce una corriente senoidal en la carga. No obstante, en la práctica nos encontramos con componentes no lineales interactuando en los circuitos eléctricos. Esto es lo que da origen a la generación



de armónicos, los cuales son magnitudes eléctricas múltiplos de una componente fundamental.

Estas corrientes se expresan como un porcentaje de la corriente fundamental y la sumatoria de todos estos valores se expresan como "THD" (*Total Harmonic Distortion*), se expresa en porciento. Todos los valores de THD sobre el 10% son motivo de preocupación. La ecuación siguiente expresa cuantitativamente este concepto:

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{H_n}{H_1}\right)^2} * 100$$

donde:

*THD*: Distorsión Armónica Total.

$H_n$ : Magnitud de la Componente Armónica.

$H_1$ : Frecuencia Fundamental.

$n$ : Orden de la Armónica.

Las armónicas no se producen normalmente dentro de un sistema eléctrico; en la mayoría de los casos son producidas por las cargas conectadas al mismo. Algunas de las fuentes más comunes de armónicas son: los convertidores estáticos, los transformadores sobre-excitados, el alumbrado fluorescente, los dispositivos de estado sólido (computadoras, controladores de velocidad, etc.).

Las principales consecuencias de estos fenómenos sobre los equipos son:

**Transformadores y generadores:** El contenido armónico provoca un fenómeno de calentamiento considerable sobre el valor de la corriente promedio cuadrática (RMS) debido a la histéresis y las corrientes parásitas.



**Motores:** Produce un sobrecalentamiento debido a las corrientes armónicas de secuencia negativa (5ta armónica) y las corrientes parásitas.

**Conductores:** Las armónicas provocan un sobrecalentamiento del conductor neutro, ello se debe a que las armónicas de secuencia cero se suman en el neutro en vez de cancelarse como sucedería con cargas lineales balanceadas.

**Barra del neutro:** Se sobrecarga debido a las armónicas de secuencia cero, así mismo se producen fugas por el neutro ocasionadas por el sobrecalentamiento en caso de sobrecargas.

**Tablero de distribución:** Calentamientos debido a corrientes parásitas que generan vibraciones y zumbidos.

**Dispositivos de protección:** Éstos se ven afectados por las armónicas provocando disparos en situaciones en las que no debiera producirse este fenómeno, ello se debe al calentamiento adicional en el tablero generado por la circulación de corriente de la 3ra armónica en el conductor neutro.

**Instrumentos de medición:** Las armónicas pueden provocar errores en la medición de energía cuando se utilizan equipos de inducción.

**Equipos electrónicos:** Al distorsionarse la forma de onda los equipos pueden sufrir fallas en su funcionamiento.

**Sistemas de comunicaciones:** En algunos casos suelen ocurrir interferencias (ruidos intermitentes) que pueden llegar a ser lo suficientemente intensos como para distorsionar las señales, causando fallas en su funcionamiento.



Las armónicas ocasionan muchos problemas por lo cual es recomendable que no rebasen el 5% para voltaje y para corrientes no deben estar arriba del 10%

### 1.1.6 Potencia

**Potencia activa:** Es la energía útil la cual se expresa en Watts (W), mediante esta potencia se puede ver el consumo de energía de nuestro sistema, es decir indica la demanda que se tienen en estas instalaciones.

**Potencia reactiva:** Los motores y transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren de potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético. Esta potencia es expresada en volts-amperes reactivos (VAR).

**Potencia aparente:** El producto de la corriente con el voltaje y se expresa en volts-amperes (VA). Es la suma de los vectores gráficos de la potencia activa y la potencia reactiva.

### 1.1.7 Energía

La unidad de consumo de energía de un dispositivo eléctrico se mide en watt-hora (vatio-hora), o en kilowatt-hora (kW-h) para medir miles de Watts.

Normalmente la empresa mexicana que suministra energía eléctrica a sus diferentes consumidores (CFE), en lugar de facturar el consumo en watt-hora, lo hace en kilowatt-hora (kW-h).



### 1.1.8 Factor de potencia

Un problema común que se presenta en las instalaciones eléctricas es el llamado bajo factor de potencia, el cual está relacionado con la calidad del suministro de la energía eléctrica, en consecuencia existirán variaciones de voltaje y pérdidas en las instalaciones. Lo que implica pérdidas económicas importantes.

El factor de potencia es la relación de la potencia real usada en un circuito entre la potencia aparente y pueda representarse por la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{P_{REAL}}{P_{APARENTE}} \left[ \frac{kW}{kVA} \right]$$

donde:

$FP$  = Factor de potencia

$P_{REAL}$  = Potencia real

$P_{APARENTE}$  = Potencia aparente

Algunas consecuencias en las instalaciones eléctricas por bajo factor de potencia son:

1. Aumenta las pérdidas por efecto Joule.
2. Aumento en la caída de tensión, lo que ocasiona insuficiencia en el suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.) y por tanto estos equipos sufrirán una reducción en su potencia de salida.

El valor del factor de potencia por norma debe ser superior o igual a 0.9





### 1.1.9 Transitorios de tensión y de corriente

Los transitorios son el resultado natural de cualquier actividad eléctrica. Siempre están presentes en los sistemas eléctricos. Sin embargo, el aumento en las instalaciones eléctricas de equipos electrónicos sensibles ha incrementado la necesidad de controlar los efectos dañinos de los transitorios de tensión y corriente en los sistemas eléctricos.

Se pueden clasificar por su origen como:

- **Transitorios Externos:** Son generados fuera del sistema eléctrico o de la red de distribución de baja, media o alta tensión por fenómenos como rayos, descargas eléctricas, campos magnéticos, etc. Son los de menor ocurrencia; sin embargo, los de mayor potencia destructiva.
- **Transitorios Internos:** Son generados dentro de la instalación eléctrica normalmente por los mismos equipos internos y dispositivos de *switches*. Son los de mayor ocurrencia, pero con magnitud pequeña que no daña a los equipos de forma instantánea. Los degrada con el tiempo y produce lo que se conoce como oxidación electrónica. Los producen los motores, aires acondicionados, balastos, elevadores, arrancadores, etc.

## 1.2 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Las cargas de los sistemas de distribución se clasifican en:

1. Industriales
2. Comerciales
3. Habitacionales (urbanas y rurales), con niveles menores de demanda y



consumo de energía.

La parte del sistema eléctrico comprendida desde la estación generadora hasta las líneas de distribución es operada en México por la empresa de servicio eléctrico CFE, y es de su propiedad.

A partir de la carga eléctrica, la planificación, el diseño y la operación son responsabilidad del usuario.

El diseño del sistema de distribución que abastece los componentes de carga implica ciertas consideraciones básicas. Éstas son:

1. Seguridad
2. Confiabilidad
3. Costo
4. Nivel y características de tensión
5. Facilidad de mantenimiento
6. Flexibilidad de servicio

**Seguridad.** Abarca dos aspectos: protección de la vida tanto de los usuarios como de los operadores del sistema, del equipo y la propiedad. La protección de la vida es de máxima importancia y puede realizarse más eficazmente utilizando:

1. Componentes eléctricos adecuados de alta calidad.
2. Disposiciones de sistema adecuadas y fáciles de operar.
3. Construcción con cubierta metálica e interbloqueo apropiado.
4. Aislamiento apropiado o salvaguarda de conductores energizados.
5. Conexión a tierra del sistema y equipo en forma apropiada.
6. Prácticas de instalación y programas de mantenimiento adecuados.
7. Capacidades de protección contra cortocircuitos de los equipos de



interrupción y dispositivos protectores coordinados apropiadamente, a fin de garantizar la supresión selectiva de los componentes del sistema en caso de falla.

**Confiabilidad.** Implica no sólo el uso de componentes de alta calidad con bajos índices de falla para áreas críticas, sino también, en algunos casos, la provisión de fuentes alternativas de energía en caso de desperfecto del equipo o para su reparación.

**Costo.** La decisión de incluir una fuente alternativa, o de redundancia de equipo, se basa en una evaluación de todos los aspectos de ingeniería, incluyendo los costos y las consecuencias de la pérdida de energía eléctrica. Los diseños de sistemas simples también son menos susceptibles a los errores de operación durante una emergencia que los diseños complicados. Debido a los incrementos esperados en el costo de la energía, no sólo deben considerarse primero los costos de un sistema, sino que también se deben investigar la eficiencia de sus componentes y las disposiciones de los circuitos.

**Nivel y características de tensión.** Intervienen la magnitud, frecuencia, armónicos y, en el caso de tres fases, el equilibrio de las magnitudes de voltaje entre fases. Lo ideal es una onda senoidal pura con magnitud y frecuencia constantes. Se deben hacer consideraciones de diseño sobre la fluctuación y regulación del voltaje, y sobre los dispositivos de carga que producen armónicos en las ondas de forma de tensión y corriente y transitorios en el sistema. Tales dispositivos son los convertidores electrónicos, algunos dispositivos de control de velocidad y de voltaje, y las operaciones de interrupción bajo carga.

**Mantenimiento.** Es necesario para mejorar la seguridad y la confiabilidad, y el diseñador de un sistema debe incorporar las características que faciliten el mantenimiento y las inspecciones de rutina.



**Flexibilidad de servicio.** Significa que el diseño debe tener aspectos que le permitan admitir cambios fáciles en la ubicación, magnitud o carácter de la carga. En el diseño original se debe planear la disposición del espacio suficiente que permita una expansión sin producir la reorganización indebida de los circuitos.

Debido a la naturaleza diversa de los requisitos de energía eléctrica de diferentes usuarios, deben investigarse varias disposiciones de circuito básicas para lograr la más apropiada. Sin embargo, es necesario considerar ciertos factores antes de tomar una decisión.

En primer lugar, las cargas deben analizarse en cuanto a su magnitud, ubicación dentro de la instalación, variación durante el día y si sus tipos son como resistivas, inductivas, capacitivas, de motor, etcétera. Las cargas pueden describirse en función de diversas características: factor de demanda, factor de carga, factor de diversidad, demanda máxima, carga pico y carga promedio. Las tres primeras se utilizan en la determinación de la carga efectiva de un grupo de dispositivos, en tanto que las tres últimas se aplican a una carga o dispositivo dados. La siguiente es una descripción de algunos de estos factores de carga.

**Factor de demanda.** Es la razón de la demanda máxima sobre un sistema entre la carga total conectada (suma de las capacidades continuas de los dispositivos conectados al sistema).

**Factor de carga.** Es la razón de la carga media en un periodo específico de tiempo entre la carga pico que ocurre durante ese periodo.

**Factor de diversidad.** Es la razón de la suma de las demandas máximas en los diversos componentes del sistema entre la demanda máxima de éste (el factor de diversidad es  $\geq 1$ ).



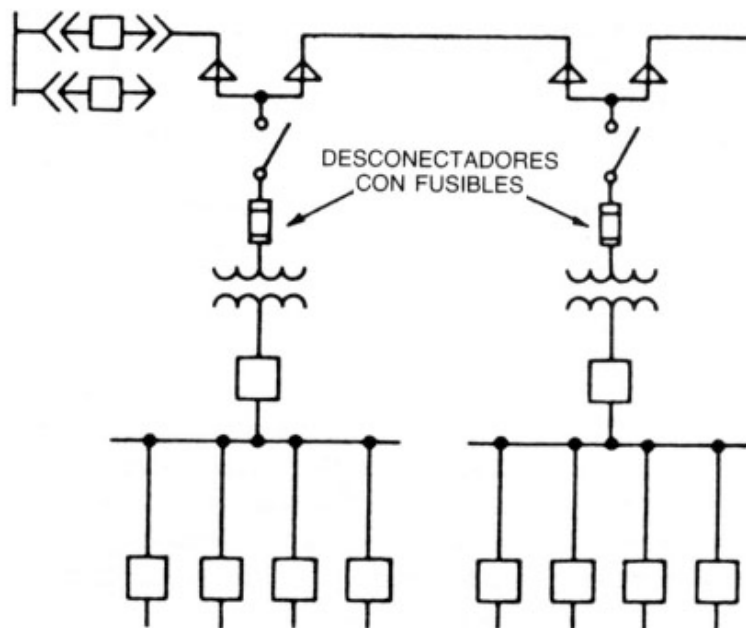
**Demanda máxima.** Es la mayor carga integrada que ocurre en un periodo específico de tiempo, generalmente lapsos de 15 ó 30 minutos.

La demanda máxima se determina aplicando los factores de demanda y de diversidad a la carga conectada. El factor de demanda varía considerablemente con cargas diferentes y se basa en la experiencia obtenida en aplicaciones similares. Entonces la demanda sobre el sistema es igual a la carga total conectada, multiplicada por el factor de demanda, suponiendo un factor de diversidad igual a uno. Si se conoce este factor, entonces la demanda así obtenida debe dividirse entre el factor de diversidad para obtener la demanda real. En muchos casos se desea utilizar un factor de diversidad de uno para tener en cuenta la suma de cargas y la expansión.

### **1.2.1 Disposiciones básicas de circuitos: plantas industriales**

Entre las muchas variedades posibles de disposiciones para subestaciones, alimentadores y circuitos, han surgido algunos diseños básicos que son aplicables a la mayor parte de los sistemas de distribución de energía eléctrica. En estas disposiciones fundamentales se utiliza la idea general de suministrar energía a la subestación del centro de carga la tensión primaria, y distribuirla con circuitos relativamente cortos y de baja tensión hasta los dispositivos de utilización. Tales disposiciones básicas se clasifican como de circuitos primarios radiales, de circuitos secundarios selectivos, de circuitos primarios selectivos, de circuitos primarios en lazo o anillo, y de circuitos primarios selectivos y red secundaria. Las diversas disposiciones de circuitos son el resultado de una transacción entre el costo y la continuidad o confiabilidad de servicio durante la falla de ciertos componentes del sistema.

La disposición de circuitos alimentadores primarios radiales suministra potencia a voltajes primarios de 2.4 a 34.5 kV por cable, para subestaciones ubicadas cerca de los centros de carga eléctrica. Esto se ilustra en el diagrama unifilar de la *figura 1.1*. Esta disposición será la menos costosa en la mayor parte de las instalaciones, puesto que no hay duplicación de equipo. Sin embargo, la falla de un cable o un transformador primario producirá la interrupción de servicio para el área alimentada por el equipo con desperfecto. Asimismo, durante el mantenimiento, el área que abastece este equipo quedará desenergizada por completo.



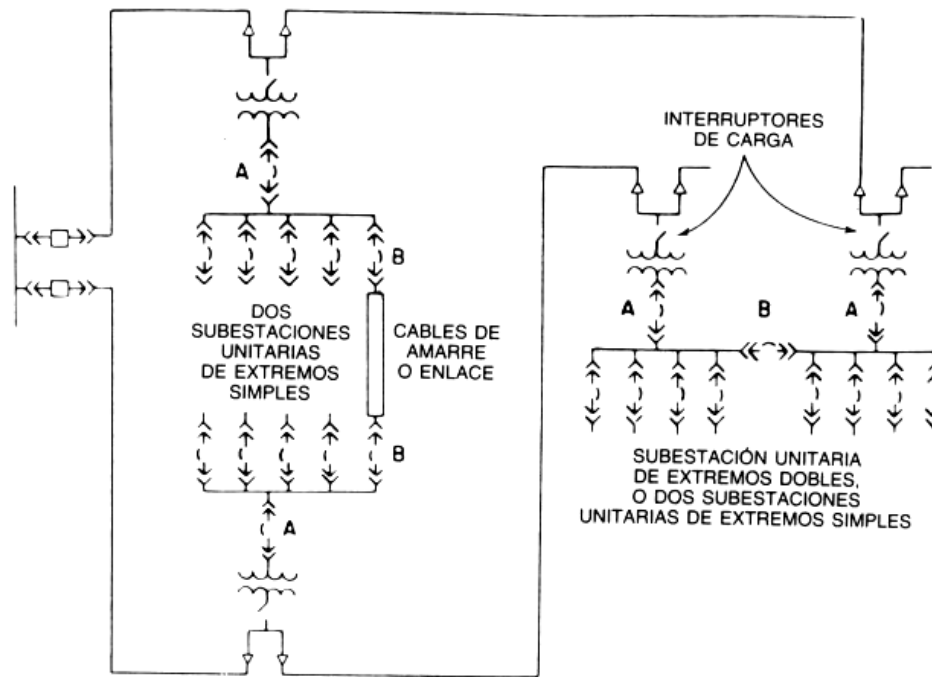
**Fig. 1.1** Disposición típica de circuitos primarios radiales

Con la suficiente capacidad instalada de la subestación, la disposición radial puede atender adecuadamente cualquier diferencia que se presente cuando varían las cargas. El sistema es simple y, con equipo adecuado e instalado apropiadamente, es seguro y fácil de operar y ampliar. Los alimentadores secundarios dan por resultado una excelente regulación de voltaje.



A fin de proporcionar un nivel de confiabilidad más alto se puede utilizar la disposición de circuitos secundarios selectivos. En este caso el sistema emplea dos transformadores y dos alimentadores primarios para alimentar cada área de centro de carga.

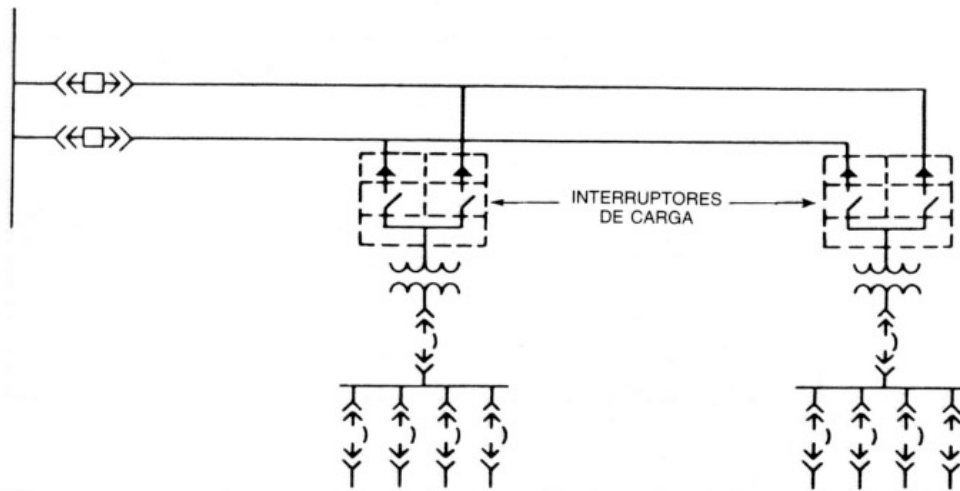
Se dispone de trayectorias duplicadas de suministro desde la fuente para abastecer cada barra colectora (o bus) secundario; esto hace posible proporcionar energía a todos los colectores secundarios cuando un transformador o un circuito alimentador primario está fuera de servicio. Estas trayectorias duplicadas pueden lograrse con un enlace entre dos subestaciones de un sólo transformador por medio de un alimentador secundario, o bien con el uso de un sistema de extremos dobles con un disyuntor de acoplamiento entre las barras colectoras secundarias. Esto se ilustra en la *figura 1.2*, donde los disyuntores de acoplamiento B normalmente están interbloqueados (enclavados) con los dos disyuntores de transformador A, de modo que un B no puede ser cerrado a menos que esté abierto uno de los disyuntores de transformador A. Esta disposición minimiza el cortocircuito impuesto a los interruptores de máxima (o disyuntores) secundarios de bajo voltaje. Cuando ocurre una falla en un cable o transformador primarios, puede restaurarse el servicio a las cargas abriendo el disyuntor de transformador asociado al circuito en falla, y cerrando los disyuntores de acoplamiento en todas las ubicaciones con desperfecto. El alimentador y el transformador primarios restantes deben poder soportar la carga adicional durante el tiempo en que las otras unidades permanezcan fuera de servicio.



**Fig. 1.2** Disposición típica de circuitos secundarios selectivos, con dos posibles puntos de conexión secundarios

En la disposición con circuitos primarios selectivos, se llevan dos alimentadores a cada transformador de subestación, como se muestra en la *figura 1.3*. La mitad de los transformadores se conectan normalmente a uno de los dos alimentadores primarios. El sistema se debe diseñar de modo que el alimentador restante tenga la suficiente capacidad para soportar la carga total.





**Fig. 1.3** Disposición típica de circuitos primarios selectivos, con dos interruptores interbloqueados de tiro triple

En el caso de falla de un alimentador y cuando hayan de operarse interruptores mientras está energizado un circuito alimentador primario, el método más seguro es utilizar disyuntores de potencia adecuados para realizar la transferencia. Sin embargo, el costo es relativamente alto para tal disposición, y este método no se usa a menos que se desee la transferencia automática. La práctica usual es emplear dos conmutadores interruptores de carga interbloqueados de modo que sólo uno pueda ser cerrado a la vez para efectuar la transferencia (interconexión) de un alimentador a otro, como se ve en la figura 1.3.

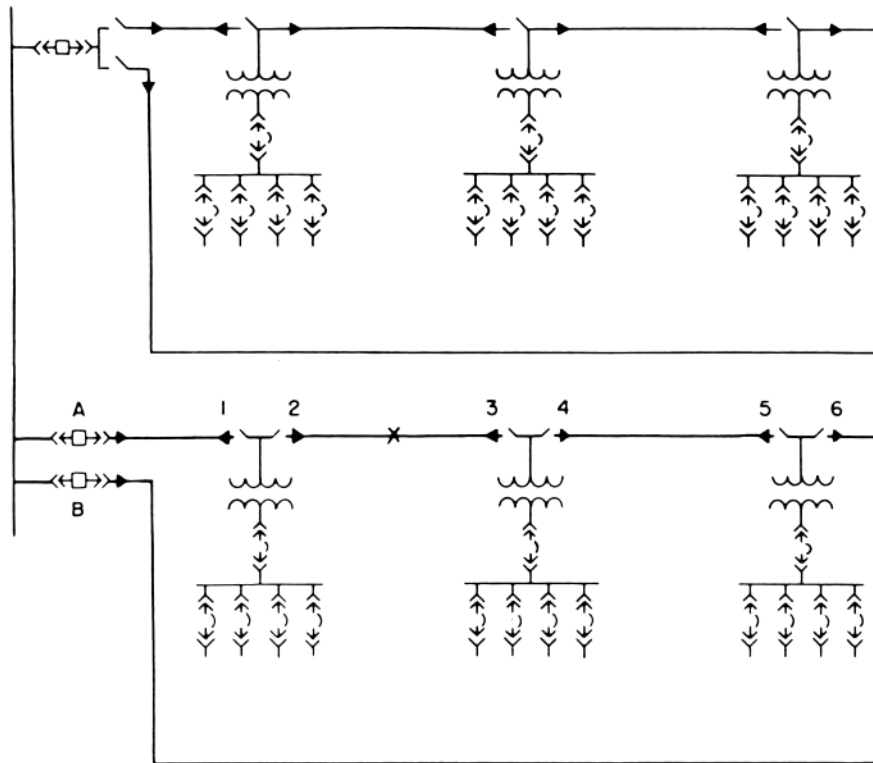
En caso de falla de un transformador, el procedimiento preferido para determinar cuál es el transformador en desperfecto es desenergizar el alimentador sin avería y conectar cada transformador a su vez al alimentador en buenas condiciones, energizando el alimentador después de conectar cada transformador. Este procedimiento continúa hasta que todos los transformadores hayan sido conectados al alimentador citado, lo cual indica que el último transformador es el defectuoso.



La disposición primaria selectiva proporciona aproximadamente el mismo grado de servicio que el sistema secundario selectivo. Esto depende de la capacidad del transformador de reserva del sistema secundario selectivo.

Hasta ahora los sistemas descritos han tenido alimentadores primarios radiales. Cuando los centros de carga están relativamente distantes, el uso de un circuito primario en lazo o anillo puede ofrecer algunas ventajas. El sistema de circuito primario en anillo (*looped*) puede utilizar un sólo disyuntor de alimentador primario y un interruptor de carga seccionador en cada transformador, o bien dos interruptores de alimentador primario y dos seccionadores en cada transformador, como se indica en la *figura 1.4*.

En caso de una falla en un transformador o alimentador primario en cualquier disposición, el disyuntor o los disyuntores de alimentador primario se abrirán y se cortará el servicio para todas las cargas de ese anillo. Para localizar la falla se abren todos los interruptores de carga y se cierran luego uno cada vez en sucesión. Es más seguro cerrar únicamente los interruptores de carga cuando están abiertos los disyuntores primarios. Esto eliminará el problema de cerrar el interruptor sobre una falla. Cuando se localiza la avería, ésta se puede aislar dejando abiertos los interruptores de carga apropiados. En la disposición de la parte superior de la *figura 1.4*, la falla en el transformador o en un anillo alimentador dará por resultado que esa carga quede fuera de servicio. En la disposición de la parte inferior de la misma *figura 1.4*, sólo una falla de transformador puede hacer que su carga quede fuera de servicio, puesto que los dos interruptores en cada transformador hacen posible separar o aislar una falla o avería en cualquier lugar del anillo.



**Fig. 1.4** Dos disposiciones posibles de circuito primario en lazo (o anillo), con interruptores de seccionalización

La disposición de anillo de la parte superior de la *figura 1.4* cuesta un poco más que la disposición radial, pero puede proporcionar servicio al resto del sistema en el caso de una falla del anillo de alimentador que ha sido aislada. Con una falla en el alimentador primario, el servicio se interrumpe a todas las cargas hasta que se corrige la avería.

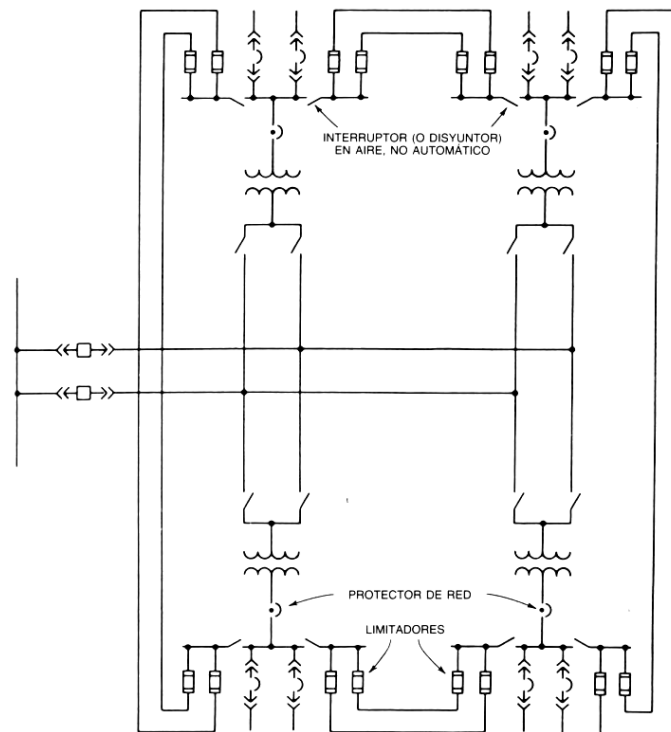
La disposición de lazo en la parte inferior de la *figura 1.4* cuesta menos que la disposición selectiva primaria y proporcionará, como lo hace la selectiva primaria, servicio a todas las cargas de un alimentador primario que ha sido aislado. Sin embargo, en el caso de fallas de transformador, el servicio se interrumpirá a las cargas asociadas en las disposiciones primaria selectiva y primaria en anillo. La principal desventaja de la disposición primaria en anillo es que una falla en un



transformador o un alimentador primario, hasta que se aísla, causa una interrupción en el servicio a todas las cargas.

La forma del sistema de red que se utiliza con mayor frecuencia en las plantas industriales es la disposición de *circuitos primarios selectivos* y red secundaria que se ilustra en la *figura 1.5*. Esta disposición de sistema difiere de la descrita antes en que una falla de transformador o alimentador primario no causará siquiera una interrupción o suspensión momentánea de energía a ninguna de las cargas. Como se ve en la *figura 1.5* esto se debe a que los transformadores secundarios se interconectan y operan en paralelo, y se utilizan dos o más circuitos de alimentador primario para abastecer el sistema. Esto proporciona más de una trayectoria paralela desde el suministro de potencia hasta cualquier carga.

Es posible la operación en paralelo de los circuitos de alimentación primarios mediante el uso de protectores de red, como se muestra en la *figura 1.5*. Un protector de red consta básicamente de un interruptor automático en aire operado eléctricamente y controlado por un relevador direccional de corriente y un relevador de voltaje de fase. En caso de falla de alimentador primario, la corriente fluirá desde el alimentador secundario hasta la falla pasando por todos los protectores de red relacionados con aquella. Este flujo invertido de corriente origina que el protector de red opere y aisle la falla desde el secundario. Durante este tiempo el disyuntor de alimentador primario se dispara a fin de incomunicar la falla del suministro primario. Cuando se elimina la avería y se restaura el voltaje en el alimentador por el cierre del disyuntor respectivo, los relevadores de red en todos los protectores de red relacionados permiten que dichos protectores se cierren automáticamente cuando se restablecen las condiciones de flujo de corriente desde el primario hasta el secundario.



**Fig. 1.5** Disposición típica de circuitos primarios selectivos y red secundaria con protección de red

En caso de operación normal, los transformadores se interconectan con los alimentadores primarios de forma que haya el mismo número sobre cada alimentador. Para dos alimentadores primarios, la mitad de los transformadores estaría cargada sobre cada alimentador. En el caso de una sola falla de alimentador primario que siga a la operación de disparo normal, los transformadores que han sido desconectados por la operación del disyuntor y el protector de red pueden conectarse manualmente a un alimentador energizado restante. Los protectores de red relacionados con aquellos transformadores se cerrarán automáticamente cuando se energice el transformador.

Además, al proporcionar un alto grado de servicio a las cargas, esta disposición de red ofrece gran flexibilidad para soportar el cambio y el aumento de carga debido a los secundarios interconectados. Los circuitos de enlace entre los transformadores admiten que los transformadores adyacentes compartan carga, y con eso dan



lugar a que haya cargas en algunas barras colectoras que rebasen la capacidad nominal de transformador en esa barra. La corriente que se puede transferir entre barras colectoras de transformador depende de la impedancia del circuito de enlace, de la impedancia del transformador y de las características de la carga.

### **1.2.2 Disposiciones de circuitos básicos: edificaciones comerciales**

Los edificios comerciales utilizan disposiciones de circuitos similares a las descritas para sistemas industriales, pero con ciertas diferencias. La orientación geométrica de los edificios comerciales difiere de la de edificaciones industriales. Éstas tienden a ser bajas y largas, en tanto que en los edificios comerciales son altos y angostos. Sin embargo, las dimensiones volumétricas y las cargas eléctricas pueden ser iguales.

Las diferencias que han de considerarse son:

1. El valor extremadamente alto del espacio de piso y del espacio volumétrico en edificaciones comerciales.
2. El espacio limitado de piso a plafón.
3. El hecho de que muchas edificaciones comerciales en zonas urbanas son abastecidas con tensiones de 208Y/120 ó de 480Y/277 V desde el sistema de red secundaria de bajo voltaje del servicio de energía eléctrica.

Cuatro de las disposiciones de circuito básicas descritas para sistemas industriales se utilizan en edificaciones comerciales. Estas son: la radial, la secundaria selectiva, la red secundaria y la primaria selectiva.

La que se aplica más ampliamente es la disposición radial, debido a su sencillez y costo. La disposición selectiva secundaria es del 10 al 30% más costosa que la radial, pero se utiliza cuando se desea un mayor grado de confiabilidad.



La red secundaria se emplea sólo cuando se requiere un alto grado de confiabilidad, tal como en los hospitales, debido a su alto costo inicial y mayor complejidad de operación.

En casos especiales en que las fallas en alimentador primario pueden ser un problema, es posible aplicar la disposición primaria selectiva que proporciona una trayectoria alterna desde la fuente hasta el transformador. Normalmente, las disposiciones de circuitos preferidas son la radial o la secundaria selectiva.

### **1.2.3 Selección de tensiones del sistema: plantas industriales**

Probablemente el factor de más importancia en el diseño de un sistema de energía es la selección del nivel de tensión. Esto es así porque, una vez que se establece el nivel de tensión, su cambio es muy difícil y costoso. En términos generales, el nivel de tensión se determina a partir de consideraciones económicas. Sin embargo, en la práctica el nivel puede ser modificado por normas de la industria, disponibilidad de equipo, materiales de construcción y otros factores.

En el análisis económico debe tenerse en cuenta lo siguiente:

1. Clase de servicio disponible de la empresa suministradora.
2. Tamaño total de la instalación.
3. Planes de crecimiento futuro.
4. Características del equipo por abastecer.
5. Densidad de la carga.
6. Consideraciones de seguridad, incluyendo las calificaciones del personal de operación y mantenimiento.
7. Si se trata de una planta nueva o de una que ha de ampliarse.



Los factores que tienen una gran influencia sobre el costo global de la tensión seleccionada son:

1. Tamaño de los circuitos alimentadores, equipo de interrupción, motores y otros equipos eléctricos.
2. Intensidad de la corriente de falla del sistema.
3. Disposición de circuitos y número de fases.

A través de los años, mediante un acuerdo entre los diseñadores de equipo eléctrico, se han ido desarrollando ciertos niveles estándares de tensión. Los valores aparecen en la norma NOM-001-SEDE-2005, titulada *Voltage Ratings for Electric Power Systems and Equipment (60Hz)*. Esta publicación contiene todas las tensiones de sistema nominales preferidos y otras tensiones de sistema relacionadas, utilizadas generalmente en los Estados Unidos. Esta norma también especifica las fluctuaciones de tensión aceptables a los límites de tolerancia para estas tensiones en el punto de entrega por el servicio de suministro, y en el punto de conexión al equipo de utilización. Los términos que se emplean para describir diversas condiciones de la tensión eléctrica se definen como sigue:

- **Tensión nominal.** Valor nominal asignado a un circuito o sistema con objeto de designar convenientemente su clase de tensión.
- **Tensión de servicio.** La tensión en el punto en que se interconectan el sistema eléctrico del abastecedor y el usuario.
- **Fluctuación de tensión.** Diferencia entre las tensiones máxima y mínima de estado estable que existen a un nivel de tensión dada. Las fluctuaciones momentáneas o transitorias, tales como las que ocurren durante arranque de motores, operación de interruptores o fallas, no se incluyen en la llamada fluctuación de tensión (variación extrema).
- **Caída de tensión.** Diferencia de tensión, en cualquier momento, entre el





extremo abastecedor y el extremo receptor en diversos componentes de sistema, como transformadores, alimentadores, circuitos derivados, etc.

- **Regulación de tensión.** Cambio de tensión entre las condiciones de carga nula y plena carga, en función de la tensión a plena carga en el extremo receptor de un componente dado. La tensión del extremo abastecedor generalmente se supone constante para este cálculo.

La fluctuación de tensión o los límites de tolerancia aceptables se determinaron considerando los efectos de las variaciones de tensión sobre el rendimiento y el límite de duración de diversos tipos de equipo de utilización.

Puesto que en diversos intervalos de tensión factores distintos son afectados de forma diferente por el nivel de tensión, la selección del valor de tensión usualmente se considera en:

1. Tensiones de 600 V y menores.
2. Tensiones de 601 a 15,000 V.
3. Tensiones de 15,001 a 34,500 V.
4. Tensiones de 34,501 y mayores.

**Tensiones de 600 V o menores.** Puesto que la mayor parte de las cargas en plantas industriales son motores polifásicos de potencia integral y soldadoras, la elección de la tensión nominal del sistema en esta clase para abastecer estas cargas es de 208, 240, 480 (es decir, 480 Y/277) o bien 600 V. Para un sistema con una capacidad dada en kilovolts-ampere (kVA), el costo de un sistema de 240 V es aproximadamente dos veces el del sistema de 480 ó 600 V. Razones diferentes a las del costo determinan algunas veces el nivel de tensión seleccionado. Al comparar los sistemas de 480 V y de 600 V, el costo es aproximadamente igual (el de 600 V es menor en un pequeño porcentaje), así que la disponibilidad del equipo estándar es el factor determinante. Al efectuar el



pedido de máquinas, herramienta u otro equipo de utilización, con frecuencia es difícil obtenerlo con motores de 575 (ó 550) V nominales; además, las bombas y otros equipos que producen normalmente los fabricantes tienen tensiones de 220 (ó 230) V y 440 (ó 460) V. Otra ventaja la tensión de 480 V es la posibilidad de utilizar una distribución de 480 Y/277 V, con 277 V para alumbrado fluorescente.

Cuando se comparan los sistemas de 480 V con los de 240 V, la economía es el factor predominante si los sistemas han de ser equiparables en rendimiento. En industrias en las que existe un grado notable de humedad, como, por ejemplo, lecherías y mataderos, se considera que 240 V es más seguro que 480 V. Asimismo, durante el trabajo sobre circuitos energizados hay una probabilidad mayor de sesiones por descargas eléctricas, con altos potenciales a tierra de fase a fase. Los registros de operación muestran que el mayor factor para la seguridad es la conexión a tierra apropiada y segura de todas las partes que no conducen corriente, de modo que las averías de aislamiento no produzcan potenciales a nivel peligroso en las partes no conductoras de corriente ya citadas. Sin embargo, cualquier tensión superior a 50 V puede ser mortal. En todas las ubicaciones, los conductores que lleven corriente deben estar colocados dentro de cubiertas apropiadas y conectadas seguramente a tierra; cuando se requiera trabajar en ellos deben ser desenergizados.

Existen algunas aplicaciones en las que un sistema de 208 Y/120 V es más económico que uno de 480 V, debido a que los tipos de equipo de utilización que intervienen deben operar a 120 V; cuando tal equipo constituye más del 50 ó 60% de la carga total, entonces un sistema de 208 Y/120 V puede ser más económico que uno de 480 V. Son ejemplos las industrias que usan herramientas manuales, tales como una fábrica productora de vestuario en las que se utilizan tijeras o cortadoras portátiles operadas con motor eléctrico, o una planta de ensamblaje de aparatos electrónicos en la que se usan cautines eléctricos para soldar, talados y otras herramientas manuales.



Se recomiendan para plantas industriales los sistemas de 480 V. Cuando se requieran tensiones más bajas, puede usarse el sistema de 208 Y/120 V. Cuando existe una carga significativa de alumbrado fluorescente debe considerarse el sistema de 480 Y/277 V.

**Tensiones de 601 V a 15 kV.** En este caso de plantas industriales, las tensiones de esta clase se utilizan principalmente para distribución de energía primaria. Las excepciones son, entre otras, las plantas químicas muy grandes y las fábricas de acero.

El *National Electrical Code* (NEC) no tiene restricciones especiales para tensiones de 15 kV o menores, por lo que generalmente no hay razón de transformar a 2.4 ó 4.1 kV para distribución a la subestación de centro de carga. La tensión se transforma a las tensiones de utilización en la subestación.

Por encima de 15 kV, el NEC requiere que el servicio entre en un tablero de interruptores del tipo de cubierta metálica o una bóveda de transformador. Por consiguiente, para suministros de energía con tensiones superiores a 15 kV, la transformación a un voltaje más bajo es técnica y económicamente deseable para distribución de energía a las subestaciones de centro de carga de la planta. En ciertos estudios se ha demostrado que uno de éstas dos tensiones, 4,160 ó 13,200 V, será suficiente en la mayor parte de los casos. Por lo general, para una capacidad de transformador de alimentación o una capacidad de generación inferior a 10 MVA, la tensión de 4,160 V es la tensión distribución más económica. Para una capacidad superior a 20 MVA, la más económica es el de 13.2 kV, pero para capacidades entre 10 MVA y 20 MVA, la tensión más económica depende de otros factores como el crecimiento esperado de la planta.



El tamaño de los motores de una planta influye en la elección de la tensión de sistema más económico. En general, para motores de menos de 200 hp, un sistema de 480 V es más económico en términos de costo inicial. En el caso de motores de más de 200 hp, el sistema de 2.4 kV es más económico, siempre que las cargas concentradas sean menores de 7,500 kVA por barra colectora. Para cargas superiores a 7,500 kVA, puede necesitarse un sistema de 4,160 V para obtener equipo que maneje la corriente de corto circuito disponible.

#### **1.2.4 Selección de tensiones de sistema: edificios comerciales**

En el caso de edificaciones tipo comercial, generalmente la tensión de utilización preferido es de 480 Y/277 V. Aquí las cargas trifásicas se conectan directamente a los conductores de línea de 480 V, en tanto que el alumbrado fluorescente de techo se conecta entre fase y neutro a 277 V. Para proporcionar salidas de contacto comunes de 120 y de 208 V para máquinas de oficina, se utiliza un transformador de 480-208 Y/120 V.

Para muchos edificios existentes en zonas intraurbanas sólo se disponía de 208 Y/120 V en la época de su construcción; pero en años recientes la mayor parte de los sistemas de servicio proporcionan alimentación de red local a 480 Y/277 V.

En el caso de los grandes motores que se utilizan en sistemas de aire acondicionado y otros, se debe considerar su conexión a un transformador independiente, para reducir el efecto de la caída de voltaje por arranque sobre otros equipos conectados. Para motores de más de 200 hp, un sistema de 2.4 kV puede ser más económico que uno de 480 V. Hay que advertir que los electricistas de mantenimiento en edificaciones comerciales rara vez están cualificados para atender equipos de tensión superior a 600V. Por consiguiente, puede ser necesario utilizar mantenimiento contratado.



## CAPÍTULO 2

### CALIDAD DE LA ENERGÍA

#### 2.1 DEFINICIÓN

La definición de calidad de la energía de alguna manera resulta algo indeterminado. Por ejemplo para el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) define que la calidad de la energía es la alimentación y puesta de tierra de equipos electrónicos sensibles en una manera que sea adecuado para su operación. Por otra parte hay quien comenta que la calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Los especialistas argumentan que la calidad de la energía es un conjunto de límites eléctricos que permiten que una pieza de un equipo pueda funcionar de la manera prevista sin la pérdida significativa en su rendimiento o en su esperanza de vida.

Para efecto de esta tesis ocuparemos la siguiente definición de calidad de la energía:

Es la ausencia de problemas en la energía, ya que se pueden manifestar en el voltaje, corriente o en la frecuencia desviando los resultados de operación produciendo fallas o mal funcionamiento del equipo del cliente.



## 2.2 ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

Tanto las empresas suministradoras de energía eléctrica como los usuarios finales del servicio han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de la energía. Si bien desde hace 50 años el sector de la industria condujo a la necesidad de que los productos se volvieran económicamente más competitivos, lo cual significa que las maquinas eléctricas son cada vez más pequeñas, más eficientes y se diseñaran con menores márgenes. Los problemas de la calidad de la energía se han agravado debido a la combinación de las siguientes tendencias en los últimos años:

1. Una mayor utilización de equipo para procesamiento de datos y comunicaciones
2. Los equipos eléctricos modernos se han vuelto más sensibles a los voltajes, los diseños y componentes están en sus límites; se acabaron los diseños sobrados
3. El número de disturbios eléctricos se ha incrementado, pues la demanda en algunas partes del país ha crecido más que la generación

Históricamente, la calidad de la energía no había sido un problema mayor hasta la década de los 80's, en forma genérica se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Sin embargo, existen tres cambios fundamentales en la naturaleza de la carga del usuario y del sistema de potencia que conciernen a la calidad de la energía.

1. La microelectrónica ha producido una creciente categoría de cargas a nivel residencial, comercial e industrial. Los microprocesadores modernos han resultado en dispositivos más rápidos, complejos y con mayor capacidad de



memoria para una misma superficie. La lógica de estos circuitos requiere de niveles de tensión y de energía menores, reduciendo el consumo de potencia y que son muy sensibles a las variaciones de la calidad de la energía.

2. La electrónica de potencia ha producido una nueva generación de dispositivos de alta capacidad y bajo costo, lo que ha extendido su utilización. Sin embargo cualquier dispositivo que incorpora electrónica de potencia es sensible a las variaciones rápidas del voltaje como son los abatimientos del voltaje. En segundo lugar este tipo de equipo genera distorsión armónica y bajo ciertas condiciones puede deteriorar la magnitud y forma de onda del voltaje suministrado a tal grado que sea inadecuado para la mayoría de los usuarios que comparten la misma fuente. Estos mismos dispositivos basados en la electrónica de potencia producen perturbaciones en la calidad de la energía los cuales para la microelectrónica resultan muy sensibles.

3. Mientras que estos cambios dramáticos se están dando en las cargas, las empresas eléctricas y los clientes industriales continúan aplicando capacitores para corregir el factor de potencia, para controlar el voltaje y reducir el flujo de reactivos. Estos capacitores influyen en los muchos tipos de problemas de calidad de la energía, ya que son la puerta para corrientes de alta frecuencia y pueden mejorar o agravar la situación significativamente al incrementar los niveles de armónicas, dependiendo de los parámetros del sistema.

### **2.3 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA**

El suministro de la energía eléctrica es uno de los principales servicios en las sociedades modernas para el soporte de la vida cotidiana. Los consumidores poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto



nivel en términos de calidad en la tensión proporcionada por las compañías suministradoras.

La calidad del servicio de suministro de energía eléctrica soporta y apuntala la vitalidad comercial, industrial y social de los países, ya que la sociedad actual es dependiente del comportamiento de sus dispositivos motorizados, informáticos y de telecomunicaciones. Cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica, el comportamiento de estos sistemas se ve afectado, los beneficios económicos y de bienestar que proporciona la tecnología se eliminan y se desprenden numerosos problemas, tanto para la empresa suministradora como para sus usuarios. El suministrador, usualmente atribuye los problemas a anomalías en la instalación del usuario, mientras que el usuario atribuye los problemas a las deficiencias en las redes de suministro de la energía eléctrica. En la mayoría de los casos, ambos olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes eléctricas tradicionales de ambos.

Podemos decir, que la importancia de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan del lado del sistema de la compañía suministradora de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de la energía eléctrica con calidad.

#### **2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES DISTURBIOS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA**

Los términos usados para describir los disturbios frecuentemente tienen diferente significado para diferentes usuarios. Pero muchos atributos de calidad de energía



son comúnmente reconocidos. A continuación se da una breve descripción de algunos de los disturbios más comunes.

### 2.4.1 Variación de voltaje de corta duración

Significa la disminución o elevación momentánea en la magnitud del voltaje RMS, causados por una falla remota en algún lugar del sistema de potencia. Su presencia puede, algunas veces, detectarse visualmente al presentarse un parpadeo o disminución del nivel de iluminaciones lámparas o en la reducción del área de despliegue en monitores de televisión o computadoras. Las fluctuaciones se dividen en dos casos:

#### 2.4.1.1 Amplificación “swells”

Es un incremento en el voltaje de C.A, con duración de 0.5 ciclos a unos 120 ciclos (8ms hasta 2s). Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje. Figura 2.1.

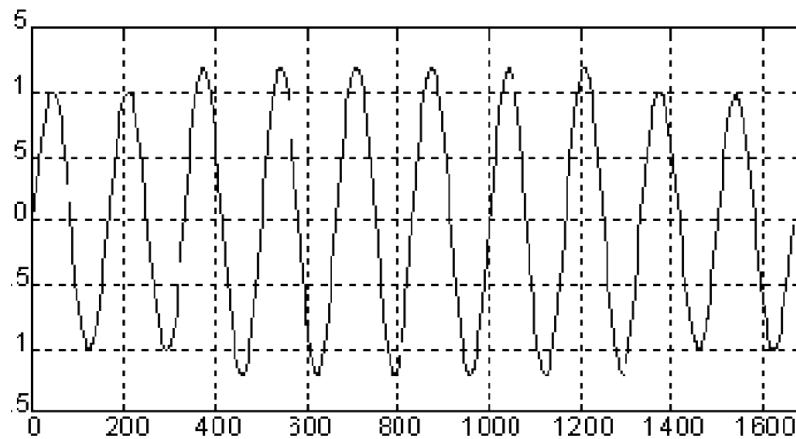


Fig. 2.1 Amplificación “swells”

### 2.4.1.2 Depresión “sags”

Es una reducción en el voltaje de C.A, con duración de 0.5 ciclos a unos 120 ciclos (de 8ms hasta 2s). Es debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica. Figura 2.2.

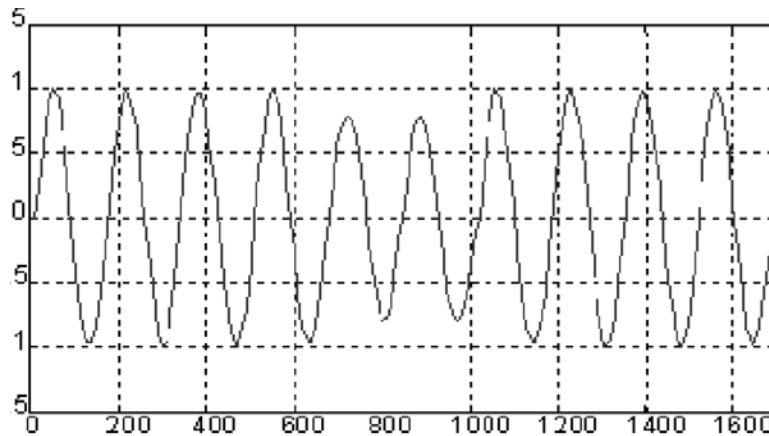


Fig. 2.2 Depresión “sags”

### 2.4.2 Variaciones de voltaje de larga duración

Las variaciones de voltaje de larga duración incluyen las desviaciones rms en frecuencias de energía para más de un minuto. Las variaciones de voltaje de larga duración pueden ser sobre voltajes “overvoltages” o bajo voltajes “undervoltages”. Generalmente los sobre voltajes o bajo voltajes no son resultado de fallas en el sistema si no son causados por las variaciones de carga en el sistema y en el sistema de operaciones de conmutación.

#### 2.4.2.1 Sobre voltaje “Overvoltage”

Un sobre voltaje es un aumento en el voltaje RMS de CA mayor del 110% en la frecuencia de alimentación con una duración de más de dos minutos. Los sobre voltajes son usualmente resultado de la conmutación de cargas.



### **2.4.2.2 Bajo voltaje “Undervoltage”**

Un bajo voltaje es la reducción del voltaje eficaz de CA menor al 90% en la frecuencia de alimentación con una duración de más de dos minutos. Los bajo voltajes son el resultado de eventos de conmutación. Por ejemplo sacar un banco de capacitores puede causar bajo voltaje.

### **2.4.3 Transitorios**

Estos se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración, superpuestos en la señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a dos milisegundos, pueden tener su origen en las descargas atmosféricas al conectar o desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia, estas sobretensiones no presentan una indicación clara de su existencia, que pueda detectarse visualmente en circuitos de alumbrado o en alguna otra forma.

#### **2.4.3.1 Impulso**

Disturbio con duración menor a 0.5 ciclos en la forma de onda de CA que tiene como característica un cambio brusco en la forma de onda. Es debido principalmente por fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y switcheo de grandes cargas.

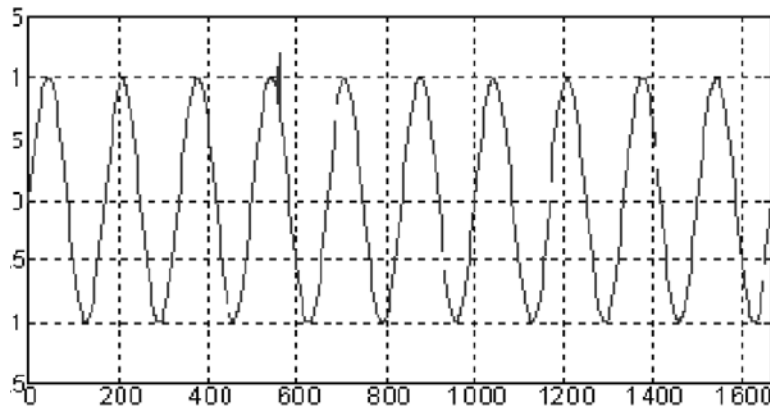


Fig. 2.3 Impulso

### 2.4.3.2 Oscilación

Una oscilación transitoria es un cambio repentino de la condición de estado estacionario del voltaje, corriente o de ambos, que incluye tanto valores positivos y negativos de polaridad. Una oscilación transitoria consiste un cambio en la polaridad, de forma instantánea en el voltaje o la corriente. La oscilación es descrita por su contenido espectral (frecuencia predominante), la duración y magnitud.

### 2.4.4 Distorsión de forma de onda

Se define como una desviación constante de la onda senoidal ideal, caracterizada principalmente por el contenido espectral de la misma desviación. Existen cinco tipos principales de distorsión de forma de onda:

1. Muesca "Notch"
2. Ruido "Noise"
3. Armónicos "Harmonics"
4. Inter-armónicos "Interharmonics"
5. Offset en la corriente de CD

### 2.4.4.1 Muesca “Notch”

Disturbio en la onda de voltaje que dura menos de medio ciclo y presenta polaridad opuesta a la señal de operación. Las muescas o notch son generados por cortos entre fases debido a la conmutación de los Rectificadores Controlados de Silicio (SCR) en los circuitos con rectificador.

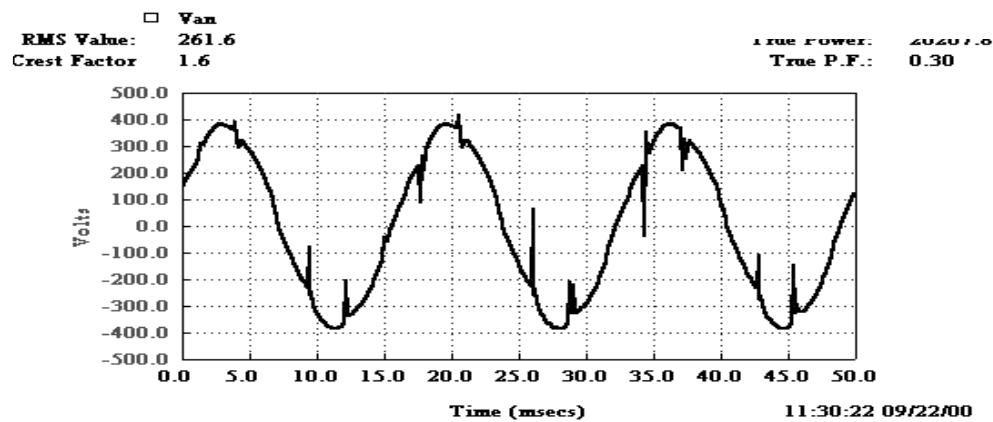


Fig. 2.4 Muesca “notch”

### 2.4.4.2 Ruido “Noise”

El ruido eléctrico es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal del voltaje. Es una señal indeseada que es generada por sistemas de transmisión de señales de radio, operación de lámparas fluorescentes y controladores de atenuación de niveles de iluminación. Este tipo de ruido puede afectar la operación de computadoras al producir diversos problemas durante la ejecución de programas.

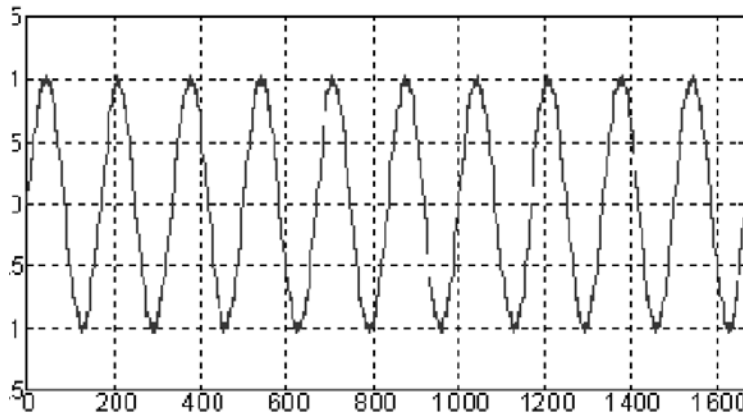


Fig. 2.5 Ruido

### 2.4.4.3 Armónicos “Harmonics”

Las armónicas son corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz) y séptima (420 Hz). La aparición creciente de cargas no lineales en sistemas de distribución, tales como convertidores estáticos de potencia, controladores de motores con rectificadores de silicio, etcétera, ha traído como consecuencia un aumento notable del contenido de componentes armónicas, que se manifiestan forma de distorsiones diversas de la forma de onda del voltaje en la red de distribución. Los consumidores ubicados cerca de instalaciones industriales o aquellos que tienen alguna carga no lineal, pueden ver expuestos sus equipos sensibles a esfuerzos excesivos o a una operación inadecuada, así como también puede darse el sobrecalentamiento de cables, transformadores y motores, corrientes excesivas en el neutro, fenómenos de resonancia entre los elementos del circuito y en general la calidad en el suministro de energía eléctrica se deteriora.

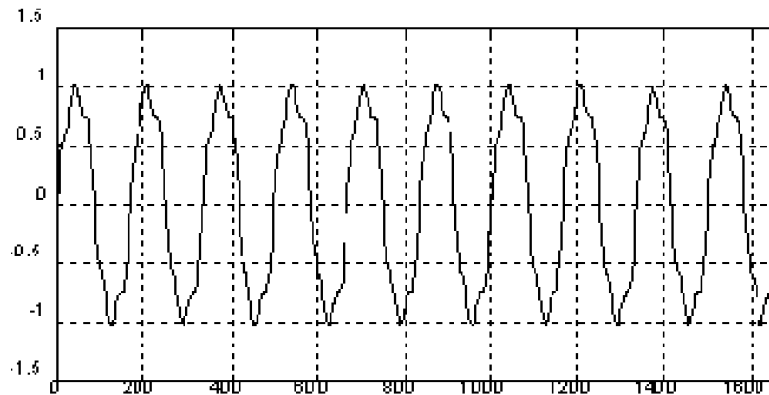


Fig. 2.6 Armónicos

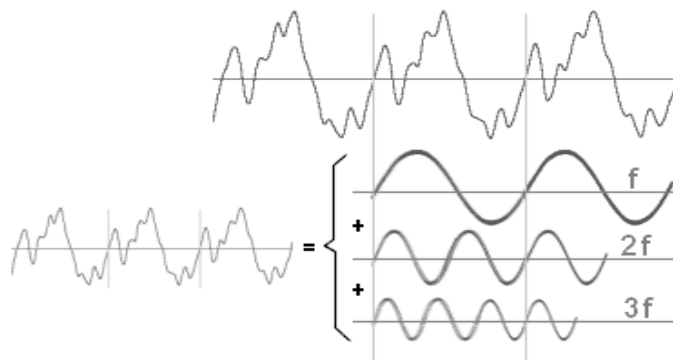


Fig. 2.6.1 Armónicos de la senoidal fundamental

#### 2.4.4.4 Inter-armónicas “Interharmonics”

Voltajes o corrientes con componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental en la que está diseñado para funcionar el sistema de suministro. Tales Inter armónicas pueden excitar bastante grave la resonancia en el sistema de alimentación, ya que la frecuencia variable se convierte en Inter armónicas que coinciden con las frecuencias naturales del sistema. Las principales fuentes de inter armónicos son los convertidores de frecuencia estática, ciclo convertidores, hornos de inducción y dispositivos de formación de arcos.

#### 2.4.4.5 Corriente de DC “DC offset”

Es la presencia de voltaje o corriente de C.D en sistemas de alimentación de C.A. Esto puede suceder como resultado de un disturbio geomagnético o asimetría de convertidores de potencia.

### 2.5 PARPADEO “FLICKERS”

Se refiere a las fluctuaciones en el nivel de voltaje. Estas son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por osciladores subarmónicas. Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores.

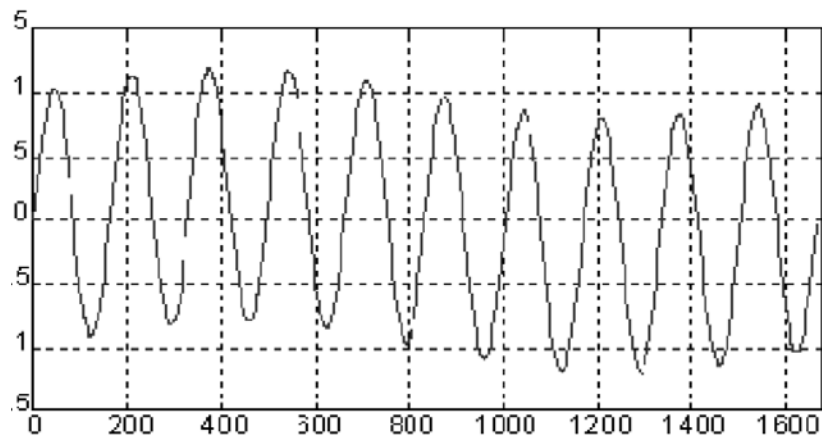


Fig. 2.7 Parpadeo “flickers”



## 2.6 INTERRUPCIONES DE ENERGÍA

Las interrupciones temporales de energía, generalmente ocurren por algún disturbio en el sistema eléctrico (fallas en el sistema de potencia, accidentes que involucran la red de distribución, falla de transformadores o generadores) o por sobre cargas en la red de baja tensión. Su duración puede ser desde algunos milisegundos hasta varias horas.

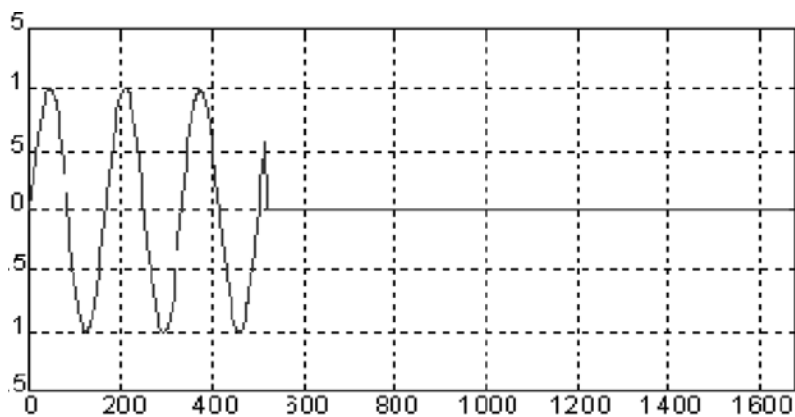


Fig. 2.8 Interrupción de energía

## 2.7 VOLTAJE DESBALANCEADO

El método más simple de expresar el desequilibrio de voltaje es medir la desviación de tensión en cada una de las tres fases y compararlo con el promedio del voltaje de fase. El voltaje desbalanceado puede ser resultado de fusibles quemados en una fase o por un banco trifásico de capacitores.

Ahora bien hemos observado los distintos tipos de disturbios que se pueden llegar a producir pero como podemos eliminar este tipo de problemas para que se pueda gozar de la calidad de la energía, pues bien hay equipos que nos ayudan a



contrarrestar cada uno de estos disturbios y a continuaciones se revisara cada uno de ellos.

## **2.8 TECNOLOGÍAS COMERCIALES DE PROTECCIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA**

El principal factor que se encuentra detrás de los conceptos de la calidad en el suministro de la energía eléctrica es el incremento en la productividad para los clientes finales de las empresas eléctricas. Por ello se han venido desarrollando una gran variedad de equipos que permitan eliminar los disturbios eléctricos con el fin de que el cliente se mas productivo. Así pues podemos definir tres niveles de protección para poder garantizar la calidad de la energía:

Nivel 1. Supresores de picos y transformadores de aislamiento

Nivel 2. Acondicionadores de línea

Nivel 3. UPS y plantas de emergencia

### **2.8.1 Nivel 1: Supresores de picos y transformadores de aislamiento**

En este nivel se cubren los siguientes problemas como son los picos de voltaje, el ruido eléctrico, así como las armónicas.

#### **2.8.1.1 Supresores de picos**

La familia de supresores de picos de voltaje son dispositivos con Varistor de Óxido Metálico (MOV) para trabajo pesado que actúan como poderosos protectores contra descargas atmosféricas. Se instalan fácilmente en la entrada de la acometida eléctrica de cualquier instalación residencial, comercial o industrial y cuando un pico de voltaje causado por un rayo o por el encendido/apagado de cargas inductivas llega por los cables eléctricos, el dispositivo los recorta



inmediatamente a un nivel seguro, absorbiendo la energía destructiva y disipándola hacia tierra. El supresor también protege contra sobrevoltajes transitorios de menor intensidad, generalmente inducidos en los cables eléctricos por la conmutación o el reencendido de circuitos en la empresa que suministra la energía, los cuales pueden ser extremadamente destructivos para muchos equipos electrónicos. Los supresores están encapsulados en una base epóxica libre de oxígeno e incluyen un indicador de ciclo de vida que se enciende cuando es el momento de reemplazar el dispositivo.

En este tipo de tecnología se marcan límites de voltaje y cuando el pico de voltaje sobrepasa estos límites es hasta entonces cuando actúa el supresor. Se puede manejar dos tipos de supresores:

**Supresor normal.** Los límites están fijados en una forma lineal, lo cual permite en ciertos casos que los impulsos de voltaje tengan un nivel peligroso.

**Supresor con el sistema SWT.** Los supresores de picos con esta tecnología generan una onda senoidal paralela a la onda fundamental, por lo que el pico será suprimido en cualquier momento que ocurra, siendo este de la misma magnitud siempre.

En los supresores de picos se manejan tres clases de protecciones. Figura 2.9.

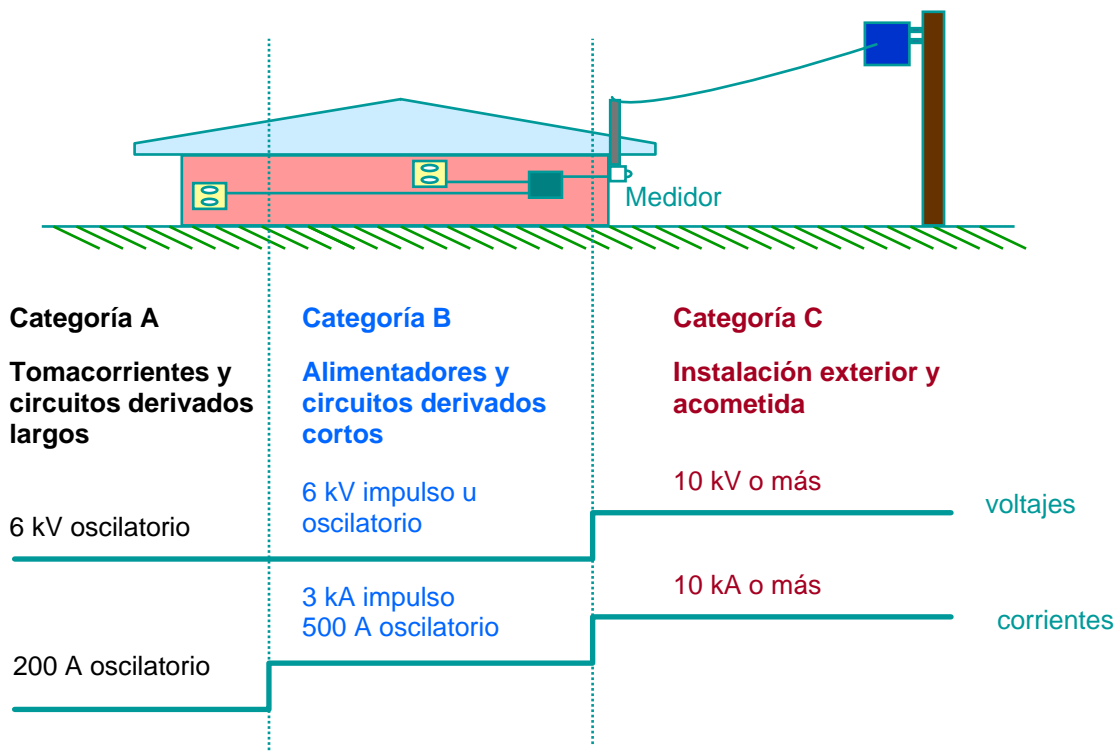


Fig. 2.9 Clases de supresores de picos

**Clase A.** Se instalan en los tableros que van hacia las cargas, son los más pequeños en tamaño y en capacidad de descarga.

**Clase B.** Se colocan en tableros intermedios de distribución y tienen una mayor capacidad de descarga.

**Clase C.** Se instalan en tableros principales a nivel subestación y su capacidad es mucho mayor que las anteriores.

La mejor manera para seleccionar un supresor de picos es tener en cuenta los siguientes puntos:

- El voltaje del tablero que se va a proteger



- La cantidad de fases con las que se cuenta
- La configuración del tablero ( $\Delta$  o  $Y$ )

Para el caso particular de los supresores de clase C también hay que tener en consideración:

- El voltaje de la subestación
- La capacidad de la subestación
- La ubicación geográfica de la subestación

### **2.8.1.2 Transformadores de aislamiento**

Los transformadores ferrosónicos son un tipo especial de transformador de laminado que proporciona una salida regulada. Estos a veces son conocidos simplemente como “ferros” o “CVT” (Transformador de Tensión Constante). Usan una estructura especial magnética y un condensador, pueden suministrar una tensión de salida bien regulada que se mantiene constante a pesar de los cambios en el voltaje de entrada y de carga. En algunas aplicaciones especializadas estos dispositivos pueden estar diseñados para suministrar una salida de corriente constante. Otra ventaja inherente es que el ferro sirve como un filtro de paso bajo eliminado de forma eficaz transitorios y sobretensiones.

Los transformadores de aislamiento con protección electrostática se utilizan para proteger el equipo eléctrico sensible a señales indeseables de alta frecuencia, comúnmente generado por los rayos, las ondas inducidas por el encendido de interruptores, los motores, los variadores de velocidad que inducen ruido en las líneas. El escudo electrostático consiste en una hoja de metal colocada entre los devanados primario y secundario, para proveer una atenuación entre 30 y 70 dB de ruido de banda ancha, de línea de tierra.



Las aplicaciones típicas de los transformadores de aislamiento con protección electrostática incluyen:

- Supresión de oscilaciones momentáneas y ruido que viaja de la fuente de las cargas sensibles
- Supresión de oscilaciones momentáneas y ruido en el punto donde se originan, previendo su inducción de la fuente a los alimentadores
- Proveer aislamiento de un circuito a otro

Un transformador es un dispositivo utilizado para modificar voltajes o corrientes, ya sea para aumentarlos o para disminuirlos, generalmente los transformadores son utilizados para disminuir los voltajes. Los transformadores pueden ser monofásicos o trifásicos en delta o estrella, como los arreglos eléctricos que se manejan en las instalaciones eléctricas.

Los transformadores monofásicos sólo tienen una bobina en el lado primario y otra en el lado secundario, tienen protección contra ruido, se utilizan como transformadores de acoplamiento para poder alimentar equipo que requiere un voltaje diferente al de los demás.

Los transformadores trifásicos tienen tres bobinas en el primario y en el secundario, cuentan con placas de aislamiento y factor “K”. Las placas de aislamiento son las que brindan protección contra ruido y el factor “K” es la capacidad que tiene el transformador para soportar corrientes armónicas en su lado secundario.

Para seleccionar en transformador de aislamiento se debe tener en consideración los siguientes puntos:



- Se debe saber el voltaje que existe entre las líneas de alimentación para poder conocer el voltaje en el lado primario
- Se debe conocer el voltaje que queremos alimentar para poder especificar el voltaje en el lado secundario del transformador
- Se debe conocer la cantidad de VA 's que se van alimentar para poder seleccionar la capacidad correcta del transformador

### **2.8.2 Nivel 2: Acondicionadores de línea**

En este nivel se cubren todos los problemas del nivel 1 así como las ampliaciones “swell”, depresiones “sags”, muesca “notch”. Para este nivel los equipos se protegen con los acondicionadores de voltaje en donde estos se dividen en dos categorías muy importantes.

**Acondicionadores ferrososonantes:** Los acondicionadores ferrososonantes son exclusivamente monofásicos, trabajan con el principio de saturación del núcleo, este tipo de de acondicionadores es muy usado para trabajos donde las condiciones de energía son muy adversas y no se les puede estar dando un mantenimiento constante, generalmente son utilizados en la industria para alimentar centros de carga de equipo de cómputo.

**Acondicionadores Electrónicos:** Este tipo de acondicionadores cuenta con un sofisticado sistema de control, el cual constantemente monitorea el voltaje de entrada al acondicionador y por medio de su sistema de control ajusta internamente al transformador para que entregue el voltaje que se requiere de salida.

Para poder seleccionar un acondicionador de línea ideal, primero se tiene que tener bien definido el uso que se le va a dar, sobre todo en un sistema monofásico, para poder así saber si se instalara un ferrososonante o un electrónico.



Una vez establecido el uso se debe conocer el voltaje de alimentación para el acondicionador, seguido a esto se debe conocer el voltaje de la carga que se va a alimentar con el acondicionador, la configuración del tablero y por último la cantidad de carga en VA.

### 2.8.3 Nivel 3: UPS y plantas de emergencia

En este último nivel de protección se cubren los problemas del nivel 1 y 2, así como los problemas de parpadeo “flicker” e interrupciones de energía. Para este nivel los equipos que nos ayudan a proteger son los UPS y las plantas de emergencia.

#### 2.8.3.1 UPS

El UPS por sus siglas en inglés, sistema de energía ininterrumpida su principal función es el proveer energía continua y de calidad a una carga crítica al momento de existir un evento parcial o total de pérdida de energía en el suministro eléctrico, los UPS (*Figura 2.10*) manejan distintas topologías según se requiera por ejemplo tenemos:

**On-line UPS.** Es llamado en línea debido a que el inversor se encuentra dentro de la línea principal de energía ya que siempre se encuentra operando. Esta tecnología es la más cara de todas, pero es la que ofrece el mayor nivel de protección.

**Standby UPS.** Este tipo de UPS se encarga de monitorear la entrada de energía cambiando a la batería apenas detecta problemas en el suministro eléctrico. Ese pequeño cambio de origen de la energía puede tomar algunos milisegundos (tiempo de conmutación) lo cual puede afectar a algunos aparatos sensibles. Es standby porque el inversor se encuentra apagado en estado de espera de que sea



requerido para encender. Es el más económico debido a que integra pocos elementos.

**Hybrid UPS.** Similar en el diseño al UPS en espera, el UPS híbrido utiliza un regulador de voltaje a la salida del UPS que provee regulación a la carga.

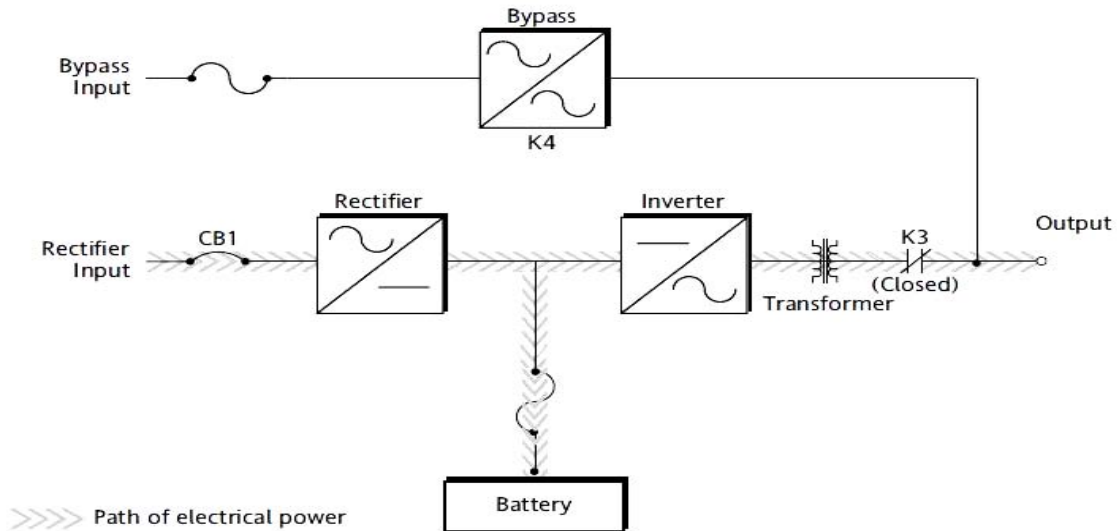


Fig. 2.10 Diagrama básico de un UPS

En el capítulo 5 se tocara mas afondo el tema de los UPS debida a su gran variedad y complejidad, por el momento sólo se muestra una pequeña parte.

### 2.8.3.2 Plantas de emergencia

La función principal y primordial de una planta eléctrica de emergencia es suministrar energía eléctrica a una carga debido a que el proveedor comercial ha dejado de suministrar la energía por un tiempo indeterminado. Las aplicaciones de las plantas de emergencia son realmente pocas, sólo se utilizan en sistemas altamente protegidos en donde se requiere un tiempo de respaldo indeterminado, lo cual no es posible darlo con un UPS o en cargas críticas que no sean tan sensibles y que puedan ser alimentadas por este tipo de fuentes de voltaje.



Las plantas de emergencia están formadas principalmente por un motor de combustión interna, el cual puede ser de dos o cuatro tiempos y puede ser alimentado por gasolina, diesel o gas natural. El motor diesel normalmente se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico del tipo de inducción el cual transforma la energía mecánica del motor en energía eléctrica disponible de los bornes del generador.

Las plantas de emergencia tienen tres partes principales:

- **Motor.** Es la parte de la planta que se alimenta con combustible y se utiliza para mover la flecha del generador eléctrico.
- **Generador.** Es la parte que convierte la energía mecánica del motor en energía eléctrica, esta es la parte que provee la energía eléctrica a nuestro sistema.
- **Switch Transfer.** Es la parte de control que monitorea a la compañía suministradora de energía y a la planta de emergencia indicando los valores de todos los parámetros.

## 2.9 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA Y POTENCIA REACTIVA

Se ha mencionado antes el uso de capacitores en paralelo para mejorar la regulación de voltaje de un componente o un sistema dados en los que el factor de potencia es bajo. La corrección del factor de potencia se puede justificar también por otras causas, como:

- Abatir el costo de la energía eléctrica donde las tarifas de servicio eléctrico varían con el factor de potencia en el punto de medición
- Reducir las pérdidas de energía en conductores y transformadores
- Poder utilizar la capacidad total de transformadores, interruptores, barras



colectoras y conductores para potencia real solamente, con los que se reducen la inversión de capital y los cargos anuales

La mayor parte de utilización requiere potencias real (activa) y reactiva para el funcionamiento satisfactorio. Las lámparas incandescentes y los calentadores de resistencia son dos excepciones. Sólo la potencia real desarrolla trabajo real, y el suministro de la potencia reactiva en la carga (en vez de desde cierta distancia) reduce la corriente de circuito requerida para suministrar la potencia real.

Por conveniencia se repiten aquí las ecuaciones relevantes implicadas en cálculos de corrección de potencia. Para circuitos monofásicos:

$$P = VI \cos \theta = VI(fp)$$

$$Q = VI \sin \theta$$

$$VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$I_a = I \cos \theta$$

$$I_b = I \sin \theta$$

donde:

$P$  = Potencia real (activa), W

$Q$  = Potencia reactiva, Var (o var)

$VI$  = Potencia aparente, VA

$\theta$  = Ángulo entre el voltaje y la corriente

$I$  = Corriente de línea, A

$V$  = Voltaje de línea a neutro, V

$I_a$  = Componente activa de la corriente de línea, A

$I_r$  = Componente reactiva de la corriente de línea, A

$fp$  = Factor de potencia, igual a  $\cos \theta$



Para los circuitos trifásicos se usan las siguientes ecuaciones en los cálculos del factor de potencia. Los sistemas trifásicos equilibrados se clasifican en función del voltaje de línea a línea, la potencia aparente trifásica o total o la potencia real y la corriente de línea:

$$\begin{aligned}K_{3\phi} &= \sqrt{3}V_L I_L = 3K_{3\phi} = 3V_{LN} I \\P_{3\phi} &= \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta_P = 3V_{LN} I \cos \theta_P \\Q_{3\phi} &= \sqrt{3}V_L I_L \sin \theta_P = 3V_{LN} I \sin \theta_P \\V_L &= \sqrt{3}V_{LN} \\fp &= \cos \theta_P \\K_\phi &= V_{LN} I\end{aligned}$$

donde:

$V_L$  = Voltaje de línea a línea

$I_L$  = Corriente de línea

$K_{3\phi}$  = Potencia aparente trifásica total, VA

$P_{3\phi}$  = Potencia (activa) trifásica total, W

$Q_{3\phi}$  = Potencia reactiva trifásica total, VAR

$V_{LN}$  = Voltaje de línea a neutro, donde el neutro es un punto a igual potencial desde cada línea. (Para sistemas conectados en estrella [o Y] y de cuatro hilos, este voltaje está disponible para alimentar cargas monofásicas y es un tipo de sistema usual que existe a nivel de distribución.)

$K_\phi$  = Potencia aparente monofásica, VA

$\theta_P$  = Ángulo entre el voltaje de línea a neutro o neutro y la corriente de línea

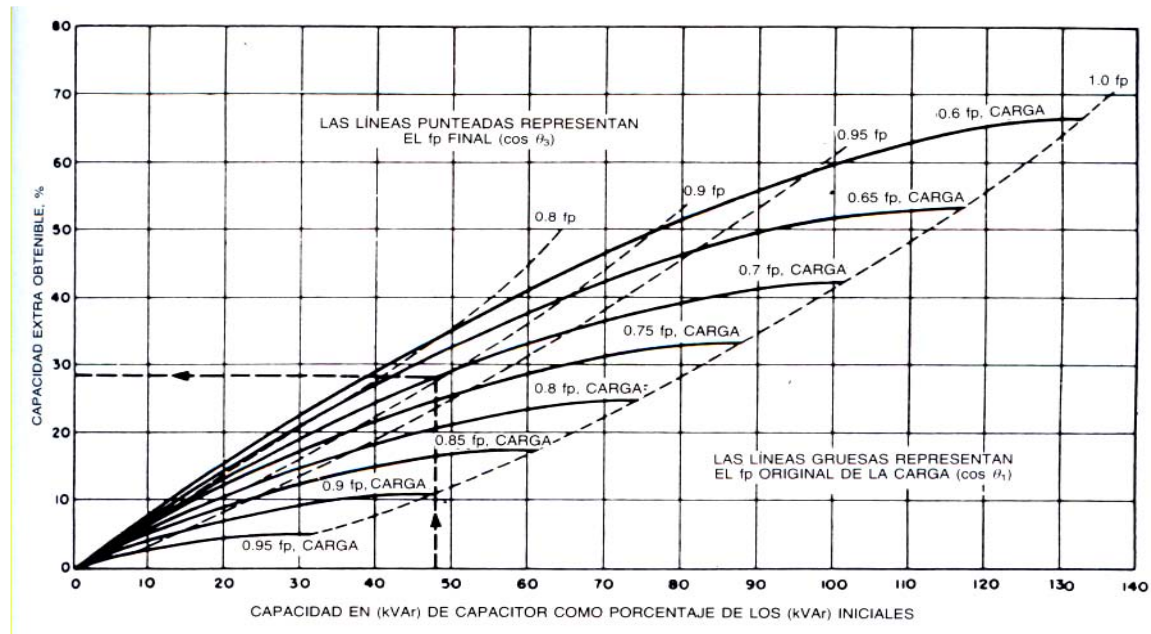
$fp$  = Factor de potencia por fase, igual a  $\cos \theta_p$

Para cargas desequilibradas, la potencia real  $P_\phi$  y la potencia reactiva  $Q_\phi$  para todas las cargas en una fase dada se suman (algebraicamente, para cargas



reactivas) a fin de obtener la potencia por fase. En el caso de carga trifásica equilibrada cada fase tiene un tercio de los valores trifásicos de potencia. Con cargas desequilibradas, cada corriente de línea será diferente y los voltajes de línea a neutro, así como los de línea a línea, pueden también ser distintos. Este desequilibrio de voltaje debe ser limitado al uno por ciento para un funcionamiento satisfactorio de los motores.

Debido a que un bajo factor de potencia requiere una componente adicional de corriente, desfasada  $90^\circ$  con respecto a la componente activa (de potencia) de la corriente, para suministrar la potencia reactiva, existen caídas de voltaje y pérdidas de potencia adicionales en el circuito, además, es necesaria capacidad extra del generador, transformador y conductores para suministrar esta corriente reactiva. Puesto que la mayor parte de las cargas de motor son inductivas, se requiere potencia reactiva en atraso. Los capacitores suministran potencia reactiva en adelanto, de modo que cuando se conectan en el sistema en paralelo con las cargas inductivas, pueden descargar a los generadores de tal suministro de potencia. Esto permite tener una capacidad adicional para las cargas, como se ilustra en la *figura 2.11*. La reducción en la corriente y la capacidad de potencia real adicional disponible pueden calcularse utilizando las ecuaciones anteriores.



**Fig. 2.11** Gráficas del porcentaje de capacidad extra obtenida (liberada) como función del porcentaje de la capacidad de los capacitores para corrección del factor de potencia

Un beneficio más de la corrección del factor de potencia es que reduce las pérdidas. A un factor de potencia dado, la corriente total es igual a la componente activa de la corriente dividida entre el factor de potencia. Puesto que las pérdidas varían con el cuadrado de la corriente total, variarán según el cuadrado del factor de potencia. Por consiguiente:

$$kW_{pérd} = \left( \frac{fp_{orig}}{fp_{mej}} \right)^2 (kW_{pérd.orig.})$$

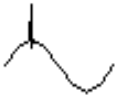






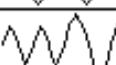
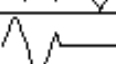

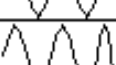
y la reducción en las pérdidas es:

$$Reduc. kW_{pérd} = \left[ 1 - \left( \frac{fp_{orig}}{fp_{mej}} \right)^2 \right] (kW_{pérd.orig.})$$



La sola reducción en las pérdidas puede no ser suficiente para justificar el uso de capacitores para mejoramiento del factor de potencia lo más cercano a la unidad, pero sí lo son los beneficios adicionales de mejora en la regulación de voltaje, incremento de capacidad y reducción de la sanción económica por factor de potencia bajo.

## 2.10 VISIÓN DE LA TECNOLOGÍA QUE NOS AYUDA A MEJORAR LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

PROBLEMA DE CALIDAD DE ENERGIA	TECNOLOGIA DE CALIDAD DE ENERGIA								
	SUPRESOR DE PICOS	FILTRO DE RUIDO	TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO	REGULADOR ELECTRONICO	REGULADOR FERRORESONANTE	PLANTA DE EMERGENCIA ON LINE	UPS OFF LINE	UPS ON LINE	PLANTA DE EMERGENCIA OFF LINE
 Pico de Voltaje Modo Conún Modo Normal	■		■	■	■	■	■	■	
									■
 Ruido Eléctrico Modo Conún Modo Normal		■	■	■	■	■	■	■	
									■
 Muecos			■	■	■	■	■	■	
 Armónicos					■	■	■	■	
 SAG				■	■	■	■	■	
 SWELL				■	■	■	■	■	
 Bajo Voltaje				■	■	■	■	■	
 Alto Voltaje				■	■	■	■	■	
 Parpadeo						■	■	■	■
 Apogón									■
 Variación de Frecuencia							■	■	■

■ Es esperado que el problema sea solucionado por esta tecnología.  
 ■ Al aplicar esta tecnología puede o no solucionar el problema de calidad de energía.

Fig. 2.11 Tecnologías para la calidad de la energía





## **CAPÍTULO 3**

### **CONFIABILIDAD**

#### **3.1 DEFINICIÓN**

La idea intuitiva sobre la confiabilidad de un equipo o sistema, de cualquier naturaleza, se relaciona con su habilidad o capacidad de realizar una tarea específica. Por esta razón, normalmente es considerada una propiedad cualitativa más que cuantitativa. Sin embargo se debe convenir en que, para la práctica de ingeniería, resulta mucho más atractivo disponer de un índice cuantitativo, especialmente cuando se desea tomar una decisión sobre alternativas de diseño que cumplen finalmente las mismas funciones. Esta cuantificación de la habilidad de un sistema, se denomina confiabilidad, o bien fiabilidad y puede expresarse por una gran variedad de índices, dependiendo de los objetos que se persigan con la evaluación.

Por diversos motivos, los componentes de un sistema eléctrico se van sometidos a fallas, o salidas de servicio, lo que en algunos casos puede significar la desconexión de uno o más consumidores del sistema eléctrico. El objetivo de la evaluación de confiabilidad de una red eléctrica, es decir, sistemas de distribución o transmisión es determinar índices que reflejan la calidad de servicio que presenta un sistema para el consumidor o usuario final.

Se describen a continuación algunas técnicas de modelación y evaluación de confiabilidad, orientadas a predecir índices de comportamiento futuro. Existen dos clases de métodos para evaluar la confiabilidad: los métodos de simulación estocástica, el más conocido es el de Monte Carlo y, entre los métodos de



análisis, se tienen los procesos continuos de Markov, los de redes y sus aproximaciones.

### **3.1.1 Método Monte Carlo**

Consiste en la simulación de una gran cantidad de situaciones, generadas en forma aleatoria, donde los valores de los índices de confiabilidad corresponden a los momentos de las distribuciones de probabilidad. Sin embargo, hay preferencia por los métodos de análisis, dado que es mucho más fácil su manejo.

### **3.1.2 Método de Markov**

La mayoría de los métodos analíticos están basados en los procesos continuos de Markov, por lo tanto se presenta a continuación un breve resumen de los conceptos más importantes con esta técnica.

Una red eléctrica, es decir un sistema de distribución o de transmisión, se considera como un sistema reparable, esto significa que al fallar un elemento, éste es reemplazado o reparado, dependiendo de la naturaleza del elemento en cuestión. De esta manera se restablece la condición de operación normal del sistema, o parte de la red afectada. Así entonces, el sistema es continuo en el tiempo, con estados discretos finitos, ajustándose muy bien a una reparación por medio de procesos continuos de Markov.



## 3.2 ÍNDICES DE CONFIABILIDAD

Los índices o parámetros de confiabilidad utilizados para redes eléctricas pretenden cuantificar la calidad del servicio que presenta la red en cualquier punto de consumo. En algunos casos también se definen índices globales para el sistema como un todo. Entre los cuantificadores más populares se cuentan:

- Tasa de falla ( $\lambda$ ): Representa la cantidad de veces que un consumidor se ve privado del suministro de electricidad, por unidad de tiempo. Generalmente se considera como unidad de tiempo el periodo de un año, ya que la disponibilidad de electricidad normalmente es alta. El inverso de la tasa de falla se conoce como tiempo promedio entre fallas.
- Tiempo de reparación ( $r$ ): En este trabajo se utiliza como un nombre genérico, que representa la acción de cambio o reparación del elemento causante del problema. Es el tiempo promedio que dura una falla de suministro, expresado en horas. El inverso del tiempo de reparación se conoce como tasas de reparación.
- Energía no suministrada (ENS): Representa la cantidad de energía que la empresa de distribución deja de vender. Este índice tiene gran relevancia para estas empresas, dado que puede utilizarse como parámetro de decisión al evaluar alternativas de mejoramiento de la calidad de servicio.
- Carga promedio desconectada ( $L$ ): Es una cuantificación de la cantidad de consumidores afectados por los cortes de suministro.
- Tiempo anual de desconexión esperado ( $U$ ): Es la indisponibilidad total de servicio durante un año, medido en horas. Se obtiene como la multiplicación de la tasa de falla por su duración promedio.



### 3.3. CLASIFICACIÓN DE ESTADOS

En función de la protección asociada, así como de sus alternativas de alimentación, cada tramo del sistema tendrá un comportamiento que puede definirse de la siguiente manera, ante la existencia de una falla en otro tramo de alimentador.

- **Normal:** El estado del tramo de alimentador (i) se define como normal, cuando su operación no se ve afectada por falla en el elemento (j).
- **Restablecible:** El estado del tramo de alimentador (i) se define como restablecible, cuando su servicio puede volver a la normalidad, antes de reparar el elemento (j) fallado, aislado (j) mediante algún elemento de maniobra.
- **Transferible:** El tramo de alimentador (i) será transferible, cuando exista alguna maniobra para re-energizado, antes de reparar el bloque (j) en falla.
- **Irrestablecible:** Son tramos irrestablecibles aquellos que sufren la falla y todos los que no pueden ser transferidos de otra fuente de alimentación mediante maniobras.
- **Irrestablecible con espera:** El tramo (j), en falla, se define como Irrestablecible con espera, cuando previo a su reparación debe realizarse alguna maniobra.

### 3.4 DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA O DE UN EQUIPO ELÉCTRICO

La disponibilidad de un sistema se define mediante la ecuación:

$$disp = \frac{t_{serv}}{t_{total}}$$



$t_{serv}$  : Tiempo con servicio con calidad adecuada

$t_{total}$  : Tiempo total de observación

$disp$  : Disponibilidad del equipo

Ejemplo:

Un usuario de un sistema eléctrico no dispuso de energía durante 1hra, del total 8760 hrs. Que tiene un. Así, la disponibilidad del sistema eléctrico es:

$$disp = \frac{8759}{8760} = 0.999886$$

Es decir, la disponibilidad del sistema fue de 99.986%. El periodo de no disponibilidad de energía pudo haber sido un solo evento (sin energía), en este caso de una hora de duración, o por ejemplo, 360 eventos sin energía de 10 segundos de duración cada uno. Desde el punto de vista del usuario ambas situaciones no son idénticas ya que un corte de energía lleva asociado un tiempo de reposición es 1 hora, la disponibilidad del sistema eléctrico, desde el punto de vista del usuario, en el caso que existan 360 eventos sin energía es:

$$disp = \frac{t_{total} - (t_{sin\ serv} - t_{rep})}{t_{total}}$$

donde:

$t_{sin\ serv}$  : Tiempo sin servicio

$t_{rep}$  : Tiempo de reparación



luego:

$$disp = \frac{(8760)(60)(60) - [360(3600) + 360(10)]}{(8760)(60)(60)} = 0.959$$

Es decir, para el usuario, la disponibilidad sería de un 95.9% y no un 99.986%

### 3.5 CONFIABILIDAD DE UN EQUIPO ELÉCTRICO

El concepto básico de confiabilidad se relaciona con la cantidad de componentes de un equipo que falla en un periodo de tiempo ( $t$ ). Si bien la definición precisa de confiabilidad debe realizarse en función de la probabilidad de ocurrencia de fallas, tal como se explicara más adelante es también útil emplear el siguiente cociente  $kconf(t)$  como representativo de la confiabilidad de un componente:

$$kconf(t) = \frac{compviv(t)}{comptot(t)}$$

$compviv(t)$ : Componentes que sobreviven en buen estado, en un periodo  $t$ .

$compfall(t)$ : Componentes que fallan, en un periodo  $t$ .

$comptot(t)$ <sup>1</sup>: Componentes probados, en un periodo  $t$ .

$kconf(t)$ : Confiabilidad, en un periodo  $t$ .

Ejemplo:

Al probar 1000 focos de filamento se comprueba que:

- A las 100 horas de operación se han quemado sólo 5 focos.



b) A las 500 horas de operación de han quemado 500 focos.

Empleando la ecuación para el cálculo del coeficiente  $k_{conf}(t)$ , se obtiene:

$$k_{conf}(100hrs) = \frac{100 - 5}{1000} = 0.995(99.5\%)$$

$$k_{conf}(500hrs) = \frac{500}{1000} = 0.5(50\%)$$

### 3.6 CONFIABILIDAD EN SISTEMAS SERIE Y PARALELO

#### 3.6.1 Sistema serie

Dos componentes de un sistema se consideran conectados en serie, en términos de confiabilidad, cuando la falla de uno ocasiona la falla del sistema completo. La probabilidad de que el sistema falle antes de  $(t)$  años es la probabilidad conjunta de que sólo el elemento (1) falle antes de  $(t)$ , que sólo el elemento dos falle antes de  $(t)$  y que ambos elementos fallen antes de  $(t)$ :

$$P(T \leq t) = P1(T \leq t)P2(T > t) + P1(T > t)P2(T \leq t) + P1(T \leq t)P2(T \leq t)$$

Si la confiabilidad de cada elemento puede ser descrita mediante una distribución exponencial:

$$Pk(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Entonces:

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$



La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema trabaje sin fallas durante un tiempo  $t$ :

$$Rk(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

El valor esperado que operara el sistema sin falla se puede demostrar que es:

$$E(T) = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

Ejemplo:

Un aviso luminoso está compuesto por 40 lámparas todas conectadas eléctricamente en serie. Si una ampolla se quema el aviso queda totalmente a oscuras. La esperanza de vida media de cada ampolla es de 300 horas. Esto significa que, si la distribución estadística se supone exponencial, se tendrá que:

$$\lambda_k = \frac{1}{300}$$

La disponibilidad del sistema es:

$$R(t) = e^{-40/3000t}$$

Y el valor esperado que operara el sistema sin que falle, a veces llamado tiempo medio entre fallas del sistema (TMEF) es:





$$E(T) = TMEF = \frac{1}{\sum_{k=1}^{40} \lambda_k} = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \dots + \frac{1}{300}} = \frac{3000}{40} = 75 \text{ horas}$$

### 3.6.2 Confiabilidad de elementos en paralelo

Dos componentes de un sistema se consideran conectados en paralelo, en términos de confiabilidad, cuando la falla de uno no ocasiona la falla del sistema, el que, por el contrario continúa funcionando normalmente. Este esquema puede ser descrito como redundante por construcción. La probabilidad de que el sistema falle antes de (t) años es la probabilidad conjunta de que el elemento uno falle antes de (t) y el elemento dos también falle antes de (t):

$$P(T \leq t) = P1(T \leq t)P2(T > t)$$

Si la confiabilidad de cada elemento puede ser descrita mediante una distribución exponencial:

$$Pk(t) = 1 - e^{-\lambda_k t}$$

Entonces:

$$P(T \leq t) = (1 - e^{-\lambda_1 t}) * (1 - e^{-\lambda_2 t})$$

La confiabilidad se define como probabilidad de que el sistema trabaje sin fallas durante un tiempo (t):

$$Rk(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$



El valor esperado que operara el sistema sin que falle se puede demostrar que es:

$$E(T) = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

Ejemplo:

Un equipo es alimentado, alternativamente, por la red eléctrica o por una unidad en base a baterías. La probabilidad de falla de la red eléctrica y del dispositivo de respaldo puede ser descrita mediante una distribución exponencial. El valor de  $\lambda$  de la red eléctrica es  $3,4 \cdot 10^{-4}$  (supone un valor esperado de 3 fallas en un año) y el del sistema de respaldo con baterías de  $1,14 \cdot 10^{-4}$  (supone un valor esperado de 1 falla en un año) La disponibilidad del sistema será:

La confiabilidad o probabilidad de que el sistema trabaje sin fallas durante un tiempo (t):

$$Rk(t) = e^{-3,4 \cdot 10^{-4} t} + e^{-1,14 \cdot 10^{-4} t} - e^{-(3,4+1,14) \cdot 10^{-4} t}$$

Al cabo de un año (t=8760 horas) la confiabilidad es R=38.03 %. Sin el sistema de respaldo la confiabilidad resulta igual a 5.09%

El valor esperado que operara el sistema sin que falle resulta:

$$E(T) = \left( \frac{1}{3,4} + \frac{1}{1,14} - \frac{1}{3,4 + 1,14} \right) * 10^4 = 9510 \text{ horas}$$

Sin el sistema de respaldo E(T) resulta 2941 horas.



### **3.7 TIERRAS FÍSICAS**

Cualquier instrumento conectado a una alimentación eléctrica está expuesto a descargas electrostáticas, interferencias electromagnéticas, descargas atmosféricas y errores humanos. Dichos sucesos ponen en riesgo principalmente la integridad humana y el patrimonio.

Tierra física es una conexión real a la tierra. La puesta a tierra física es la unión eléctrica directa de parte del circuito eléctrico y/o partes no conductoras no pertenecientes al mismo, a una toma de tierra, mediante conductores eléctricos.

Muchos de los errores de instrumentación, distorsión de armónicas y problemas de factor de potencia. Son debidos a un ineficaz sistema de conexión a tierra.

La resistividad del terreno, el estado de las varillas de conexión a tierra y las conexiones, con el tiempo y el cambio de climas sufren cambios que modifican la resistividad de la conexión a tierra física. Para verificar el estado de dicha resistividad se cuenta con varios métodos para diferentes tipos de sistemas de conexión a tierra física.

#### **3.7.1 Conexión a tierra física**

Según el artículo 100 del NEC, tierra física es una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, entre un circuito eléctrico o equipo y la tierra.

La razón del uso de una conexión a una tierra física, es la protección contra una descarga eléctrica. El sistema de puesta a tierra evita diferencias de potencial manteniendo una tensión de cero volts en las masas metálicas de la instalación, permite el paso de corriente de fuga de los receptores eléctricos y se tiene una referencia nula en los instrumentos de la instalación y en señales de datos.



Al hablar con respecto a la conexión a tierra física, en realidad se está hablando de dos temas diferentes: conexión a tierra física y conexión a tierra física del equipo. La conexión a tierra física es una conexión intencional desde un conductor del circuito, por lo general, el neutro, a un electrodo de tierra física colocado en la tierra. La conexión a tierra física del equipo asegura que el equipo operativo dentro de una estructura este correctamente conectado a tierra física.

### **3.7.2 Valor de la resistencia de conexión a tierra física**

Idealmente una conexión a tierra física debe tener una resistencia de cero ohms. No existe un valor normalizado de resistencia de conexión a tierra física que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la *National Fire Protection Association* (NFPA) y el IEEE han recomendado un valor de Resistencia de conexión a tierra física de 5.0 ohms o menos. La práctica recomendada para la conexión a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales sugiere una resistencia de la toma de tierra entre uno y cinco ohms.

### **3.7.3 Afectaciones de la resistencia de conexión a tierra física**

El electrodo de tierra física debe de tener un contacto con el terreno una mínima longitud de 2.5 metros. Sin embargo, existen cuatro variables que afectan la resistencia de la conexión a tierra física de un sistema de conexión a tierra física:

- Longitud y profundidad del electrodo de tierra física.
- Diámetro del electrodo de tierra física.
- Número de electrodos de tierra física.
- Diseño del sistema de conexión a tierra física.



### **3.7.3.1 Longitud y profundidad del electrodo de tierra física**

Una manera muy eficaz de disminuir la resistencia de la conexión a tierra física es logrando que los electrodos a conexiona tierra tengan una mayor profundidad. El terreno no tiene una resistividad constante, y puede ser muy impredecible. Resulta crítico al instalar el electrodo de tierra física que este se encuentre debajo de la línea de congelamiento. Esto se hace para que la resistencia a la tierra física no se vea demasiado influenciada por el congelamiento del terreno circundante. Por lo general, al duplicar la longitud del electrodo de tierra física es posible reducir el nivel de resistencia en un 40% adicional. Hay ocasiones en las que es físicamente imposible colocar las varillas de conexiona tierra física a una profundidad mayor; se trata de áreas compuestas de roca, granito, etcétera. En estos casos, son viables métodos alternativos, que incluyen el uso de cemento de conexión a tierra física.

### **3.7.3.2 Diámetro del electrodo de tierra física**

El aumento del diámetro del electrodo de tierra física tiene muy poco efecto en disminuir la resistencia. Por ejemplo, es posible duplicar el diámetro de un electrodo de tierra física, y la resistencia solo disminuiría en un 10%

### **3.7.3.3 Número de electrodos de tierra física**

Otra manera de disminuir la resistencia de conexión a tierra física es utilizar varios electrodos de tierra física. Se coloca más de un electrodo en la tierra, y se le conecta en paralelo, a fin de reducir la resistencia. Para que los electrodos adicionales resulten eficaces, el espacio de las varillas adicionales debe ser al menos igual a la profundidad de la varilla colocada. Sin un espacio correcto de los



electrodos de tierra física, sus esferas de influencia se interceptaran y no se disminuirá la resistencia.

#### **3.7.3.4 Diseño del sistema de conexión a tierra física**

Los sistemas simples de conexión a tierra física constan de un único electrodo de tierra física colocado en el terreno. El uso de un único electrodo de tierra es la forma más común de realizar dicha conexión a tierra física, y puede encontrarse fuera de su casa o lugar de trabajo. Los sistemas complejos de conexión a tierra física constante de varias varillas de conexión a tierra física conectadas entre si, de redes en malla o retícula, de placas de conexión a tierra física, y de bucles de conexión a tierra física. Estos sistemas típicamente se instalan en las subestaciones de generación de energía eléctrica, oficinas centrales y sitios de torres celulares. Las redes complejas aumentan drásticamente la cantidad de contacto con la tierra circundante y disminuyen las resistencias de conexión a tierra física.

### **3.8 MÉTODOS DE MEDICIÓN A TIERRA FÍSICA**

#### **3.8.1 Comprobación del conductor de tierra física**

Antes de medir la resistencia de la toma de tierra, es recomendable verificar la buena conexión eléctrica del conductor de tierra desde el propio electrodo hasta el borne principal de tierra. La mayoría de los telurómetros (medidores que emplean el método de caída de potencial) incorporan la medida de resistencia eléctrica a dos hilos y disponen de una buena resolución para esta prueba, por lo que resultan perfectos para la tarea. El valor de resistencia eléctrica desde el borne principal de tierra hasta el electrodo debería ser inferior a un ohm.



### 3.8.2 Medición de la resistividad del terreno

Para determinar el diseño del sistema de conexión a tierra física es necesario conocer la resistividad del terreno. El terreno raras veces es homogéneo y la resistividad del terreno varía geográficamente y a diferentes profundidades y a diferentes ambientes.

El funcionamiento básico de los instrumentos para comprobar la resistividad del terreno, utiliza en línea recta sobre el terreno cuatro estacas de conexión a tierra física, equidistantes entre sí. La distancia entre las estacas de conexión a tierra física debe ser de al menos tres veces mayor que la profundidad de la estaca. De modo que si la profundidad de cada estaca de conexión a tierra física es de 0.30 metros (un pie), la distancia entre estacas sea mayor 0.91 metros (tres pies). El instrumento genera una corriente conocida a través de las dos estacas externas de conexión a tierra física y la caída del potencial de voltaje se mide entre las dos estacas internas de conexión a tierra física. Usando la ley de Ohm ( $V=IR$ ), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del terreno.

Se recomienda tomar mediciones adicionales en donde los ejes de las estacas se giren 90°. Al cambiar la profundidad y la distancia varias veces, se produce un perfil que puede determinar un sistema apropiado de resistencia del terreno. La mayoría de los comprobadores utilizan un sistema de control automático de frecuencia con el objeto de lograr una menor cantidad de ruido, permitiendo obtener una lectura clara.



### 3.8.3 Método de caída de potencial

El método de comprobación de caída de potencial es el método tradicional que se utiliza para medir la capacidad de un sistema de conexión a tierra física o un electrodo individual para disipar la energía de un sitio, y es el método que utilizan los equipos conocidos como telurómetros.

El telurómetro requiere de tres conexiones para realizar la medida de la resistencia de la toma de tierra, si bien los medidores más precisos pueden requerir de una cuarta conexión para eliminar del resultado de la medida la resistencia de los propios cables de prueba.

En primer lugar, el electrodo de interés de conexión a tierra física debe desconectarse de su conexión al sitio. En segundo lugar, se conecta el comprobador al electrodo de tierra. Luego, para realizar la comprobación de caída de potencial de tres polos, se colocan dos estacas de conexión a tierra en el terreno, en línea recta alejadas del electrodo de tierra. Normalmente, alcanzan con un espaciamiento de 20 metros (65 pies).

El telurómetro genera una corriente conocida entre la estaca externa (estaca auxiliar de conexión a tierra) y el electrodo de tierra, mientras que se mide el potencial de caída de tensión de tensión entre la estaca interna de tierra y el electrodo de tierra. Utilizando la ley de Ohm ( $V=IR$ ), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del electrodo de tierra. Si este electrodo de tierra física esta en paralelo o en serie con otras varillas de conexión a tierra física, el valor de resistencia desplegado en el medidor resulta ser el valor total de todas las resistencias.

La estaca interna debe de estar fuera de la esfera de influencia del electrodo de tierra física bajo comprobación y la conexión auxiliar a tierra, de lo contrario las





áreas eficaces de resistencia se superpondrán e invalidarán cualquier medición que estuviera obtenido. Para comprobar la exactitud de los resultados y asegurar que las estacas de conexión a tierra física estén fuera de las esferas de influencia, modifique la posición de la estaca interna 0.91 metro (tres pies), necesitaran aumentar la distancia entre la varilla de conexión a tierra física bajo comprobación, la estaca interna y la estaca externa (conexión auxiliar a tierra física) hasta que los valores medidos permanezcan bastante constantes al modificar la posición de la estaca interna.

#### **3.8.4 Método selectivo**

El método selectivo es una variante del método de caída del potencial y puede encontrarse en medidores de resistencia de tierra de gama alta. Los medidores que incluyen esta función pueden medir la resistencia de tierra en cualquier sistema sin desconectarlo de la instalación. Esto significa que no es necesario esperar a poder interrumpir el suministro de energía para realizar la prueba, ni someterse a los riesgos para la seguridad que supone desconectar el electrodo de un sistema de baja tensión.

Tanto el método de caída de potencial como el método selectivo utilizan estacas para inyectar corriente y medir la caída de tensión. Aplican las mismas reglas para la colocación de estas estacas que en el método de la caída de potencial. La comprobación selectiva utiliza un transformador de corriente (pinza amperimétrica) de gran sensibilidad y precisión para medir la corriente de prueba en el electrodo que se desea comprobar, sin necesidad de desconectarlo de la instalación. El medidor selectivo emplea un filtro digital en la medida de corriente para reducir los efectos de las posibles corrientes fantasmas.



### 3.8.5 Medición sin estacas (picas)

Esta técnica de comprobación elimina la actividad peligrosa y engorrosa de desconectar conexiones paralelas a tierra física, así como el proceso de encontrar ubicaciones idóneas para estacas auxiliares de conexión a tierra física. También puede realizar pruebas de conexión a tierra física en lugares como en el interior de edificios, en torres de alimentación eléctrica o en cualquier lugar en donde no tenga acceso al terreno mismo.

Con este método de prueba, se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de conexión a tierra física o del cable de conexión, conectado cada una de ellas al comprobador. No se utiliza ninguna estaca de conexión a tierra física. Se induce una tensión conocida en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de tierra física en esta varilla de conexión a tierra física. Si solo hay una ruta a la tierra, como en muchas situaciones residenciales, el método sin estacas no proporcionara un valor aceptable, y debe usarse el método de prueba por caída de potencial.

El método funciona en base al principio de que en los sistemas conectados en paralelo o con varias conexiones de tierra física, la resistencia neta de todas las rutas de conexión a tierra física será extremadamente baja, en comparación con cualquier ruta individual (aquella bajo comprobación). Por lo tanto, la resistencia neta de todas las resistencias paralelas de la ruta de retorno es efectivamente cero. La medición sin estacas solo mide las resistencias individuales de las varillas de conexión a tierra física en paralelo con los sistemas de conexión a tierra física. Si el sistema de conexión a tierra física no es paralelo a la tierra, entonces tendrá un circuito abierto, o bien, estará midiendo la resistencia del bucle de conexión a tierra física.



### 3.8.6 Método bipolar

El método bipolar utiliza un electrodo auxiliar cuya resistencia de toma de tierra se haya determinado con anterioridad y se establezca como buena (de bajo valor resistivo). Un ejemplo de electrodo auxiliar puede ser una tubería de agua en los alrededores de una instalación, pero lo suficientemente alejada de la misma. El medidor en este método simplemente mide la resistencia del circuito eléctrico formado por la toma de tierra del electrodo que se está comprobando, el electrodo auxiliar y los cables de medida. Si la resistencia de tierra del electrodo auxiliar es muy baja, lo que es probablemente cierto en tuberías de metal sin segmentos de plástico ni juntas aislantes, y el efecto de los cables de medida es también pequeño, el valor de resistencia del circuito eléctrico correspondería fundamentalmente al de la resistencia de la toma de tierra del electrodo bajo prueba. La resistencia de los cables de prueba se puede incluso eliminar del resultado final. Para ello basta con medir su resistencia previamente cortocircuitándolos en sus extremos. Aunque el método bipolar resulta cómodo de realizar, se deben extremar las precauciones, porque:

- Una tubería de agua puede tener componentes de PVC, que aumentarían enormemente la resistencia de la tierra. En este caso, la lectura del método bipolar sería excesivamente elevada.
- Es posible que el electrodo auxiliar no se encuentre fuera del área de influencia del electrodo que se está comprobando. En este caso, la lectura puede ser inferior a la real.



Resumen de los métodos de medición de la resistencia de tierra		
	Ventajas	Desventajas
Caída de potencial	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ampliamente aceptado.</li><li>- La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Es necesario desconectar la tierra.</li><li>- Puede ser difícil clavar las estacas.</li><li>- Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de la puesta a tierra para clavar las estacas.</li></ul>
Método selectivo	<ul style="list-style-type: none"><li>- No es necesario desconectar el electrodo.</li><li>- Ampliamente aceptado.</li><li>- La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Puede ser difícil clavar las estacas.</li><li>- Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de la puesta a tierra para clavar las estacas.</li></ul>
Método sin estacas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comodidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Asume una ruta paralela de baja impedancia.</li><li>- Posibilidad de obtener lecturas muy bajas al medir por error un lazo cableado.</li></ul>
Método bipolar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comodidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Imposible juzgar la integridad del electrodo auxiliar.</li><li>- No se puede estar seguro de encontrarse fuera del área de influencia.</li></ul>

### 3.9 PARARRAYOS

Fenómenos naturales que pueden matar personas, causan incendios y dañan aparatos electrónicos, las descargas atmosféricas siempre fueron un trastorno para la población. Villanos en varias tragedias, los rayos pueden traer muchos dolores de cabeza si no observamos algunas medidas de seguridad.



Apagones, incendios, muertes, perjuicios. Basta una lluvia y las malas noticias aparecen. Los grandes centros urbanos son las principales áreas afectadas, ya que estudios indican que la contaminación atmosférica y las islas de calor contribuyen a la ocurrencia de rayos.

Una descripción simple puede clasificar un rayo como un corto circuito entre una nube y la tierra, un fenómeno de la naturaleza imprevisible y aleatorio que ocurre cuando la energía acumulada en una nube alcanza un valor crítico y rompe la rigidez dieléctrica del aire.

Felizmente, estos eventos son estudiados desde hace mucho tiempo y las medidas de prevención están en un estado bien avanzado. La instalación de un pararrayos, técnicamente llamado Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas (SPDA), es el medio más adecuado de proteger una edificación y las personas que estén en su interior.

### **3.9.1 Claves para un buen proyecto de SPDA**

- Los conductores de bajada son distribuidos a lo largo del perímetro de la edificación, de acuerdo con el nivel de protección, con preferencia para las quinas principales.
- En edificaciones encima de 20 metros de altura, los conductores de bajadas entre dos anillos intermediarios horizontales deben tener el mismo tamaño que los conductores de captación, debido a la presencia de descargas laterales.
- Para minimizar los daños estéticos en las fachadas y en los niveles de las terrazas, se pueden utilizar conductores chatos de cobre.



- Una malla de aterramiento debe ser hecha con cabos de cobre desnudos de N° 50mm a 0.5m de profundidad en el suelo, interconectando todas las bajadas.
- Los electrodos de aterramiento tipo copperweld deben tener una altura capa (254 micras). Los electrodos de baja capa no son permitidos.
- Las conexiones enterradas deben ser de preferencia con soldadura exotérmica. Si fueran usados conectores de ahogo, debe instalarse una caja de inspección solo para protección y manutención del conductor.
- Las ecualizaciones de potencias deben ser ejecutadas en el nivel del suelo y a cada 20 metros de altura, donde son interconectadas todas las mallas de aterramiento, bien como todas las prumadas metálicas, además de la propia estructura de la edificación.
- Las cañerías de gas con protección catódica no pueden ser vínculos directamente. En este caso se debe instalar un DPS tipo centelhador.
- Hay que recordar que el cobre es el mejor conductor de energía y tiene un papel fundamental en la instalación de los pararrayos que protegen el patrimonio de su vida.

### 3.9.2 Mitos y verdades

- Creer que un rayo no cae dos veces en un mismo lugar. Un rayo puede caer más de una vez en un mismo lugar.
- Muchos creen que los pararrayos pueden atraer los rayos a sus edificios y, por miedo, se rehúsan a instalarlos. En realidad, el pararrayos es un camino seguro para conducir la energía generada por el rayo a la tierra.
- Otra duda común es si los pararrayos protegen o no los equipos electrónicos. Para eso deben ser usados un aterramiento eléctrico (cable a tierra) y supresores de brotes. Todo el sistema de aterramiento debe ser equipotencializado



### **3.9.3 Cobre y pararrayos**

Los SPDA popularmente conocidos como pararrayos, son equipos fundamentales para la seguridad estructural de las edificaciones, actuando también indirectamente en la protección de las personas.

Este tipo de protección está reglamentada por normas técnicas que, entre otros puntos, se preocupa de la calidad de los materiales empleados en una instalación. Asimismo, las normas prohíben metales ferrosos galvanizados electrolíticamente.

En casos de ambientes agresivos, las normas exigen la utilización de metales nobles, descartando el uso de aluminio y elementos ferrosos. El cobre, por ser más durable y susceptible a la humedad, conquistó a los profesionales del área y se tornó en el material más usado en estas aplicaciones.

El cobre es el metal más indicado en los SPDA, pues es fácil de instalar y eficiente en la protección contra una descarga atmosférica, sin sufrir la acción del tiempo. Eso garantiza una continuidad en la conducción del rayo.

### **3.10 TIEMPO DE INTERRUPCIÓN POR USUARIO (TIU)**

En México, a pesar de los grandes esfuerzos por enfrentar las consecuencias de los factores climáticos o los robos de energía que ocasionan fluctuaciones de voltaje, entre otras anomalías, tan sólo en la república mexicana se registró un TIU, tanto del sector empresarial como del hogar, de 71.51 minutos anuales, de acuerdo con la CFE, lo cual ocasiona grandes pérdidas económicas.



Este índice es definido como el tiempo que el usuario(s) no cuente con el servicio de energía eléctrica debido a distintos tipos de fallas. Y ese índice tiene un periodo de medición anual:

$$TIU = \frac{\sum_{i=1}^T \sum_{l=1}^{Mi} D_{lil} U_{Ail}}{\sum_{i=1}^T NU_i}$$

donde:

$D_{lil}$  : Duración de la interrupción (l) en minutos acaecida durante el mes (i) en un circuito de distribución de la zona de que se trata.

$U_{Ail}$  : Usuarios afectados por la interrupción (l) acaecida durante el mes de (i) en un circuito de distribución de la zona de que se trata.

$NU_i$  : Número total de consumidores del sistema o alimentador.

$i$  : Mes de que se trata, seriando desde uno hasta (T), en donde (l) corresponde al mes del inicio del periodo y (T) al término.

l: Número ordinal en que aconteció la interrupción (l) durante el mes (i), variando desde uno hasta  $M_i$ .

$M_i$  : Es la última interrupción acaecida durante el mes (i).

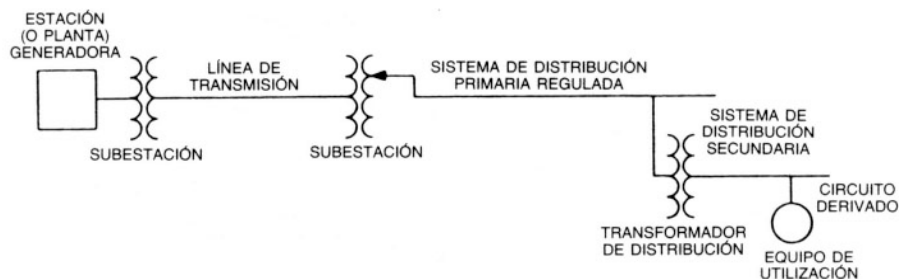


## CAPÍTULO 4

### REGULADORES DE TENSIÓN

#### 4.1 FLUCTUACIÓN Y REGULACIÓN DE TENSIÓN

Para una tensión nominal específica, las tensiones que realmente existen variarán según la ubicación. Esto se ilustra mediante el diagrama unifilar de la figura 4.1 para un sistema de suministro típico. Cada sección del sistema tiene una caída de tensión asociada que depende de la carga (corriente) y del factor de potencia, los cuales pueden variar en el tiempo. Los transformadores de la subestación que alimenta al sistema de distribución primaria generalmente cuentan con equipos de cambio de derivaciones bajo carga. Este equipo cambia la relación de espiras del transformador, lo que hace posible mantener la tensión de distribución primaria en el extremo abastecedor, dentro de un intervalo reducido para diferentes condiciones de carga.



**Fig. 4.1** Sistema típico de generación, transmisión y distribución de un servicio de suministro de energía eléctrica

La norma NOM-001-SEDE-2005 contiene dos clasificaciones de tolerancia de tensión, o fluctuaciones, que se consideran aceptables en condiciones específicas. Las clasificaciones son el intervalo A, que especifica los límites según la mayoría



de las condiciones de operación, y el intervalo B, que permite desviaciones menores fuera de las limitaciones del intervalo A.

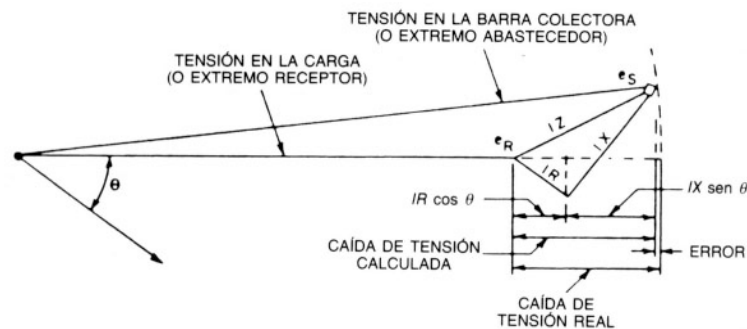
Estas clasificaciones se determinaron considerando los efectos de las variaciones de tensión sobre el rendimiento y la vida útil de diversos tipos de equipo de utilización. La responsabilidad del fabricante y del abastecedor de equipo según los intervalos A y B es como sigue: “El equipo de utilización será diseñado y clasificado para desarrollar un rendimiento satisfactorio en todo el intervalo A y, hasta donde sea practicable, estará diseñado para un rendimiento aceptable en los límites extremos del intervalo B, aunque no necesariamente sea tan bueno como en el intervalo A. Para el abastecedor o proveedor, su sistema debe estar diseñado y operado de manera que la mayor parte de las tensiones de servicio estén dentro del intervalo A de tensiones de servicio. Las desviaciones de la tensión de servicio dentro de los límites extremos del intervalo B han de ser limitados en extensión, frecuencia y duración. Cuando ocurran, la acción correctiva debe emprenderse dentro de un tiempo razonable para mejorar la tensión a fin de que quede dentro de los límites del intervalo A.

El intervalo de tolerancias de tensión definido en la norma NOM-001-SEDE-2005 para el intervalo A, expresado en función de un sistema nominal de 120 V, está entre un máximo de 126 y un mínimo de 110 V para equipo de alumbrado y de 108 V para equipo que no es de alumbrado. El perfil de estos límites permite una caída de nueve volts en el alimentador de distribución primaria, una caída de tres volts en el transformador de distribución, una caída de cuatro volts en el instalación de equipo de alumbrado en el edificio y una caída de seis volts en la instalación de la edificación para equipo que no es de alumbrado. Esto supone que el transformador de la subestación está provisto de un equipo de cambio de derivaciones bajo carga para mantener esencialmente constante la tensión en el extremo abastecedor del sistema de distribución primaria. En el caso de edificaciones comerciales, la responsabilidad del mantenimiento de la caída de

tensión de la distribución primaria, y probablemente la caída de tensión del transformador de distribución dentro de los límites, corresponde al servicio de suministro.

En plantas industriales, que dependen de la tensión de suministro y de la extensión y carga de la planta, la responsabilidad de mantener la caída de tensión dentro de los límites para las tres partes del sistema generalmente corresponde al consumidor de electricidad.

Debido a la relación fasorial entre las tensiones y las corrientes, la caída de tensión en resistencia y reactancia y la caída de tensión total en una parte dada del sistema no sólo dependen de la corriente, sino también del factor de potencia de la carga. En la figura 4.2 se muestra un diagrama fasorial de las relaciones de tensión y corriente para calcular una caída de tensión en una parte dada del sistema. Para los factores de potencia usuales encontrados, puede deducirse una fórmula aproximada calculando la caída de tensión  $V_d$



**Fig. 4.2** Diagrama fasorial de relaciones de tensión para cálculos de caídas de tensión.

La fórmula es:

$$V_d = IR \cos \theta + IX \sin \theta$$



donde:

$V_d$  = Caída de tensión en la línea de circuito a neutro (de un conductor) (esto supone carga trifásica equilibrada), V

$I$  = Corriente que fluye en un conductor o transformador, A

$R$  = Resistencia de un conductor o fase del transformador,  $\Omega$

$\theta$  = Ángulo entre tensión de carga y corriente de carga, el cual es también el ángulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga

$\cos \theta$  = Factor de potencia de la carga (valor numérico)

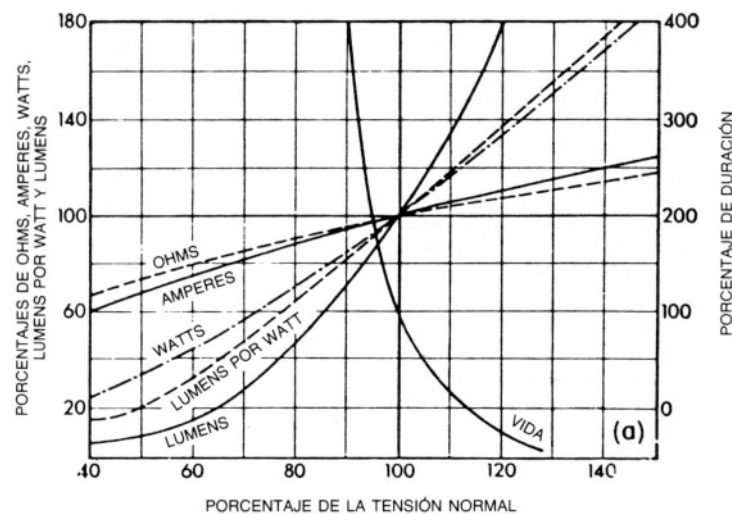
$\sin \theta$  = Factor reactivo de la carga (valor numérico)

A fin de obtener la caída de tensión entre línea y línea en un sistema trifásico se multiplica por  $\sqrt{3}$  la tensión de línea a neutro. En el caso de cargas monofásicas, utilizando una disposición de dos cables sin neutro, o para cargas monofásicas equilibradas (o balanceadas) en un sistema monofásico trifilar, se multiplica por dos la caída de tensión entre línea y neutro para obtener la caída de tensión entre línea y línea. Para cargas desequilibradas, se debe calcular la caída de tensión en el neutro e incluirla en la caída total.

Efecto de las variaciones de tensión sobre el equipo de utilización: aunque el equipo de utilización debe diseñarse para tener un rendimiento satisfactorio dentro de la fluctuación admitida de la tensión de utilización, cualquier desviación de aquél respecto del valor nominal del equipo dará por resultado una reducción en la vida o el rendimiento del equipo. El efecto puede ser menor o grave, dependiendo de las características del dispositivo y de cuán grande o prolongada sea la desviación.

Los efectos de las variaciones de tensión en algunos equipos de utilización se muestran en las *figuras 4.3 y 4.4*. En los motores de inducción los efectos más significativos son: con un tensión bajo se reduce el par de arranque y se

incrementa la elevación de temperatura a plena carga; en el caso de alta tensión, se incrementan la corriente de arranque y el par de rotación, y disminuye el factor de potencia. El mayor par puede causar daños al acoplamiento o al equipo impulsado. Para las lámparas incandescentes, el efecto más notable es que la tensión elevada reduce drásticamente la vida de las lámparas, como se ilustra en la *figura 4.4*. Las lámparas fluorescentes resultan menos afectadas por las variaciones de tensión que las incandescentes.



**Fig. 4.3** Características de las lámparas incandescentes en función de la variación de tensión

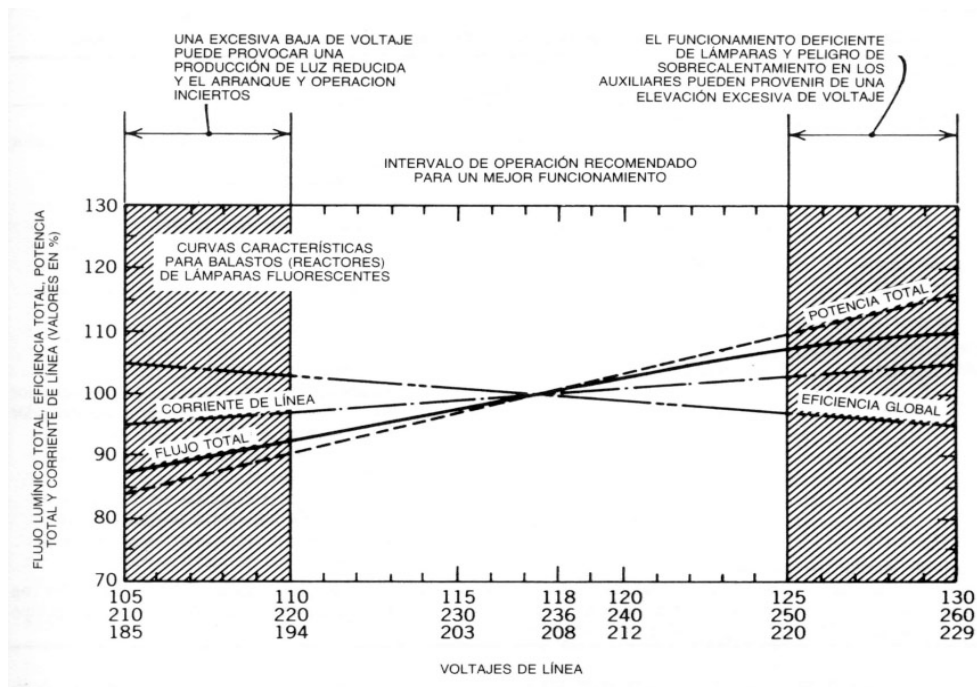


Fig. 4.4 Características de las lámparas fluorescentes en función de la tensión aplicada en el balastro

Las máquinas síncronas son afectadas en forma semejante a como ocurre con los motores de inducción, excepto que el par de arranque varía directamente con el tensión, a menos que la excitación de campo de CD varía con el tensión de alimentación.

El rendimiento lumínico de las lámparas de descarga de alta intensidad es afectado por el tensión en forma parecida a como ocurre con las lámparas incandescentes; sin embargo, con una bajada aproximada del 20% en el tensión se extinguirá el arco. La lámpara no puede volver a encenderse hasta que se enfría y condense el mercurio reduciendo su presión interna, lo cual toma de cuatro a ocho minutos, a menos que se utilice un equipo de enfriamiento especial. El encendido repetido puede reducir la vida de la lámpara, puesto que la duración está relacionada inversamente con el número de arranques. Para capacitores, la potencia reactiva de entrada en kilovars varía con el cuadrado de la tensión, así que existirá una menor capacidad a tensiones reducida. Si la fluctuación o las



condiciones de tensión no están dentro de los límites aceptables, se deben considerar los siguientes cambios básicos para corregir la condición deficiente:

1. Llevar la energía a una tensión más alta y más cerca de la carga, y reducir la distancia recorrida a la tensión más baja.
2. Reducir la impedancia del sistema.
3. Utilizar equipo de regulación para compensar las caídas de tensión.
4. Emplear capacitores conectables por interruptores en derivación (*shunt*) o posiblemente en serie.

Puesto que la caída de tensión es función de la corriente y la impedancia, con una reducción en éstas disminuirá la caída. Algunos cambios posibles para reducir las caídas son:

- Utilizar conductores espaciados, como, por ejemplo, cables en lugar de alambres descubiertos para reducir la reactancia.
- Utilizar barra colectora de baja tensión de construcción interfoliada para lograr una corriente más uniforme a través de la barra.
- Emplear dos o más cables más delgados en paralelo en vez de uno grueso para reducir la caída de tensión.
- Usar transformadores de baja impedancia (no obstante, es necesario que sea investigada la mayor corriente de corto circuito).
- Corregir el factor de potencia en el equipo de utilización con capacitores en derivación (*shunt*).

Los transformadores más modernos tienen derivaciones en el embobinado para cambiar la relación de espiras. El cambio de las derivaciones no modifica la fluctuación de tensión, sino sólo el nivel de tensión media. Aún cuando tal cambio se implemente, puede no ser posible lograr la tensión requerida y tener que



instalar un regulador de tensión. En la tabla 1.2 se resumen y exponen algunas técnicas para mejorar las condiciones de tensión deficiente.

Además de la fluctuación de tensión, se deben investigar otras tres características de éste en un sistema de distribución de plantas industriales o edificios comerciales: el desequilibrio de tensión de fase, las variaciones transitorias de tensión y los armónicos. Puesto que es común en sistemas de distribución de tipo estrella de cuatro hilos y conexión a tierra alimentar cargas monofásicas entre línea y neutro, pueden ocurrir caídas de tensión desiguales en las fases.

Los motores polifásicos se diseñan para funcionar satisfactoriamente con un desequilibrio de tensión de fase limitado al uno por ciento. El desequilibrio de tensión se define como el cociente de la desviación máxima del tensión de fase de cualquier línea o neutro entre el promedio de los tensiones de las tres fases. El porcentaje de desequilibrio es este tensión máximo de desviación dividido entre el promedio y multiplicado por 100 para obtener el tanto por ciento. En algunos motores este desequilibrio de tensión origina un desequilibrio exagerado de corrientes y el correspondiente incremento en el calentamiento en cierto devanado. Este es especialmente un problema en motores sellados de modo hermético, que normalmente operan a altas densidades de corriente. Debido a esta característica puede requerirse un sistema de distribución separado para motores polifásicos en la instalación.

Las tensiones transitorias pueden ser causadas por dispositivos conectados al sistema, así como por fuentes externas, como un rayo. En el caso de sobretensiones (picos de tensión) se deben considerar los supresores de tensiones transitorios. Esto es especialmente importante si se conecta al sistema equipo sensible de computación o electrónico.





Las bajas o descensos de tensión en plantas industriales y en edificios comerciales generalmente son originadas por el arranque de motores, aunque la conexión o desconexión de alguna carga grande producirá variaciones de tensión repentinas. Tales variaciones de tensión de corta duración, según su magnitud y la frecuencia del hecho, pueden dar por resultado un parpadeo molesto en el equipo de alumbrado. La *figura 4.5* es una gráfica del intervalo de parpadeo perceptible y objetable. Éstos son valores medios que provienen de una serie de pruebas, pero si existen descensos de tensión en las regiones definidas en esta figura, se debe considerar la acción correctiva. Algunas veces se requiere un alimentador independiente para el alumbrado a fin de resolver el problema. El arranque a tensión reducido, el arranque con resistencia a reactor, o la conexión de capacitores en paralelo durante el arranque reducirán la corriente inicial tomada por los motores.

Los armónicos son múltiplos enteros de la frecuencia del sistema (60Hz) y están originados por dispositivos no lineales que se conectan al sistema. Todos los dispositivos ferromagnéticos pueden potencialmente producir tensiones y corrientes armónicas. Entre estos dispositivos se incluyen los transformadores, motores y reactores con núcleo de hierro. Asimismo, las lámparas de descarga de gas, equipo de soldadura por arco y rectificadores, y dispositivos de interrupción, tales como los rectificadores controlados por fase (dispositivos de control de velocidad variable y atenuadores de luz), pueden originar tensiones y corrientes armónicas.

Los efectos de las armónicas varían ampliamente en diferentes partes del sistema y afectan a los dispositivos de modo diverso. Los sistemas de comunicación adyacentes son particularmente sensibles a las armónicas, y deben de tomar precauciones especiales para aislar estos sistemas o suprimir las armónicas.

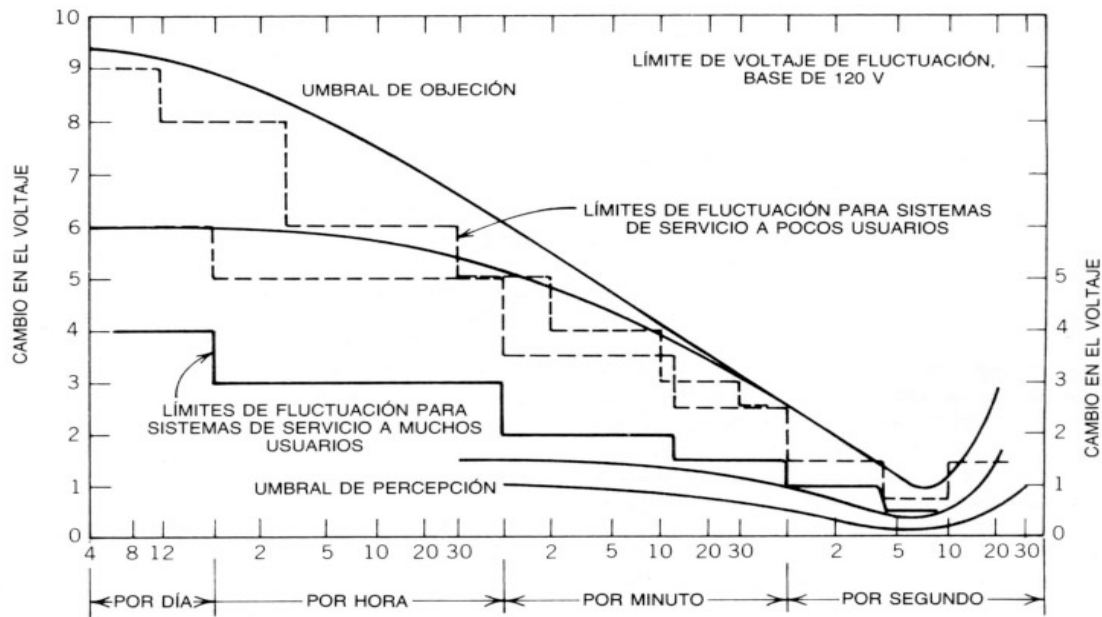


Fig. 4.5 Límites de tensión en parpadeo

## 4.2 DEFINICION DE REGULADOR DE TENSIÓN.

Son aquellos equipos que proporcionan una tensión estable para cumplir con los requisitos de ciertos aparatos tales como: computadoras, equipo médico, equipo de telecomunicaciones y otro equipos electrónicos comerciales e industriales, corrigiendo automáticamente las variaciones de la línea de alimentación C.A al tiempo que limitan los picos de tensión utilizando para ello un sofisticado sistema de supresor de transitorios.

Los reguladores deben utilizarse donde las variaciones de tensión de la línea sea amplia o esté sujeta a ruido eléctrico. Al utilizar un regulador debe asegurarse que la línea de tierra venga directamente de la subestación eléctrica o del tablero principal de la edificación. A diferencia de los acondicionadores, los reguladores de tensión no poseen un transformador puro de aislamiento, su uso principal está en estabilizar las variaciones de la tensión de la red eléctrica.



Se pueden tener varias versiones de reguladores:

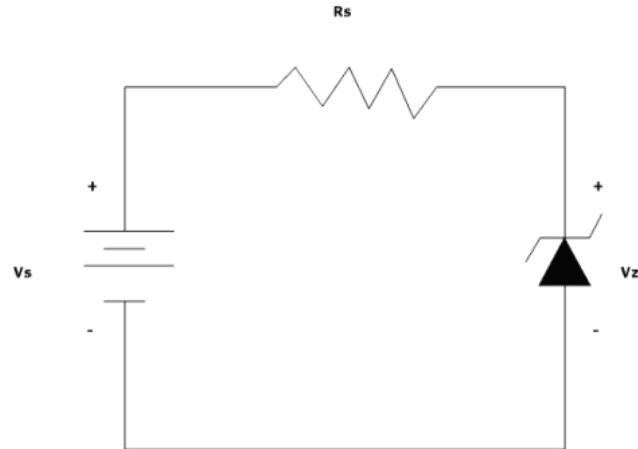
- Monofásicos
- Bifásicos
- Trifásicos

### **4.3 TIPOS DE CONFIGURACIONES EN LOS REGULADORES DE TENSIÓN**

Un regulador de tensión es aquel que puede proporcionar una tensión terminal completamente independiente de la carga aplicada. La regulación de tensión comprende varias configuraciones de circuitos que veremos a continuación.

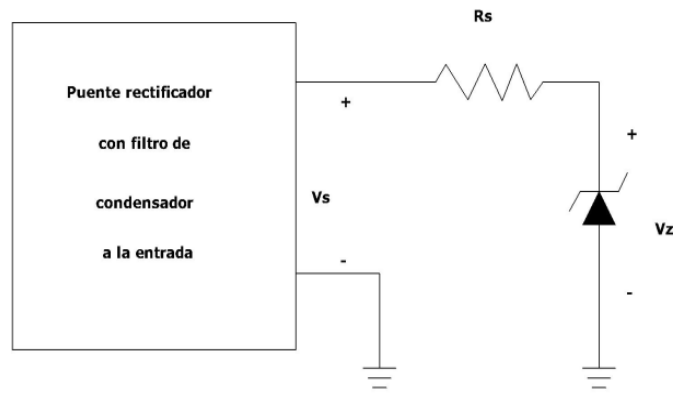
#### **4.3.1 Regulación de tensión con zener**

Un diodo zener recibe a veces el nombre de diodo regulador de tensión porque mantiene la tensión entre sus terminales constante, incluso cuando la corriente sufra cambios. En condiciones normales el diodo zener debe tener polarización inversa, como se ve en la figura 4.6. Además para trabajar en la zona zener, la tensión de la fuente  $V_s$  debe ser mayor que la tensión de ruptura  $V_z$ . Siempre se emplea una resistencia en serie  $R_s$  para limitar la corriente a un valor menor de su limitación máxima de corriente. En caso contrario el diodo zener se quemaría, como cualquier dispositivo que disipase excesiva potencia.



**Fig. 4.6** Regulación de tensión con zener

En la figura 4.7 se ve la salida de una fuente de alimentación conectada a una resistencia en serie con un diodo zener. Este circuito se utiliza cuando se desea una tensión continua de salida que sea menor que la salida de la fuente de alimentación. Un circuito como este recibe el nombre de regulador zener de tensión o simplemente regulador zener. En algunos textos se refieren a este circuito como estabilizador zener.



**Fig. 4.7** Fuente de alimentación conectada a una resistencia en serie con un diodo zener

### 4.3.2 Reguladores de tensión con transistores

Las características de un regulador de tensión pueden mejorarse ampliamente empleando dispositivos tales como el transistor. El regulador de tensión más simple del tipo de transistores en serie aparece la *figura 4.8*. En esta configuración el transistor se comporta como un simple resistor variable cuya resistencia se determina mediante las condiciones de operación. En resumen, para una carga creciente o decreciente, la resistencia variable debe cambiar en la misma forma y a la misma velocidad para mantener la misma división de tensión. Hay que recordar que la regulación de tensión se determina observando las variaciones en la tensión terminal frente a la demanda de corriente.

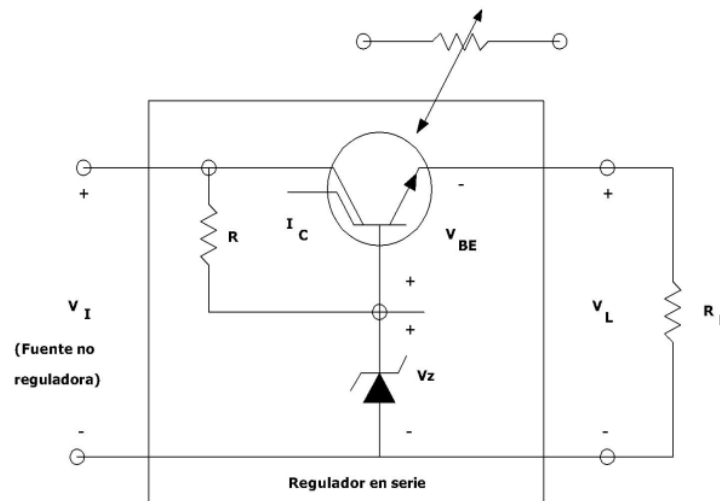


Figura 4.8 Regulador de tensión con transistores

### 4.3.3 Reguladores de tensión con circuitos integrados

Los reguladores de tensión abarcan una amplia clase de circuitos integrados (CI) de amplio uso. Estas unidades contienen los circuitos para la fuente de referencia, el amplificador de error, el dispositivo de control y la protección a sobrecarga, todos en un solo chip de CI. Aunque la construcción interna es un poco diferente a la que se describió para los circuitos reguladores de tensión discreto, la operación



externa es casi la misma. Una categoría básica de los reguladores de tensión incluye aquellos empleados solo con tensiones positivas, los que se usan únicamente con tensiones negativas y los que se clasifican también por tener tensiones de salidas fijas o ajustables. Estos reguladores pueden seleccionarse para operación con corrientes de carga con cientos de miliampers a decenas de ampers.

Los reguladores de tensión que proporcionan una tensión regulada fija positiva dentro de un intervalo de corriente de carga se representa esquemáticamente en la *figura 4.9*. El regulador de tensión fijo tiene una tensión no regulado  $V_{ent}$  aplicado a una terminal, entrega una tensión de salida regulado  $V_o$  desde una segunda terminal y la tercera terminal conectada a tierra. Para un CI particular las especificaciones del dispositivo señalan un intervalo de tensión dentro del cual la tensión de entrada puede variar para mantener la tensión de salida regulada  $V_o$  dentro de un intervalo de corriente de carga  $I_o$ . Debe mantenerse una tensión diferencial de salida-entrada para que el CI opere, lo que significa que la variación de tensión de entrada debe siempre mantenerse lo suficientemente grande para conservar una caída de tensión a través del CI que permita la operación adecuada del circuito interno. Las especificaciones del dispositivo también incluyen la cantidad del cambio de la tensión de salida  $V_o$  que resulta de los cambios en la corriente de carga y también en los cambios en la tensión de entrada.

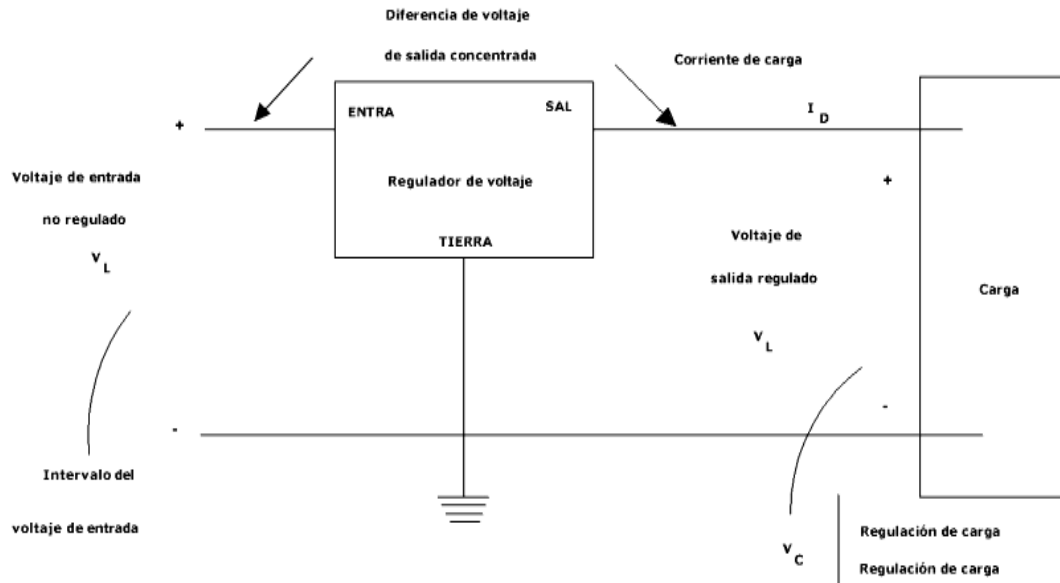


Figura 4.9 Reguladores de tensión con circuito integrado

#### 4.3.4 Reguladores conmutados

Los circuitos reguladores vistos hasta ahora: serie y paralelo; trabajan de la misma manera: El elemento de control (transistor) opera como una resistencia variable que es accionada por la señal de error que surge de comparar la tensión de salida con una referencia, de modo de mantener la salida estable. La tensión de salida es siempre menor que la de entrada y una potencia importante es disipada en el elemento de control. Los reguladores lineales, series y paralelos, sufren cuando deben suministrar grandes corriente de carga; obteniendo eficiencias muy bajas, típicamente del 40%. Existe otra manera de generar una tensión regulada, que es fundamentalmente distinta a la vista, mediante los reguladores conmutados (Switching Regulator o Switched-mode power supplies SMPS). En estos un transistor trabaja como una llave (al corte y saturación) que periódicamente aplica,



a la carga, toda la tensión no regulada a través de un inductor por cortos intervalos de tiempo. Los reguladores conmutados operan a frecuencias iguales o mayores a los 20KHz y básicamente utilizan la energía, en forma de campo magnético, almacenada en el inductor ( $1/2LI^2$ ) durante una porción del ciclo de operación para suministrar potencia a la carga durante el segmento remanente del ciclo. Los reguladores conmutados poseen propiedades que los hacen muy populares. Como el elemento de control está, ya sea al corte o a la saturación, muy poca potencia es disipada en el mismo, aún cuando la diferencia de tensión entre la entrada y la salida sea muy grande. Los reguladores conmutados operan a niveles de eficiencia mucho mayores que los lineales, generalmente en el orden del 80%, reduciendo la energía disipada en el proceso de regulación. Pueden generar tensiones a la salida "mayores" a la de la entrada no-regulada y además de polaridad opuesta. Finalmente pueden operar desde la tensión de línea directamente rectificadas y filtradas sin el transformador reductor; resultando en diseños muy livianos y compactos, como los utilizados en las populares fuentes de las PC's. Los reguladores conmutados poseen sus problemas: Son ruidosos, poseen una importante cantidad de *ripple* a la salida, son de respuesta más lenta ante variaciones rápidas de la carga que los lineales y los circuitos resultantes son complejos. En resumen, se puede decir que han ganado mucha popularidad en computadoras personales, aparatos de televisión, equipos portátiles y de escritorio; con un mercado en permanente expansión. Su uso redundante en fuentes más livianas, menor tamaño, alta eficiencia, alto rango de tensiones de entrada y menor costo en altas potencias. Aquí mostramos una configuración básica del regulador conmutado.



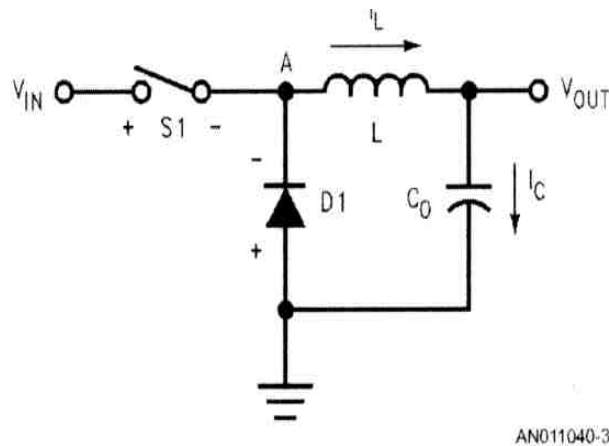


Figura 4.10 Reguladores conmutados.

### 4.3.5 El autotransformador regulable

Un autotransformador se define como un transformador que tiene sólo un arrollamiento. Así un transformador con varios arrollamientos que tenga arrollamientos aislados puede considerarse un autotransformador si todos sus arrollamientos están conectados en serie aditiva para formar un arrollamiento único. El autotransformador también puede hacerse regulable de manera muy parecida a un potenciómetro ya que se convierte en un divisor de tensión regulable.

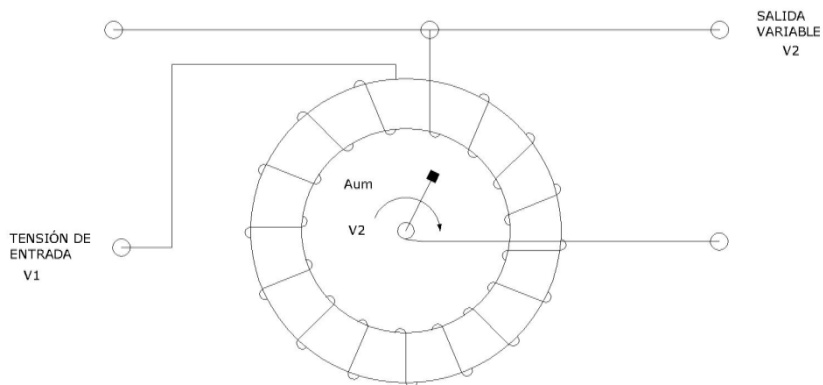
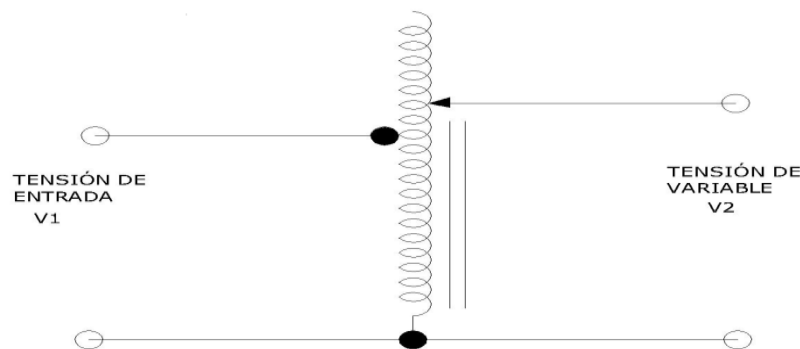


Figura 4.11 Autotransformador regulable

Los autotransformadores regulables constan de un único arrollamiento devanado sobre un núcleo de hierro toroidal como se muestra en la *figura 4.11*. Tales autotransformadores regulables denominados “powerstats o variacs” tienen un contacto deslizante de carbón sobre un eje giratorio que hace contacto con espiras expuestas del arrollamiento del transformador. Aunque la construcción de la *figura 4.12* permite usar ambos reductor y elevador. Hay que observar que en ambos casos sólo se emplea un único arrollamiento. Los autotransformadores regulables son extremadamente útiles en situaciones en las que se requiere de una amplia gama de ajuste de tensiones con poca pérdida de potencia.



**Figura 4.12** Autotransformador reductor y elevador

#### 4.4 TIPOS DE REGULADORES POR FUNCIONAMIENTO

Existen diversos tipos de reguladores en el mercado, los cuales se clasifican de acuerdo al principio o tecnología de regulación que utilizan. Los más importantes son los siguientes y en general contienen las mismas características.

Características de los reguladores:

- Relevador de protección de salida: Desconecta la carga automáticamente para protegerla cuando la alimentación comercial sube o baja a niveles peligrosos.



- Tablero de diagnóstico: Monitorea tanto tensiones de entrada como de salida, contando con tres memorias indicadoras de última falla. Indicadores lumínicos en el tablero frontal que indica el estado de operación en el cual se encuentra al regulador.
- Supresor de picos y ruidos eléctricos. No en todos los casos aplica.

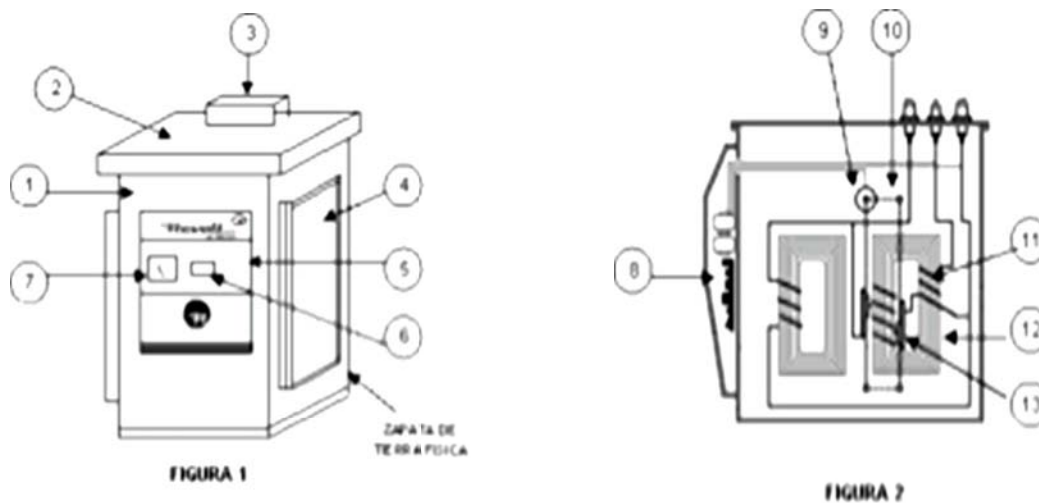
#### 4.4.1 Reguladores electromecánicos

Los reguladores electromecánicos basan su principio de funcionamiento en un auto transformador de columna, sobre la cual se dispone un cursor accionado por un servomotor, que en su recorrido suma o resta espiras. Este movimiento de auto ajuste es controlado por un comando electrónico, que se activa cada vez que la tensión de salida se desvía de su valor de calibración, ajustándose automáticamente y con ello mantiene permanentemente la tensión de salida estable. Las ventajas que ofrece este principio son que cuenta con una alta precisión (1,5%) y eficiencia del 99%, teniendo capacidad de sobrecarga de hasta 500% sin generación de contenido armónico; sin embargo, aunque no genera ruido armónico tampoco lo elimina, es decir si la línea eléctrica comercial viene con armónicos el regulador también sacara a su salida dichos armónicos, otro punto a considerar es que son enfriados por aceite lo cual los hace más pesados y con el riesgo latente de fugas. Su vida útil estimada es mayor a 25 años en funcionamiento continuo a plena carga por su diseño, tecnología y robustez; sin embargo, también está el riesgo latente de que la parte electrónica o servomotor se dañen con el tiempo lo cual se traduce en servicios de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Funciona a base de un autotransformador de espiras con bobinado de cobre. En dicha columna circula un dispositivo de calibración de carbón en vías de bronce, que es accionado por un servomotor que logra sumar o restar espiras, comandado por un sistema electrónico de última generación, que activa el servomotor cada

vez que la tensión de entrada varía de su programación original, ajustando así la tensión de salida al valor exacto para el cual fue diseñado.

Los reguladores de tensión han sido diseñados para funcionar en servicio continuo las 24 hrs. del día, todo el año. Por otro lado soportan ambientes con una temperatura máxima de 40°C y hasta 3200 m. sobre el nivel del mar. No son aptos para trabajar a la intemperie y pueden sufrir daños expuestos a fenómenos meteorológicos o debidos a situaciones anormales.

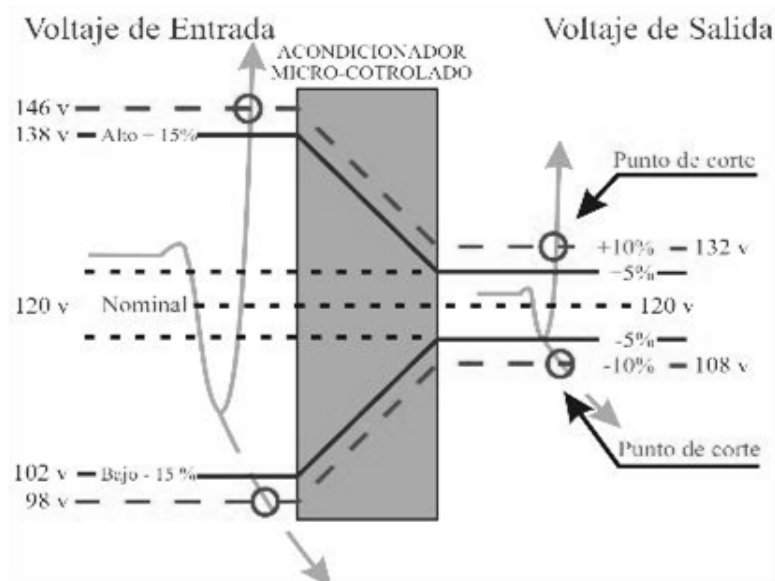


**Figura 4.13** 1.- Contenedor 2.- Tapa 3.- Tapa bornes 4.- Disipador de calor 5.- Tapa de circuito  
6.- Placa led's 7.- Voltímetro 8.- Circuito electrónico 9.- Motor 10.- Transmisión 11.- Bobina  
12.- Núcleo 13.- Carbones

#### 4.4.2 Reguladores electrónicos

Los reguladores electrónicos basan su regulación en un control electrónico, pueden llevar microprocesador para regular o simplemente un circuito de control que detecta las variaciones de la tensión y hace la corrección a través de relevadores para regular la tensión. Su tiempo de respuesta y velocidad de regulación son muy rápidos además de ser económicos en comparación a los otros tipos. Los rangos de tensión de entrada son reducidos y la precisión de la tensión de salida es de +/- 3% a +/- 5%. Su diseño propicia que se desconecten

para autoprotgerse en condiciones extremas de alta y/o baja tensión, son muy eficientes ya que mientras la línea comercial se encuentre normal dejan pasar el tensión hacia la carga, sólo se activa la regulación al momento de presentarse alguna anomalía, en la mayoría de los casos sólo ofrecen regulación en la fase y no en la línea de neutro, se autoprotegen utilizando varistores a la salida para provocar un corto circuito y activar su fusible.



**Figura 4.14** Esquema básico de un regulador electrónico

El regulador electrónico de tensión se diseñó pensando en las características de alimentación de los equipos modernos (equipo de cómputo, centrales telefónicas, copadoras, equipo de audio y video). Requieren de una baja impedancia en la alimentación con el objeto de no generar ruido o distorsión a la salida durante las transiciones de conmutación de la fuente.

El regulador electrónico de tensión consta esencialmente de los siguientes elementos por cada fase.

- Un sensor electrónico de tensión que detecte las variaciones de la línea y automáticamente las corrija conmutando los taps de un autotransformador.



- Un autotransformador con taps o derivaciones que son conmutados por medio de un sensor electrónico para compensar las variaciones de tensión de entrada y de esta forma proporcionar tensión regulado a la salida.
- Un panel indicador del estado del sistema, que incluye un led indicador de tensión de entrada, un led indicador con alarma sonora de tensión fuera de rango y además un led indicador de mantenimiento.
- El regulador cuenta con un supresor de picos a la salida.

#### 4.4.3 Reguladores ferrosonantes

La ferros resonancia es la propiedad del diseño de un transformador en el cual el transformador contiene dos patrones magnéticos separados con acoplamiento limitado entre ellos. La salida contiene un circuito resonante paralelo que toma su potencia del primario para reemplazar la potencia entregada a la carga. Hay que notar que la resonancia en la ferros resonancia es similar a aquella en los circuitos lineales con capacitores o inductores en serie o paralelo, en donde la impedancia tiene un pico a una frecuencia en particular. En un circuito no lineal, como el que se usa en los transformadores ferros resonantes, la resonancia se usa para reducir los cambios en la tensión de alimentación para suministrar una tensión más consistente en la carga.

Un dispositivo magnético es no lineal, su reluctancia cambia abruptamente arriba de una determinada densidad de flujo magnético, en este punto el dispositivo magnético se define que está en saturación, el diseño de esta tecnología permite que un patrón magnético (el patrón resonante) este en saturación, mientras que el otro no lo está. Como resultado un cambio de tensión en el primario no se traducirá en cambios de tensión en el secundario y resulta en una regulación de tensión.

Las ventajas son claras, regulación de entrada extrema, incluso puede operar a tensiones tan bajas como 55 VCA y proporcionar 120 VCA a la salida con



regulación de  $\pm 1\%$  siempre que la carga no rebase el 60% de la capacidad nominal del regulador, trabajando a plena carga admite variaciones de entrada de hasta 85 VCA.

Eliminación de ruido eléctrico, gracias a un devanado de neutralización de armónicos que ninguna otra tecnología incorpora proporcionando una salida prácticamente libre de estos. (Máxima distorsión armónica total de tres por ciento).

Libre de mantenimiento y vida media de 30 años, esto debido a su gran robustez mecánica ya que no contiene elementos móviles en su interior como servomotores, motores, relevadores, circuitos de control etc. Es de estado sólido y es enfriado por aire, no incorpora fusible de protección ya que el equipo es autoprotegido en caso de un corto circuito el equipo se inhibe y vuelve a operar normalmente en forma automática.

Empleado un transformador de alta impedancia mediante el uso de una derivación magnética al cual se le conecta un capacitor en paralelo con la salida provocando la saturación del compartimiento secundario y debido a la ferro – resonancia de la bobina secundaria con el capacitor, se logra mantener prácticamente constante el flujo magnético ya si las variaciones de la tensión de salida son de menor proporción en comparación con las de entrada.

Es de muy alta precisión con amplio rango de entrada e incorpora en su diseño un transformador de ultra aislamiento con pantalla electrostática y protección galvánica. Corrige la forma de onda de entrada ofreciendo máxima protección a cualquier equipo electrónico. Algunas de sus características son:

**Amplio rango de regulación.** Por su tecnología dan un amplio margen de regulación que va de 90 a 300 V. AC a la entrada; manteniendo un tensión de salida con mayor precisión de  $220 \pm 1\%$

**Repentización a la entrada.** En el embobinado del primario del transformador se encuentra aislado del secundario, permitiendo adecuar las fases de salida de cada línea a 0 V AC y 220 V AC respectivamente y obtener una tierra virtual.

**Micro – cortes.** El sobre dimensionamiento de los circuitos oscilantes, permiten almacenar energía alterna que compensa el micro-corte del suministro eléctrico de cinco milisegundos.

**Filtrado de armónicos.** El índice de armónicos queda reducido por la red de filtrado compuesto por el banco de condensadores aplicada a la bobina. De una onda ruidosa de entrada extrae el primer armónico, una onda pura, sin ruido y sinusoidal.

**Protección con sobrecarga.** Debido a la naturaleza ferro-resonante del regulador, la corriente de salida se autolimita protegiendo a la unidad de daños internos y haciendo innecesarias protecciones adicionales, tales como, fusibles e interruptores termo – magnéticos. En caso de cortocircuitos, la corriente de salida se limita al 125 – 200% de su valor nominal.

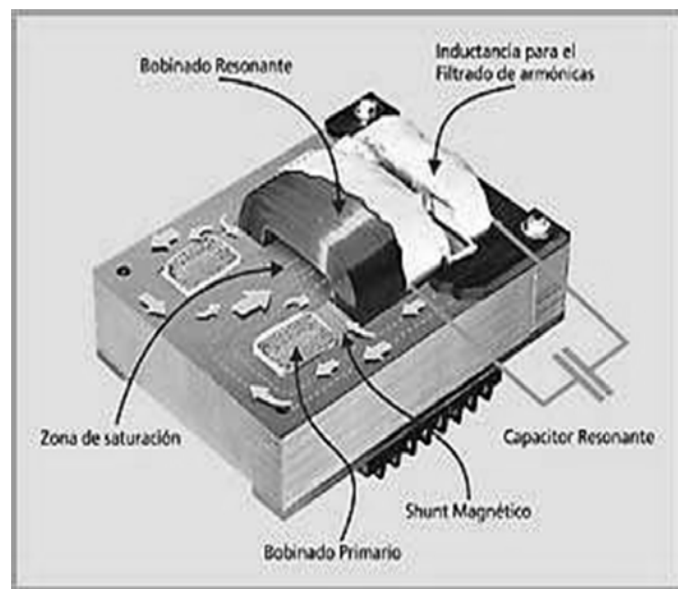


Figura 4.15 Reguladores ferroresonantes





## **4.5 IMPORTANCIA Y NECESIDAD DE MANTENIMIENTO A REGULADORES DE TENSIÓN**

Los transformadores y reguladores de tensión son elementos muy importantes en un sistema de suministro de energía eléctrica. Con los transformadores de potencia se hace posible el enlace de los diferentes niveles de tensión para transportar la energía desde las plantas de generación hasta los consumidores. Una operación inadecuada o el retiro obligado del servicio de un banco de transformación, puede causar serios trastornos a la operación estable del sistema o a la continuidad del servicio. Con los reguladores de tensión se hace posible entregar la energía a los usuarios con la calidad de tensión aceptable; es decir, sin variaciones notables y dentro de los límites establecidos. La seguridad de una buena operación de los transformadores y reguladores de potencia dependen básicamente de un programa de mantenimiento efectivo que permita controlar el estado de cada una de sus partes.

## **4.6 NECESIDAD DE REGULAR LA TENSIÓN**

Cualquier dispositivo eléctrico es diseñado para funcionar con una determinada tensión aplicada llamada nominal, pero pueden soportar una variación con respecto a esta tensión dentro de los límites definidos sin que sus características de funcionamiento varíen apreciablemente ni se pongan en peligro la seguridad del mismo. Por otra parte los sistemas de distribución deben estar diseñados y operados de manera que el valor de la tensión suministrada este dentro de límites aceptables y permisibles. Ya que como lo dice el “Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica” en el artículo 18. El suministrador deberá ofrecer y mantener el servicio en forma de corriente alterna en una, dos o tres fases, a las tensiones altas, media o baja, disponibles en la zona de que se trate observando lo siguiente:



- Que la frecuencia sea de 60 Hz, con una tolerancia de 0.8 por ciento en más o menos
- Que las tolerancias en la tensión de alta, media o baja tensión no excedan de diez por ciento en más o en menos y tiendan a reducirse progresivamente

#### **4.7 RAZONES PARA USAR UN REGULADOR DE TENSIÓN**

Todo aquel equipo electrónico que es parte fundamental de un proceso de investigación, de control de calidad, de producción, de seguridad etc. es considerado por el usuario final como una inversión económicamente importante, no solo por el valor mismo del equipo sino por las pérdidas económicas que presentan el hecho de tenerlo fuera de operación por una causa de una falla en el suministro eléctrico. Recordemos que un daño físico en un equipo implica generalmente un costo de reparación superior al precio de un regulador de tensión.

Algunos de los equipos cuya protección es indispensable por el tipo de servicio que prestan al usuario son los siguientes.

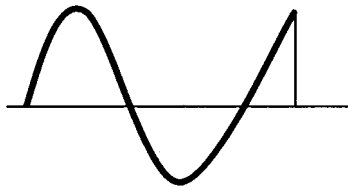
- Equipo de telefonía
- Equipo de audio y video
- Equipo fotográfico
- Equipo de cómputo
- Equipo médico de precisión
- Controladores lógicos

## CAPÍTULO 5

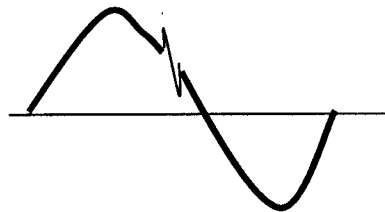
### UNIDADES DE POTENCIA ININTERRUMPIDA “UPS”

#### 5.1 GENERALIDADES

Los UPS son equipos especializados para aquellas instalaciones en donde no se permite tener fallas o variaciones del suministro de energía eléctrica, como es el caso de centros de cómputo, hospitales, aeropuertos, bancos, etc., y por el contrario se debe tener una continuidad en el servicio de un 99.9%. Las *figuras 5.1 a 5.4* muestran algunas irregularidades en el suministro comercial de energía eléctrica.



**Fig. 5.1** Cortes de suministro de energía. Causa: Falla de equipo, descarga, accidentes.  
Efecto: Daño al equipo, pérdida de información



**Fig. 5.2** Transitorio en el suministro de energía. Causa: Switchero, descargas, etc.  
Efecto: Daños al equipo, errores de programación, degradación de información, etc.

Si la energía del suministro público es interrumpida o se sale de los parámetros predeterminados, los UPS suministran la energía a la carga crítica por períodos



específicos, debido a que cuentan con energía de corriente directa de reserva para estas irregularidades del suministro comercial. Las fallas en la alimentación a las cargas críticas pueden provocar severos daños al equipo, así como a los siguientes dispositivos empleados en aplicaciones que no permiten una interrupción en su alimentación (cargas críticas); es decir, son sensibles a las fallas en el suministro de energía:

1. Equipo de procesamiento de datos
  - Sistemas de reservaciones
  - Manejo de dinero
2. Equipo de control de procesos
  - Máquinas y herramientas
  - Control de tráfico
3. Salas de emergencia o cirugía en hospitales
  - Equipo médico
  - Alumbrado
4. Dispositivos de protección y seguridad
  - Alarmas contra incendio
  - Alumbrado de seguridad
5. Computadoras
  - Equipos
  - Programas

El impacto de las fallas en la alimentación a las cargas críticas lo podemos medir de acuerdo a los siguientes factores:

### 1. Tiempo fuera y tiempo de recuperación

- Pérdidas económicas
- Riesgo

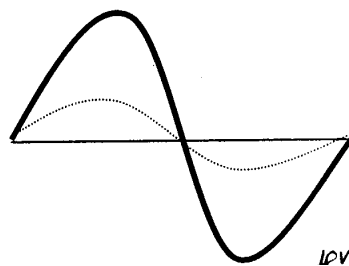
### 2. Pérdida de memoria

- Alteración o pérdida de datos
- Pérdidas económicas
- Riesgo

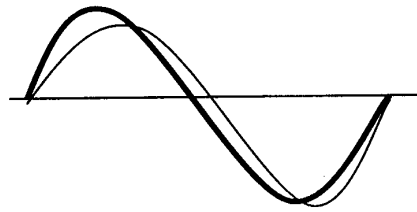
### 3. Daño al equipo

- Componentes internos
- Partes y/o servicios involucrados en el proceso

Los UPS funcionan en forma automática en gran parte, y requieren de menor atención bajo operación normal. Sin embargo, no están exentos de correr cualquier riesgo que pueda dañar su funcionamiento, por lo cual hay que tomar en cuenta cualquier medida sobre los impactos que los afecte durante su operación ya sea en modo normal o en baterías.



**Fig. 5.3** Variaciones de tensión Causa: Reducción o incremento de carga, demanda a horas pico, etc. Efecto: Reducción del margen de operación de equipo, daños, etcétera



**Fig. 5.4** Variaciones de frecuencia Causa: Regulación pobre del sistema eléctrico, switcheo de cargas, etc. Efecto: Daños en discos, en fuentes de alimentación, pérdida de información

El UPS por su construcción requiere de espacio, ventilación y capacidades mínimas según la aplicación, por lo que para su implementación en cualquier proyecto eléctrico debemos analizar lo siguiente:

1. ¿Qué capacidad de carga se manejará?
2. ¿Qué tiempo de respaldo ante corte de energía se requiere?
3. ¿Existe el espacio suficiente para su instalación?
4. ¿Tenemos facilidades de aire acondicionado para optimizar su operación?
5. ¿Se requiere de equipos auxiliares tales como plantas de emergencia?

A continuación se muestran los tipos de fallas que se presentan en el suministro eléctrico comercial y los equipos que la solucionan; en donde se puede apreciar que los UPS nos solucionan todas las fallas que mencionamos y el por qué la necesidad de utilizarlos.

EQUIPO QUE LA SOLUCIONA	TIPO DE FALLAS				
	TRANSITORIO	OSCILACIÓN	BAJA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN	FALLAS ALIMENT.
Motogenerador	NO	NO	SI	SI	SI
Regulado de tensión	NO	NO	SI	SI	NO
Transformador de aislamiento	SI	NO	NO	NO	NO
<b>UPS</b>	SI	SI	SI	SI	SI

Los UPS nos protegen de variaciones de tensión, estabilidad de frecuencia y continuidad en el suministro en forma temporal ante fallas de energía dependiendo de la capacidad de su banco de baterías y la demanda de la carga. Gracias al autodiagnóstico con que cuenta, el UPS tiene la habilidad de transferir la carga a una alimentación de respaldo cuando ocurre alguna falla significativa en algunos de sus componentes sin que se tenga interrupción. La figura 5.5 muestra un equipo trifásico donde se pueden apreciar las diferentes secciones de conexión tanto de salida como de entrada.

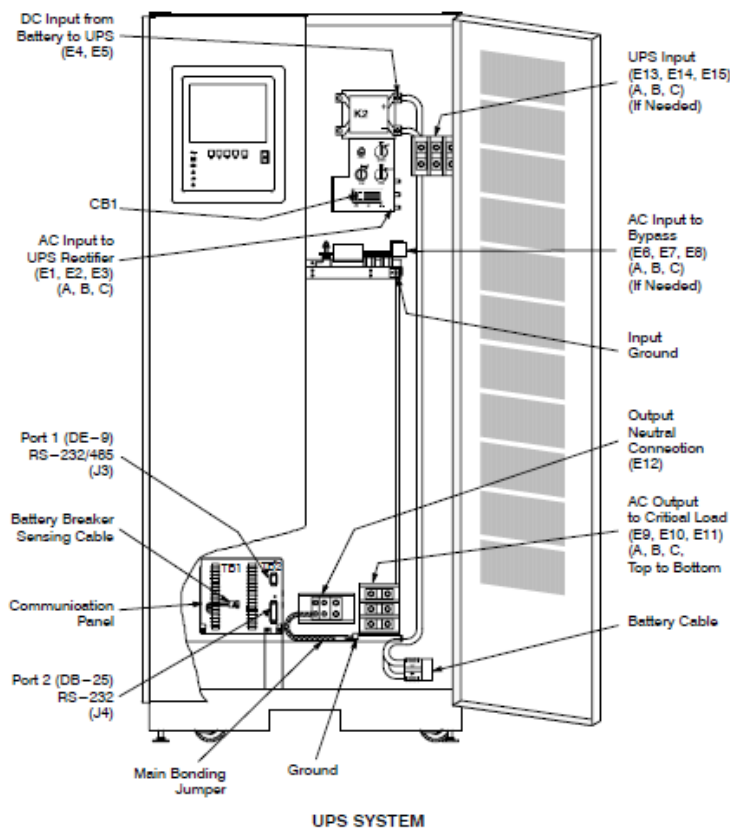


Fig. 5.5 Sistema de Energía Ininterrumpible (UPS)

## 5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema de energía ininterrumpible es un sistema de estado sólido, diseñado para proporcionar alimentación de corriente alterna de alta calidad y en forma continua a cargas críticas. El sistema consiste en las siguientes partes principales:

- Rectificador
- Inversor
- Interruptor estático
- Detector

### Topología General.

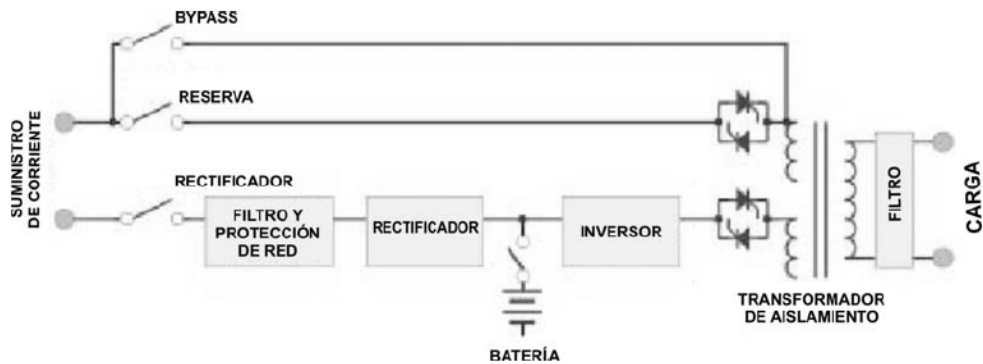


Fig. 5.6 Relación entre las diferentes partes y la fuente de alimentación primaria





### 5.2.1 Rectificador

El rectificador cambia la energía de corriente alterna primaria de entrada a una energía de corriente directa regulada y filtrada, la cual se aplica al inversor y a una batería externa.

El rectificador es la fuente primaria de corriente directa para el inversor. En el caso de que la tensión de entrada de corriente alterna primaria al rectificador se pierda, la batería externa continuará proporcionando corriente directa al inversor por un tiempo limitado, dependiendo del tamaño de la batería.

Cuando se restablece la tensión de entrada primaria, el rectificador reiniciará su operación y nuevamente abastecerá de corriente directa al inversor. Para evitar disturbios a la entrada de las fuentes de corriente alterna y prevenir transitorios peligrosos de potencia dentro del sistema, el rectificador incrementará su corriente de salida lentamente, hasta que opere a plena capacidad. Esta forma de operar se tendrá cuando la energía primaria de entrada se aplique al sistema o bien, cuando el rectificador se recupere después de que ocurrió un paro por sobretemperatura o sobrecorriente.

El rectificador también mantiene a la batería externa cargada adecuadamente. Para lograrlo, el rectificador puede operar en dos modos: "flotación" y "recarga". En el modo de "flotación", la salida del rectificador está regulada para abastecer la tensión óptima al inversor y para proporcionar una pequeña cantidad de corriente de mantenimiento a la batería. Si la batería se descarga, el rectificador deberá colocarse en el modo "recarga" para que incremente su corriente de salida por un tiempo predeterminado y restablezca la carga de las baterías.



### 5.2.2 Inversor

El inversor transforma la salida de corriente directa del rectificador, o de la batería, en corriente alterna.

El rectificador es la fuente de corriente directa primaria para el inversor. En el caso de que el rectificador falle, la batería externa proporcionará la corriente directa necesaria para mantener la operación del inversor por un período limitado, dependiendo del tamaño de las baterías. Si el rectificador queda fuera por mucho tiempo, el inversor automáticamente se apagará cuando la batería externa se descargue a una tensión predeterminada.

La frecuencia de operación del inversor está sincronizada con la alimentación de corriente alterna de reserva durante el tiempo que la frecuencia de esta alimentación de reserva esté dentro de tolerancias predeterminadas. En el caso de que la frecuencia de la reserva se salga de tolerancia, el inversor se sincronizará a un oscilador interno de cristal.

La salida de la corriente alterna del inversor se aplica al interruptor estático en una de sus dos entradas de corriente alterna.

### 5.2.3 Switch estático

El switch estático selecciona una de dos fuentes de tensión de corriente alterna conectadas a él y aplica la fuente seleccionada a la carga externa. Las dos fuentes de corriente alterna conectadas al interruptor estático son: la salida de corriente alterna del inversor y la entrada de corriente alterna externa de reserva. Bajo condiciones normales, el switch estático conectará la salida de alterna del inversor a la carga.

Cuando la salida del inversor no se tiene disponible o se sale de tolerancias especificadas, el switch estático transferirá la carga hacia la línea de reserva sin interrupción. Cuando la salida del inversor retorna a la tolerancia especificada, el interruptor estático retransferirá la carga hacia el inversor.

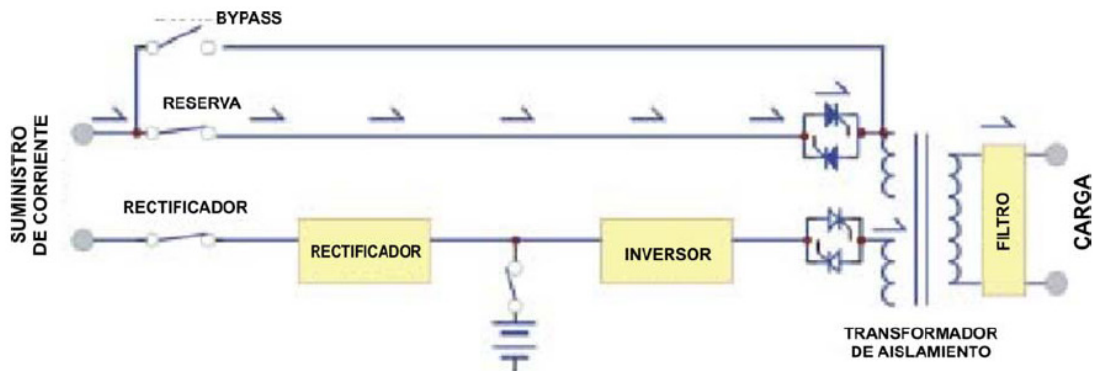


Fig. 5.7 Modo de reserva

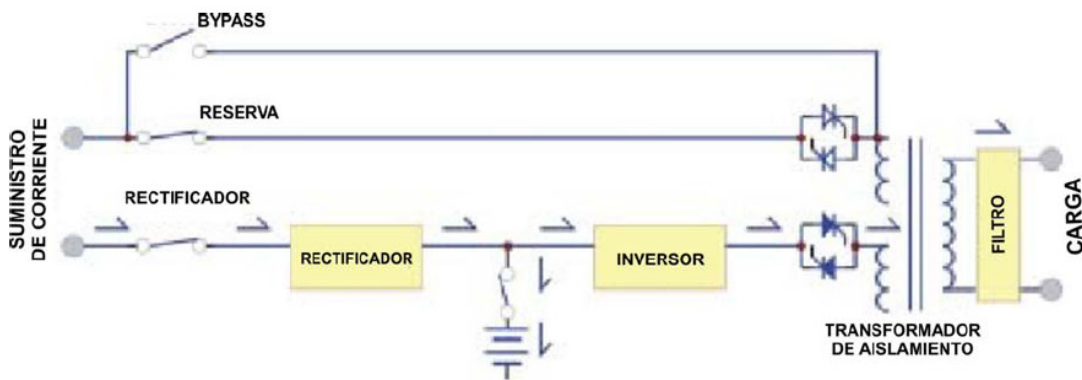


Fig. 5.8 Modo de operación normal

La transferencia automática a la fuente de reserva se inhibe cuando está fuera de especificaciones o si la salida del inversor y la línea de reserva no están en fase, cuando se descarga la batería externa y cuando falla el inversor.



#### 5.2.4 Detector y Sensores

El detector vigila diversas condiciones dentro del sistema de energía ininterrumpible y genera determinadas señales de control, las cuales afectan la operación del sistema. Estas señales de controles son:

1. Paro del rectificador de alta tensión de corriente directa
2. Señales de control de operar en espera inversor
3. Paro del inversor por baja tensión de corriente directa
4. Paro del inversor por sobrecarga
5. Paro del inversor por sobretemperatura
6. Inhibir la transferencia del interruptor estático por frecuencia fuera de tolerancia
7. Inhibir la transferencia del interruptor estático hacia la línea de reserva por tensión alta/baja

Adicionalmente, el detector controla la operación de los indicadores de alarmas, en la sección de instrumentación del gabinete del equipo, y del relevador del resumen de alarmas utilizado para alarmas remotas. Más adelante se explicarán los indicadores y controles más comunes que contiene un sistema de energía ininterrumpible UPS.

Se pueden adquirir UPS con características opcionales para tener una mayor flexibilidad en la supervisión de la operación y su rendimiento tales como:

1. Con un gabinete extra para alojar baterías de reservas para incrementar el tiempo de respaldo.
2. Con instrumentos empotrados que muestran mediciones y videos de alarmas.
3. Con entrada en la parte superior o inferior para cables.



4. Con equipos de comunicaciones para monitoreo remoto.
5. Con unidad para alojar hasta 80 interruptores en posición de automático para el suministro y distribución de la energía.
6. Con interruptores motorizados para operación automática.
7. Botones para energizar y desenergizar en caso de emergencia en forma remota.
8. Monitores remotos para vigilar el estatus del sistema y alarmas.
9. Con interruptores para desconectar y conectar la corriente directa en caso de respaldar la carga, en forma remota mediante las baterías de reserva.
10. Con filtros para la distorsión de armónicos por baja corriente en la entrada del UPS.
11. Con o sin un transformador en la entrada del UPS.

### **5.2.5 Especificaciones técnicas del Sistema de Energía Ininterrumpible**

Las especificaciones que a continuación se describen, fueron tomadas de las tablas del fabricante para un UPS'S de 50 a 100 KVA de capacidad.

1. Tensión de entrada  
Primario 220 VCA  
Línea de reserva 208 VCA ó 220 VCA  
(Se utiliza 208 VCA que proporciona el transformador de reserva)
2. Tensión de salida  
(Fase a neutro/Fase a Fase)  
120/208 VCA ó 127/220 VCA  
(Se utiliza 120/208 VCA)
3. Capacidad de operación continua  
(Carga lineal)



- FP Unitario 60 KW
  - FP 0,8 atrasado 75 KVA
4. Capacidad de sobrecarga en el inversor  
(15 minutos, carga lineal)
- FP unitario 75 KW
  - FP 0,89 atrasado 94 KVA
5. Capacidad de corriente de corto circuito  
(Interruptor estático en línea de reserva)
- 5 ciclos      3 000 Amperes
  - 30 ciclos     2 500 Amperes
6. Tensión de salida del rectificador
- Nominal      260 VCD
  - Flotación    258-270 VCD
  - Igualación   270-282 VCD
7. Corriente de recarga de batería disponible  
(Inversor a plena carga)  
40 Amperes
8. Corriente de descarga de batería
- A 210 VCD, inversor a plena carga 328 Amperes
  - A 198 VCD, inversor a plena carga 348 Amperes
9. Eficiencia de conversión  
(A plena carga, condiciones nominales)
- CD-CA 87%
  - CA-CA 83%



#### 10. Disipación de calor

- Plena carga 41.9 kBTU/hr
- Pero caso (recargando) 47.7 kBTU/hr

#### 11. Ruido acústico

(A 1,5 metros de equipo)

58 dBA

### 5.3 OPERACIÓN

Los sistemas de energía ininterrumpible UPS, tienen principalmente tres modos de operación:

- Modo normal
- Modo baterías
- Modo a línea de derivación

En cada uno de estos modos de operación, se suministra energía en corriente alterna a la carga crítica. En la *figura 5.9* se muestra un diagrama en bloques simplificado de un UPS con una configuración sencilla. La carga es alimentada con energía de corriente alterna regulada, desde el convertidor de corriente directa a corriente alterna (inversor) mediante un transformador interno.

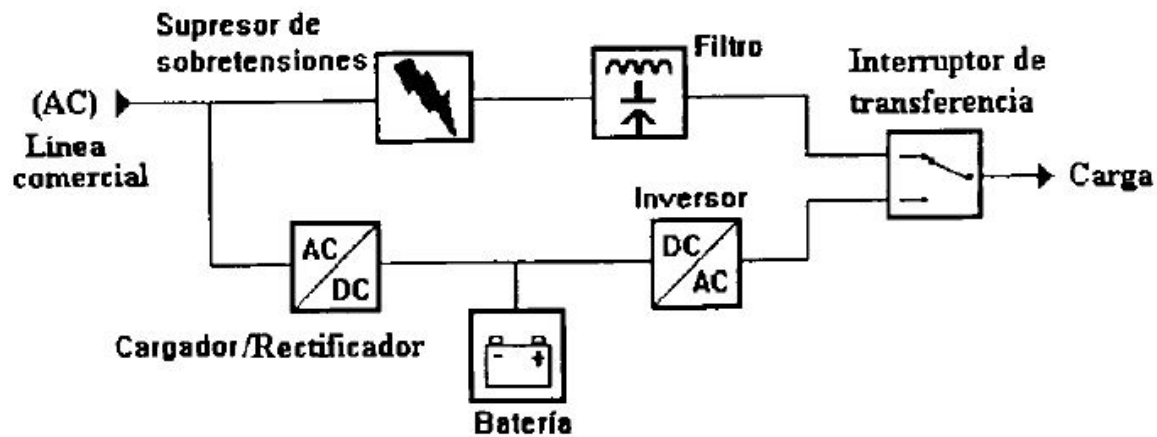


Fig. 5.9 Diagrama de bloques de un UPS

### 5.3.1 Modo normal

En el modo normal de operación la energía es suministrada a la carga crítica por el servicio público, cargando y operando nuestro sistema con parámetros eléctricos específicos en adición con la energía que viene de la fuente de corriente directa (batería externa). Es decir, la energía que proviene del servicio público llega al rectificador el cual proporciona la alimentación de corriente directa al inversor (y una corriente de flotación a la batería externa). Adicionalmente, la salida de corriente alterna del inversor y la fuente de corriente alterna de la línea de reserva se aplica como entradas al interruptor estático. El interruptor estático selecciona la salida de corriente alterna del inversor como la salida del UPS.

La carga de las baterías es monitoreada y reportada por lámparas que actúan como alarmas. Si la energía del servicio público falla o se sale de las especificaciones, el UPS automática e instantáneamente opera con baterías y regresa automáticamente a modo normal cuando la energía del servicio público se restablece dentro de los límites establecidos.





#### **4.3.2 Modo en batería**

En este modo de operación, el UPS opera con la energía suministrada por la batería externa o banco de baterías. Se inicia automáticamente, si la energía del servicio público excede los parámetros específicos o cuando ocurre un corte de energía en el mismo servicio. El sistema está conectado automáticamente a la fuente de energía de corriente directa de respaldo (batería externa). En este modo de operación las baterías abastecen de energía al sistema, convertida en corriente alterna y regulada en el UPS; acompañado por varias indicaciones de alarma, dependiendo de la duración de la causa o falla, también por un estatus de la situación de carga de las baterías.

La operación del sistema en este modo es por períodos, es decir, el tiempo que tarda en regresar la energía del servicio o en tomar la carga, equipos externos emergentes como plantas de emergencia, etc.; y depende de la condición de carga de las baterías y de la cantidad de baterías para disponer de energía en corriente directa (números de batería en el banco) durante cualquier evento de interrupción de energía. Cuando las baterías se descargan el límite de operación del UPS, es bajo y la carga es transferida al modo a línea de derivación (Bypass) si está disponible. Si no está disponible la línea de derivación se tiene un cierre inminente, para lo cual se debe tomar las precauciones necesarias para no perder el sistema disponiendo de un minuto aproximadamente para recuperar el sistema, lo cual va a depender de la capacidad y carga total de las baterías.

Cuando el UPS opera en modo con batería, y al regresar la energía del servicio público, automáticamente retorna a modo normal después de condicionarla a los parámetros establecidos para el sistema, borrando cualquier indicación de alarma. Esto no es instantáneo; sino que se lleva a cabo el cambio a modo normal hasta que el UPS toma gradualmente la carga.



### 5.3.3 Modo a línea de derivación (Bypass)

En el modo de derivación, la fuente se reserva sustituye al interruptor estático y va directamente hacia la carga. No existe entrada de reserva al switch estático y no hay salida del switch estático.

La operación en modo de derivación, ocurre cuando la fuente de desvío suministra a la carga energía por una derivación o interruptor en estado sólido y un transformador interno. El UPS, se puede poner en derivación manualmente por el operador o automáticamente cuando el inversor no logra suministrar energía a la carga o para dar mantenimiento. La transferencia al modo de derivación desde el modo normal ocurre debido a cualquier suceso o varias razones, a más la intervención del operador; cuando esto sucede, el inversor intenta retransferir la carga por arriba de tres minutos y dentro de diez minutos por periodos de tiempo.

El UPS, cuenta con una bocina audible la cual suena cada cuatro segundos cuando se presenta una falla en el sistema y en el equipo. El inversor es el que suministra energía y protege a la carga; el cual al sufrir alguna falla, se abre el contactor de la batería externa al mismo tiempo que no se dispone de la línea de derivación para transferir, entonces suena la bocina indicando que el UPS tiene un bajo rendimiento. Se puede decir que éste es otro modo de operación del UPS, ya que cuando se presenta esta condición se cuenta con cuatro segundos para transferir carga a otro UPS si se tienen equipos de respaldo.



## 5.4 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

Esta sección contiene procedimientos para poner en operación el sistema de energía ininterrumpible UPS. Previamente a la operación del UPS, verificar que haya sido instalado correctamente; asegurándose que tanto la polaridad como la rotación de las fases en las entradas y salidas del UPS hayan sido comprobadas. Consultar con el fabricante o solicitar auxilio para la instalación y arranque inicial del sistema.

En el frente del gabinete, se encuentran diversos procedimientos operativos críticos para el funcionamiento y seguridad del UPS, por lo cual se recomienda sean observadas fielmente todas las leyendas de precauciones y seguridad del equipo.

### 5.4.1 Procedimientos de arranque del sistema

Este procedimiento establece los pasos en el orden que deberán ejecutarse para arrancar el UPS o para poner en operación después de un paro completo del sistema.

Una vez que el sistema del UPS opera en modo normal, la intervención de un operador no es necesaria; sólo para monitorear las condiciones del sistema. Muchos fabricantes recomiendan poner en operación el UPS en forma automática, debido a que se están fabricando UPS con alta tecnología en control y automatización por exigencias de los clientes para respaldar y recuperar la energía rápidamente.

La operación manual es necesaria solamente durante las rutinas de servicios y mantenimiento o si se da de baja la carga, siguiendo las funciones descritas de



cada botón de contactos. A continuación describiremos el procedimiento de operación en forma automática.

El procedimiento a seguir en forma automática es el que a continuación se detalla y se explica.

1. Activar (ON) el interruptor auxiliar del control de entrada de energía al inversor (SI) y accionar el contactor de batería (S2) en forma manual. Antes de cerrar el interruptor de entrada de baterías (S2) es esencial que la salida del rectificador (entrada al inversor) alcance el valor mínimo establecido (aproximadamente el valor de tensión de flotación).
2. Si el interruptor S2 está en el gabinete de baterías cerrado.
3. Cerrar el interruptor de entrada de alimentación primaria al rectificador CB1 en forma manual.
4. Cerrar el interruptor de la línea de derivación CB4 en forma manual.
5. Activar Auto.- se activa introduciendo y girando la llave en el sentido de las manecillas del reloj, manteniéndola en posición y presionando F1.

Cuando se activa AUTO, voluntariamente el UPS opera y transfiere a modo normal como sigue:

1. Con la entrada de la alimentación primaria al rectificador y el interruptor de la línea de derivación cerrado, el UPSI automáticamente energiza el modo en derivación. Después, cerca de un minuto (después de un autochequeo y sincronización), el sistema transfiere a modo normal.



2. Si no se cuenta con la línea de derivación suministrada (interruptor de derivación abierto), ocurre que opere el UPS lentamente. Cuando el módulo del UPS se sale de operación, él mismo cierra el interruptor de salida que va directamente a la carga en un 25% de la tensión.

3. Si cuenta con interruptores motorizados, ellos mismos cierran y abren automáticamente; energizando al sistema momentáneamente mediante la línea de derivación y transfiere a modo normal cerca de un minuto posteriormente. Cerca de los tres interruptores asociados al interruptor estático se encuentran impresas las advertencias contra su uso indiscriminado.

Una vez que el UPS opera normal, él mismo se restaura automáticamente después de cualquier condición de error, procurando no afectar a la carga. Nótese que el sistema está protegido contra un descuido de operación, ya que para accionar cada botón de contacto el interruptor de llave debe estar girado a la posición correspondiente.

#### **5.4.2 Procedimiento a línea de derivación**

La ejecución de este procedimiento da como resultado que la carga sea alimentada por la fuente de corriente alterna de la línea de reserva. En este modo, pueden realizarse el mantenimiento del UPS y las pruebas correspondientes. Ver *figura 5.10*

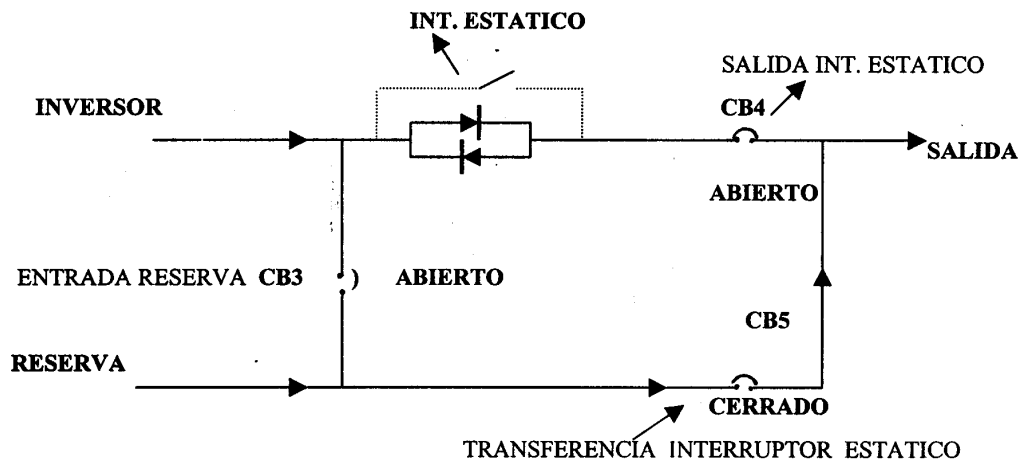


Fig. 5.10

1. Determinar el número de horas requeridas para recargar las baterías consultando el manual del fabricante, y saber qué tipo de mantenimiento o servicio será realizado al UPS y duración del mismo. Activar línea de derivación. Introduciendo y girando la llave en el sentido contrario a las manecillas del reloj manteniéndola en posición y presione Alarma.
2. Cerrar el interruptor que alimenta a la transferencia interruptor estático.
3. Abrir el interruptor de la salida del interruptor estático. Ver *figura 5.11*.
4. Abrir el interruptor de entrada de reserva (ver *figura 5.11*). Entonces la carga está alimentada por la línea de derivación de reserva, mediante la transferencia de interruptor estático.

### 5.4.3 Procedimiento de regreso a modo normal desde modo en derivación

Estas instrucciones deberán seguirse cuando se retorne al modo de operación normal del UPS. En este modo tanto la salida del inversor como la fuente de alimentación de reserva están aplicadas a las entradas del interruptor estático. La

salida del interruptor estático proporciona la energía del inversor a la carga. Ver figura 5.11

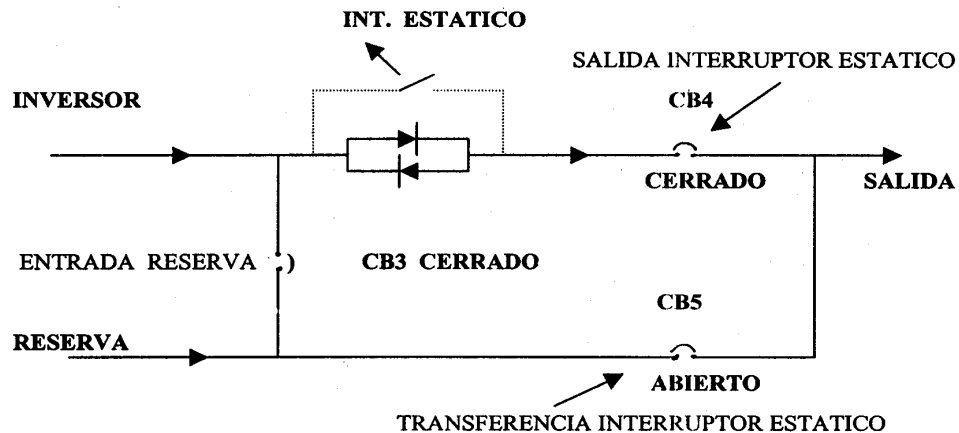


Fig. 5.11

1. Cerrar el interruptor de entrada de reserva
2. Cerrar el interruptor de la salida del interruptor estático
3. Abrir el interruptor de la transferencia interruptor estático
4. Activar Auto. Introduciendo y girando la llave en sentido de las manecillas del reloj manteniéndola en posición y presionar F1

#### 5.4.4 Procedimiento de apagado por mantenimiento o total

Estos procedimientos aparecen impresos en el frente del tablero en la mayoría de los UPS. Las razones por las que hay diferentes procedimientos son las siguientes:

1. El procedimiento de paro por mantenimiento se efectúa cuando se va a ejecutar el mantenimiento del UPS, conservando la alimentación a la carga. Se deberán tomar todas las precauciones durante el mantenimiento ya que se tienen presentes tensiones en los interruptores.



2. Con el procedimiento de apagado total, además de quitar la alimentación al UPS, también se quita la alimentación a la carga. Este procedimiento deberá efectuarse después de apagar la carga o en el caso de una emergencia.

A continuación se explican y se detallan los pasos a seguir para realizar correctamente el procedimiento en forma manual.

1. Activar la línea de derivación. Colocar y girar la llave en sentido contrario a las manecillas del reloj –izquierda A0- y presionar Alarma.

2. Activar el inversor. Colocar y girar la llave en sentido contrario a la posición de las manecillas del reloj –izquierda A0- y presionar Alarma.

Cuando se activa la línea de derivación, el sistema transfiere a modo de derivación con sus respectivos indicadores. Si el indicador es intermitente, la línea de derivación no está disponible y se corre el riesgo de perder la carga debido a que el inversor se apaga y esto ocurre después de diez segundos. Si se cuenta con interruptores motorizados, el interruptor de entrada se abre solo.

Si se desea dar de baja la carga, activar desde la derivación, cuando la alarma de derivación está intermitente, entonces la alarma empieza a sonar y en diez segundos toma la carga desde la línea en derivación.

## **5.5 BANCO DE BATERÍAS**

El banco de baterías es una fuente externa de energía de corriente directa de respaldo para los sistemas de energía ininterrumpible. Los bancos deben ser capaces de proporcionar una fuente confiable de energía de corriente directa,





requerida para los equipos de interrupción, relevadores y para los UPS, inversores que dan soporte al alumbrado de emergencia, sistemas de cómputo y de comunicaciones de la planta. Las baterías que integran al banco, deben suministrar energía de DC directamente a los sistemas de protección de transformadores, interruptores, generadores, líneas de transmisión y otros equipos del sistema eléctrico de potencia. Estas baterías son empleadas también para proporcionar una fuente de energía de emergencia necesaria para el control y paro seguros de sistemas de procesos de la planta. Por lo tanto, es necesario que exista un programa amplio de mantenimiento a fin de proporcionar protección óptima tanto al personal de la planta como a los equipos.

Las baterías comúnmente utilizadas y recomendadas por el fabricante son las baterías plomo-ácido, selladas y libre de mantenimiento. La construcción física de estas baterías, suelen ser de una aleación de plomo y antimonio al igual que los elementos positivo y negativo de una celda que están formados por placas o rejillas. Estas placas están colocadas paralelas la una con la otra, alternando las positivas y las negativas y con un separador aislante microporoso entre ellas. Todas las placas positivas están sujetas y conectadas entre sí por medio de un puente o conector, lo mismo se hace con las negativas. Este conector mediante su Terminal o borne conduce hacia el circuito externo.

En la manufactura de las baterías se proporciona información para el dimensionamiento de la misma. Para todos los cálculos que se realizan en el dimensionamiento de la batería se considera una temperatura de cuarto normal de 77°F (25°C). Cuando las baterías van a ser operadas a altas o bajas temperaturas en forma continua deben calcularse para las temperaturas específicas.

Generalmente esta información puede ser proporcionada en kilowatts por celda y en Ampere por celda. La temperatura tiene una gran influencia sobre la capacidad de la batería, ya que sus celdas son dispositivos electroquímicos de tal forma que



su capacidad para suministrar la corriente disminuye cuando la temperatura es diferente de 25°C.

### **5.5.1 Instalación y puesta en servicio**

El cuarto del banco de baterías deberá estar bien ventilado y de manera que no permita la entrada de agua, aceite, polvo, etcétera. Todas las celdas deberán estar accesibles para la toma de lecturas de densidad y agregado de agua. La temperatura ambiente deberá conservarse de preferencia entre 15 y 30°C. Debe evitarse exponer las celdas al calor de radiadores o bajo los rayos solares. Las celdas deben colocarse en sus estantes con una separación de 12,5 mm como mínimo entre redes de celdas adyacentes, a fin de permitir su libre ventilación. Cada una de las celdas deberán de enumerarse para poder contar con una rápida referencia en su control de mantenimiento.

#### **5.5.1.1 Carga de flotación**

El banco de baterías debe estar trabajando bajo carga, aplicando una tensión superior al de circuito abierto, con el fin de vencer las pérdidas internas. La tensión aplicada depende del tipo de celdas y las condiciones de las mismas. Para celdas nuevas con densidades entre 1200 y 1220, tipo plomo-ácido, con rejilla de aleación de antimonio, se recomienda 2,15 volts por celdas (VPC).

La batería en el voltaje de flotación puede ser ajustada anualmente promediando la temperatura ambiente con atención mientras es posible. A medida que se añejan, las pérdidas internas aumentan por lo cual es necesario aumentar la tensión de flotación, para mantener las celdas en buenas condiciones de carga. El consumo de agua de un banco es uno de los indicios que nos indican si la tensión de flotación está alta o baja, ya que si se tiene un consumo alto en relación con la edad de las celdas y lo que recomienda el fabricante, la tensión está baja. La



tensión de flotación que se indica se entiende que es el medido en las terminales del banco, y no a la salida del cargador. Es muy importante que el voltmetro sea de gran precisión (máximo +/- 2% de error), además de checar su calibración periódicamente.

### **5.5.1.2 Carga de igualación**

Se dice que una celda está completamente cargada cuando al someterla a una tensión mayor que la de flotación durante un tiempo determinado, la celda gasifica libremente y la densidad corregida por temperatura permanece constante en dos lecturas sucesivas. La carga de igualación tiene por objeto el llevar a cada una de las celdas de un banco a su estado completo de carga.

La tensión máxima que debe aplicarse en carga de igualación está limitada por el equipo que alimenta el banco de batería (reveladores, interruptores, bobinas, etc.). Generalmente se recomienda que sea 2,33 volts por celdas, que para 60 celdas en sistemas de 125 volts representa 140 volts en terminales del banco, que es el máximo para la operación de interruptores y equipo asociados de acuerdo con las especificaciones de la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA).

Cuando se ha determinado que el banco de baterías requiere de una carga igualadora, es necesario saber cuánto debe durar ésta y qué vigilancia se debe tener, de tal manera que se aplique la carga necesaria para llevar al banco a su condición de plena carga, evitando también exponerlo a una sobrecarga prolongada.

### **5.5.2 Pruebas en operación**

Se recomienda efectuar las siguientes pruebas a los bancos de baterías durante su operación.



1. Pruebas mensuales.- Medir la tensión, densidad y temperatura por celda. Estas mediciones se realizarán con el banco en tensión de flotación, se recomienda el uso de la forma "inspección mensual de banco de baterías" la cual se vaciará en un reporte anual de densidades y tensión, para analizar sus tendencias.

2. Pruebas trimestrales.- Medir el agua trimestral o semestralmente para alcanzar el nivel superior, midiéndose la cantidad de agua por celdas.

Se dará carga de igualación y se tomarán lecturas de tensión durante la carga, se tomarán densidades 20 minutos después de terminar la carga de igualación a cada una de las celdas corrigiéndolas por temperatura a 25°C y anotándolas en el control mensual y anual.

#### **5.5.2.1 Pruebas de descarga de capacidad**

El criterio individual más importante para el emplazo de una batería es su capacidad. Tanto las normas de fabricación de baterías como las industriales (IEEE 450) recomiendan que una batería sea remplazada sin falla al entregar el 80% de la capacidad nominal. Cuando una batería empieza a deteriorarse, lo hace realmente rápido. Cuando la batería se acerca al final de su vida empieza a perder capacidad rápidamente a medida que las placas comienzan a deteriorarse, o el electrolito se seca lo que ocurre de manera común con las baterías de tipo reguladas por válvulas. Además una batería nueva que es almacenada sin carga por un largo período, puede empezar a desarrollar sulfatación, lo que contribuirá a una pérdida adicional de la capacidad en el inicio de su vida de servicio.

Una batería nueva deberá colocarse en carga tan pronto como sea posible, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, para evitar la posibilidad de sulfatación. Deberá consultarse al fabricante si un banco de baterías nuevo o



celda nueva presentan menos del 90% de su capacidad nominal una vez instalado.

El único método preciso y aceptado para determinar la capacidad de una batería es a través de la descarga de capacidad, midiendo la cantidad de energía removida de una batería completamente cargada durante un período establecido.

### 5.5.2.2 Pruebas de capacidad

Estas pruebas consisten en descargar las celdas del banco de baterías, para verificar realmente su capacidad en Amper-Horas. Se proponen en este procedimiento tres tipos de pruebas.

- Capacidad total
- Capacidad estimada
- Capacidad actual

**Prueba de capacidad total.** Esta prueba se realiza a bancos nuevos y a bancos de baterías de varios años en operación, a los cuales al efectuárseles las pruebas de capacidad estimada y de capacidad actual, se encuentran resultados dudosos. Esta prueba consiste en darle a un banco de baterías una carga de igualación, tomar mediciones y aplicarle una descarga a régimen de tres horas hasta su mínima tensión permitida de 1,75 volts por celda. Calcular su capacidad o llevar al banco a sus condiciones iniciales aplicándole una carga de igualación de 2,33 VPC y dejarlo en flotación y en servicio. La duración de esta prueba dependerá del tiempo en que se alcance el valor de la tensión mínima 1,75 por el número de celdas. Si se tiene como resultado, que la capacidad del banco es más del 80% puede considerarse confiable; si su capacidad es menor debe sustituirse.



**Prueba de capacidad estimada.** La prueba de capacidad estimada se aplica a bancos de baterías con dos o siete años de servicios. La cual consiste en descargar la mitad de la capacidad del banco y comparar los valores de tensión obtenidos en la prueba con los de las curvas de tiempo-tensión para el régimen de descarga a que está sometido. Si se encuentra una desviación en los valores, la situación del banco quedará dudosa y se requerirá darle mantenimiento y hacerle una prueba de capacidad total, si no la haya entonces, el banco se considerará en buen estado. Por medio de resistencias o cargas variables se ajustará la corriente al valor determinado. La prueba durará según el tiempo que se especifique (con régimen de cuatro horas y corriente de 84 amperes) y si las tensiones alcanzan el valor mínimo especificado de 1,75 volts por celda. Si se tiene como resultado que la capacidad estimada es mayor del 90% se considera confiable el banco de baterías; y si es menor del 90% el resultado se considerará dudoso y el banco de baterías deberá ser sometido a la prueba de capacidad total.

**Pruebas de capacidad actual.** Consiste en descargar el banco de baterías hasta su tensión mínima permitida, partiendo de la situación en que se encuentre el banco un día cualquiera, sin haber dado carga de igualación reciente ni haberle dado mantenimiento. Sirve para medir la capacidad real de un banco, así como la calidad del mantenimiento a que está sujeto; se efectuará a los bancos de baterías de los nuevos años en adelante, cada tres años, es decir a los nueve, a los doce, a los quince, etcétera, hasta el término de su vida útil.

Las condiciones iniciales de la prueba serán las que tenga el banco "como se encuentre", es decir, que no se le hará ningún preparativo especial. Se le tomarán las temperaturas de cada sexta celda sacando el promedio. Se tomarán las lecturas de densidad y la tensión de cada celda antes de la prueba, así como la tensión en terminales. La duración de la prueba será hasta que se alcance la tensión mínima permitida, es decir, el producto del número de celdas por 1,75 volts, para baterías de plomo-ácido. Este tiempo debe ser medido con precisión.



El régimen de tiempo de descarga será de tres horas y la corriente aplicada será la apropiada para este régimen.

Si la capacidad del banco de baterías es superior al 80% se puede considerar que es un banco confiable y que tiene un buen mantenimiento, en caso de que la capacidad obtenida sea menor que el 80% se considerará dudoso y debe efectuarse una prueba de capacidad total, para que en esta se determine si el banco realmente ya no tiene la capacidad adecuada y debe ser sustituido, o que a prueba anterior falló por lo que se encontraba semidescargado el banco debido a un mal mantenimiento.

### **5.5.3 Mantenimiento al banco de batería**

El mantenimiento necesario para conservar el banco de baterías de celdas plomo-ácido en óptimas condiciones de funcionamiento será el darles carga de igualación si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

- Las celdas sufren una fuerte descarga por emergencia.
- La densidad de la celda piloto corregida por temperatura está 10 minutos debajo de su valor de referencia.
- Si la tensión de cualquier celda está en 0,04 volts debajo de su valor de referencia en flotación.
- Una vez cada tres meses independientemente de las condiciones anteriores.

Las baterías plomo-ácido, son suministradas junto con el sistema de energía ininterrumpible por el fabricante, quienes recomiendan tratarlas con cuidado especial. Por lo cual recordamos algunas consideraciones importantes para el mantenimiento de las baterías:



- Las baterías plomo-ácido suministradas por el fabricante, están selladas y libre de mantenimiento. No antes de añadir agua como electrolito.
- En las terminales de las baterías siempre se presentan peligrosas tensiones muy elevadas.
- Las baterías que contienen como electrolito ácido sulfúrico, deben de tratarse con cuidado especial; y si por cualquier suceso se presenta un derrame del ácido sulfúrico (probablemente celdas sin sellos), tomar las siguientes precauciones:

**Contacto con la piel.** Lavarse inmediatamente con agua y jabón. Si el contacto provoca quemadura, acudir al médico.

**Salpicadura del ácido en los ojos.** Lavar los ojos por espacio de 20 minutos bajo el agua; y acudir al médico.

El proveedor o fabricante no se hace responsable por negligencias ni por cualquier daño o perjuicios ocasionados por los usuarios y/o instaladores ya que confían en la información contenida y proporcionada en sus manuales. Los usuarios e instaladores se comprometerán en asegurar y garantizar la instalación, apropiadamente y conforme al local y a la seguridad conveniente para el uso planeado.

Dada la gran importancia y seguridad ante fallas del suministro de energía, se deberá extremar la conservación de las baterías a través del mantenimiento preventivo mensual. Los puntos básicos a controlar son los siguientes:

- Densidad de 1210 a 1215
- Temperatura (25°C en flotación y +/- 1° de recarga)
- Nivel de agua (entre máximo y mínimo)
- Limpieza general (libre de polvo)





- Puntos de contactos (reapretar en caso necesario)
- Tensión por celda (2,15 a 2,17 V en flotación, 2,33 V en recarga)
- Ventilación (eficiente y permanente)
- Depósitos (libre de depósitos y jamás deben tocar las paredes de las celdas)

## PRECAUCIONES

- Nunca se debe rellenar las celdas con ácido ( $H_2SO_4$ ).
- El agua que se usa para rellenar deberá ser destilada, bidestilada o tridestilada y jamás se deberá ingerir.
- El Hidrómetro que se utilice deberá ser para uso exclusivo del banco de baterías, de lo contrario, las lecturas pueden ser erróneas.
- La ventilación debe ser constante ya que las celdas al reaccionar liberan hidrógeno y la acumulación de éste puede producir explosiones. NO FUMAR.

## 5.6 MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ININTERRUMPIBLE

Cuando se va a realizar cualquier servicio, mantenimiento periódico o tareas en el gabinete del UPS, checar y monitorear los parámetros del sistema para poder desconectar el equipo, ya que se corre el riesgo de perder la carga y otras consecuencias. Una vez apagado el equipo, tomar todas las precauciones porque aunque esté desenergizado, es capaz de contener energía almacenada que puede provocar daños y lesiones graves.



A continuación se enlistan los procedimientos más importantes para llevar a cabo. Mantener y lograr óptimas ejecuciones del mantenimiento.

- Información de seguridad
- Instrucciones de operación y servicio
- Tareas periódicas y mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

### **5.6.1 Información de seguridad**

Por tratarse de un equipo de estado sólido; donde potencialmente se presentan tensiones letales, tomar en cuenta todas las consideraciones de seguridad que el equipo señala en su gabinete así como de cualquier advertencia para la operación del mismo.

Los UPS deben operarse con la puerta del gabinete cerrada; solamente se debe abrir para retirar el protector del panel y debe de ser realizado por personal de servicio capacitado únicamente.

Cuando sea necesario un servicio al gabinete del UPS y del banco de baterías, preparar el trabajo apropiadamente y al personal requerido autorizado, así como tener cuidado de no hacer ninguna especulación del estado eléctrico del UPS; ya que en el interior de ambos gabinetes y más en el de baterías se presentan tensiones letales, y si se duda de la existencia verificar y estar seguro de que no exista energía con un voltmetro en buen estado. Ya que el sistema de baterías que energiza a la fuente del UPS al ser desenergizado cuando se abre el interruptor del circuito de baterías, no elimina totalmente las tensiones dentro de gabinete. Al suceder esto no tratar de entrar a cualquier área en el interior de cualquier gabinete y menos al de baterías.



Tener en mente siempre, que el sistema está diseñado para suministrar energía aún cuando se desconecta de la fuente de energía del suministro público. En el interior del UPS, es muy peligroso aunque esté desconectada la fuente de energía de corriente directa y los capacitores electrolíticos estén descargados. Por eso, después de desconectar la energía esperar cinco minutos antes de intentar entrar al interior del gabinete.

### **5.6.2 Instrucciones de operación y servicio**

Una de las instrucciones básicas, son las de disponer de un curso en donde se estudien y se aprendan a ejecutar en primer nivel, mantenimientos correctivos; así como el tener conocimientos competentes acerca de la operación de los UPS. Cada estudio debe proporcionar todos los materiales necesarios para lograr el éxito a la terminación del curso.

Estos cursos serán dados al personal que opere y esté autorizado para intervenir en el UPS, al cual se le recomienda para tener más información con respecto a instrucciones y otros servicios suministrados a futuro; contactar a su representante de servicios o al vendedor.

Para lograr tener resultados garantizados durante el servicio y mantenimiento, el curso se debe de realizar con el apoyo de materiales físicos como el propio UPS para realizar breves prácticas de cómo operarse; es decir, con el UPS realizar simulaciones para que el personal concrete y observe la manifestación de cada parte que lo integra.

### **5.6.3 Tareas periódicas y mantenimiento preventivo**

El UPS por ser un equipo de estado sólido en su gran mayoría no requiere de un mantenimiento preventivo mayor; sin embargo, por ser un sistema de respaldo se



debe evitar su contaminación y deterioro. Es decir, requiere de pequeños mantenimientos preventivos a parte de inspecciones periódicas; así como verificar que la unidad esté operando normalmente y que las baterías se encuentren en buenas condiciones, aparte de que están libres de mantenimiento durante todo su periodo de vida, aproximadamente diez años.

Para lograr todo esto, a continuación se recomienda lo siguiente:

### 1. Diariamente

- Verificar que el área donde se encuentra el UPS, esté bajo cuidado y que haya libre acceso a la unidad.
- Checar que la entrada y salida de aire no estén bloqueadas.
- Asegurarse que el UPS esté operando en modo normal (leyenda de unidad normal iluminada). Si se activa alguna otra iluminación o cualquier alarma o si el sistema no está en modo normal, realizar mantenimiento correctivo.
- Asegurarse que la operación al medio ambiente sea la correcta y especificada.
- Realizar registros de tensión de entrada y salida ya sea cada hora o cada dos horas.
- Hacer registros de corriente de entrada y de salida, cada hora o dos horas.
- Efectuar registros de tensión en las baterías cada hora o dos horas.
- Revisar y registrar cada hora la temperatura del local.
- Verificar los interruptores de entrada, salida, de la línea de derivación y baterías.
- Checar durante cualquier evento en la interrupción de la energía que el UPS tome la carga vía banco de baterías y el retorno a condiciones normales de operación.



- Revisar y registrar cada hora el historial de alarmas del UPS, en su monitor local o display.

## 2. Mensualmente

- Realizar rutina diaria.
- Asegurarse que todos los indicadores de alarma y controles operen correctamente.
- Monitorear los parámetros eléctricos del sistema y si es necesario calibrar los parámetros de tensión, corriente y frecuencia.
- Verificar el filtro de aire y reemplazarlo si es necesario.
- Cambio de tarjetas o componentes electrónicos de control en caso de requerirse.
- Limpieza y revisión general interna de la unidad.
- Ajuste de sincronía con la línea de derivación.
- Registrar resultados y cualquier acción correctiva en formatos o bitácoras convenientes.

## 3. Anualmente

Para realizar el mantenimiento preventivo anual, es necesario la eliminación de energía en todo el equipo, y debe ser realizado únicamente por el personal capacitado para realizar el servicio; quienes deben de estar familiarizados con los componentes internos del sistema. Contactar a la oficina de mantenimiento para reportar condiciones y previa autorización del servicio.

- Revisión de las baterías externas, limpieza de terminales, medición de la tensión en vacío por celda, medición de la tensión con carga por celda y reapriete de conexiones.



- Verificar la operación del interruptor estático de transferencia.
- Limpieza y reaprietes de terminales, conectores y zapatas.
- Ajuste general de tarjetas y componentes electrónicos del equipo.
- Limpieza de filtros.

#### **5.6.4 Mantenimiento correctivo**

El encargado de realizar el servicio y mantenimiento correctivo del UPS, debe poseer las instrucciones y la experiencia adecuada para llevarlo a cabo sin ningún problema para la carga y para el equipo.

A continuación se proporcionan los procedimientos a seguir para tratar de recuperar el servicio a través de los errores detectados durante la rutina de monitoreos del sistema para lo cual nos apoyaremos en la figura 5.11

- Si el sistema está en el modo de operación de derivación, entonces active Auto. Si automáticamente no se pone en marcha, lo que sucede es que no existe energía comercial y lo que se recomienda es verificar la presencia de energía y si existe entonces llamar para el servicio.
- Si cualquier alarma se activa, restablecerla en caso de que se pueda desactivar, si no llamar para el servicio.

#### **5.7 Recomendaciones de seguridad para operadores de los ups**

A continuación mencionaremos algunas recomendaciones más importantes que debe de tomar en cuenta cualquier operador del UPS para que opere correctamente.



## OPERACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

- Colocar el UPS en un área específica, mantenerse limpio a su alrededor y libre de excesos de humedad.
- No operarlo cerca de gases o donde se origine calor o arcos eléctricos.
- No se proyectan estos sistemas para ser utilizados al aire libre.
- Mantener el equipo con la puerta cerrada y asegurada, con el aire fluyendo internamente y apropiado; para proteger al personal de peligrosos voltajes internos.

## SERVICIO Y MANTENIMIENTO

- Asegurarse de desenergizar el equipo antes de realizar los servicios de mantenimiento o instalación.
- Poner atención en todos los avisos fijos de peligro, precaución y advertencias localizados dentro y fuera del equipo.
- Se deberá conservar lo más limpio posible los filtros. Se recomienda aspirar o sustituir si es el caso, los filtros cuantas veces sea necesario, dependiendo de la contaminación del lugar de instalación.
- Los blowers o ventiladores de circulación de aire forzado deberán permanecer en constante operación ya que gracias a ellos se mantiene la temperatura normal de operación y se prolonga la vida de sus componentes. En caso contrario se deberá sustituir los ventiladores lo más pronto posible.
- Las luces indicadoras del panel frontal y el panel remoto se deberán verificar con bastante periodicidad y en caso de falla sustituirse ya que son el principal medio de supervisión del estado en que se encuentra el UPS.
- Tener en cuenta todos los trabajos no incluidos como son suministros de componentes electrónicos y eléctricos del equipo.



- Contar con la atención de emergencias las 24 horas de los 365 días del año.
- Durante cualquier evento imprevisto de alto riesgo consultar con el ingeniero de servicio en el campo. Tener directorios y teléfonos del personal de servicio para resolver rápidamente el problema y no poner en riesgo la carga. Resolver el problema ya sea dentro o fuera del horario de trabajo, es decir, en el momento en que se presenta la falla.





## CAPÍTULO 6

### REQUERIMIENTOS PARA LA SELECCIÓN DE UN UPS

Para la determinación y selección de un equipo UPS se requiere calcular la potencia demandada, en este caso se calcula la corriente máxima de la carga para poder determinar la potencia requerida tomando en cuenta que se debe dejar un margen del 30 % por si existe crecimiento a futuro, se debe considerar además, la temperatura ambiente en la cual estará operando el equipo UPS, ya que debido a sus condiciones de operación y altas temperaturas nos pueden provocar, muchos problemas por condiciones extremas que no permitirían el buen funcionamiento de los equipos UPS y por lo tanto constantes fallas en los mismos si no son tomadas en cuenta.

#### 6.1 ANÁLISIS DE LA CARGA

Se necesita saber el consumo de los equipos de cómputo y telecomunicaciones, para poder determinar el equipo UPS a instalar. El total de la carga instalada se realiza por suma de consumos de cada elemento instalado y que se desea proteger, al leer los datos de placa de cada equipo o bien por medición de consumo, opción que es recomendable en grandes redes o sistemas. La suma de Watts de cada elemento de las placas de características (también podemos encontrarnos con indicaciones de VA, o V-A), nos dará un total de la carga instalada para así poder determinar la capacidad del equipo UPS a instalar dejando normalmente un 30% de rango para un crecimiento de carga a futuro. Es necesario recordar que los  $VA=VI$ ;  $W=VI\cos\theta$  (siendo considerado para una carga informática de 0.75 ó 0.8), estos datos de  $W$  o  $VA$  nos ayudan a obtener la potencia de la carga total instalada, así mismo, se debe tener en cuenta el entorno



eléctrico en que se deberá situar y los problemas de la misma índole que afectan al sistema y deben ser resueltos por el UPS.

En resumen dos son los criterios que se deben tener en cuenta al elegir un UPS.

1. Potencia que consume la totalidad del sistema informático
2. Problemas eléctricos, cortes, transitorios, disturbios, etc., que deben resolverse.

La mayoría de los usuarios no están seguros sobre el consumo de potencia de sus equipos. Los fabricantes solo entregan información reducida o incompleta, el resultado es que el usuario frecuentemente adquiere protección de energía que tiene mucha más capacidad de la que necesita.

A continuación se dan algunos ejemplos genéricos de equipos de consumo medio:

<b>EQUIPO</b>	<b>VA</b>
ESTACIÓN DE RED WORKSTATION	120
PC	220
SERVIDOR PENTIUM	250
SERVIDOR GRAN TORRE	300
ESTACIÓN DE TRABAJO RISC	400
SERVIDOR RISC	600
MINICOMPUTADOR	850
MONITOR 14", MONITOR 15"	70
MONITOR 17", MONITOR 20"	180
IMPRESORA DE TINTA	90
IMPRESORA MATRICIAL 80 COLUMNAS	90
IMPRESORA MATRICIAL 136 COLUMNAS	140
IMPRESORA LÁSER A3	400
IMPRESORA LÁSER DE RED	850
PLOTTER A3	80



ROUTER	150
HUB, SWITCH, BRIDGE O FAX	120
SCANNER	160
2 PENTIUM + IMPRESORA ( NO LÁSER )	700
3 PENTIUM + IMPRESORA ( NO LÁSER )	1000
5 PENTIUM + IMPRESORA ( NO LÁSER )	1500
7 PC O SIMILARES	1500
7 PENTIUM + IMPRESORA ( NO LÁSER )	2000
9 PC O SIMILARES	2000
10 PENTIUM + 2 IMPRESORAS ( NO LÁSER )	3000
13 PC O SIMILARES + IMPRESORA ( NO LÁSER )	3000
14 PENTIUM + IMPRESORA ( NO LÁSER )	4000
17 PC 486 O SIMILARES + IMPRESORA ( NO LÁSER )	4000
17 PENTIUM + 2 IMPRESORAS ( NO LÁSER )	5000
20 PC 486 O SIMILARES + IMPRESORA ( NO LÁSER )	5000

**Nota:** las computadoras pentium y PC descritas en la tabla anterior constan de monitor de 14" y las impresoras matriciales de 80 ó 136 columnas o inyección de tinta.

Estos datos nos dan ejemplo de cómo calcular la carga instalada a proteger, sólo sumamos todos los consumos en VA, teniendo cuidado de multiplicarlos antes por la cantidad de equipos requeridos para la protección, con ello sabremos el consumo en VA aproximados del UPS que necesitaremos para proteger nuestros equipos.

Mucha gente se confunde al distinguir entre los Watts y los VA o V-A (Volts-Amperes), para determinar la carga del UPS. Así mismo muchos fabricantes de UPS aumentan esta confusión al no diferenciar estas medidas, y en algunos casos hasta el punto de igualar erróneamente Watts y VA.



Esto es importante ya que los sistemas de gran capacidad siempre están dimensionados en VA. Los Watts deben ser siempre menores o iguales que los VA las medidas de potencia se relacionan así:

$$\text{Watts} = \text{VA} \cdot f.p. = \text{Volts} \cdot \text{Amperes} \cdot \text{factor de potencia}$$

sabiendo que:

$$\text{Volts} = 127 \text{ ó } 220 \text{ V nominales}$$

*Amperes* = corriente medida en la carga

$$\text{factor de potencia} = 0 < f.p. \leq 1$$

El factor de potencia es un número entre cero y uno que representa la fracción de la corriente de salida que entrega energía útil (Watts) a la carga. Tan sólo en un calentador eléctrico o en una lámpara incandescente el factor de potencia es igual a uno; para cualquier otro tipo de equipo algo de la corriente pasa por la carga sin entregar potencia (Watts). Esta corriente, compuesta por corrientes reactivas o de distorsión, se debe a la naturaleza misma de las cargas electrónicas. Y esta corriente hace que la medida en V-A sea mayor que la potencia en Watts.

A continuación se explican todos los puntos teóricos mencionados anteriormente para la solución de energía ininterrumpible del edificio Valdés Vallejo de la Facultad de Ingeniería de la UNAM a través de un UPS. Calcularemos pues la capacidad necesaria y suficiente en unidades de kVA para poder determinar el tamaño del UPS tomando como referencia las lecturas proporcionadas por el estudio de la calidad de la energía efectuado en el edificio.

Para poder realizar la instalación del sistema de energía regulada e ininterrumpida se debe de considerar la situación actual de la acometida eléctrica.



Llevando a cabo la inspección física se observa que existe un alimentador principal desde el sótano hasta el tercer piso anexo un interruptor de 3x3200 A.

Así mismo se realizan lecturas de carga y voltaje quedando:

LECTURAS DE VOLTAJE EN INTERRUPTOR GENERAL:

FASE 1- 2.....217 Volts

FASE 2 -3.....218 Volts

FASE 3 -4.....216 Volts

LECTURAS DE CORRIENTE EN EL INTERRUPTOR GENERAL:

FASE 1.....195.1 A

FASE 2.....187.9 A

FASE 3.....178.8 A

Por lo que la corriente promedio es de 187.26 A

La potencia que se consume, conociendo el voltaje y la corriente es:

$$kW = \frac{I * E * f.p.* 1.73}{1000} = \frac{(187.26A)(220V)(0.8)(1.73)}{1000} = 57.01kW$$

conociendo los kW se tiene que:

$$kVA = \frac{57.01}{0.8} = 71.27kVA$$

Considerando la capacidad del equipo UPS a elegir, y tomando en cuenta un crecimiento del 30% de carga a futuro se tiene que:

$$57.01kW + 30\% = 57.01kW + 17.10 = 74.11kW$$



$$71.27kVA + 30\% = 71.27kVA + 21.38kVA = 92.66kVA \approx \mathbf{100kVA}$$

De acuerdo a los datos obtenidos y revisando manuales de fabricante la recomendación como ejemplo sería la siguiente:

### Características del equipo UPS

#### Datos técnicos

Marca:	APC / MGE GALAXY PW (EJEMPLO)
kVA Totales:	100kVA + 10% de baterías
kilowatts totales:	90KW + 10% de baterías
Tensión del Sistema:	220,208/120 VCA
Factor de Potencia:	0.9
Corriente de entrada:	344A totales entre 3 fases
Corriente de salida:	278A totales entre 3 fases
Peso del equipo:	1,386.46 kg
Disipación de calor:	40185 BTU/HR

#### Dimensiones del UPS:

Alto:	1.90 m
Ancho:	1.20 m
Profundidad:	0.83 m

Un banco de baterías selladas, libres de mantenimiento para el UPS de 100 kVA.  
Características eléctricas del UPS.

#### Dimensiones del banco de baterías:

Alto:	1.90 m
Ancho:	1.20 m



Profundidad: 0.83 m

Dimensiones de la instalación eléctrica:

Longitud: 30 m

Caída de Tensión permitida: 3%

Fases: 3

Hilos: 5

Costo aproximado del UPS calculado a abril 2011 **\$ 65,000 USD**

Entrada..... 208/480  $\pm$  15 %

Fases..... 3 Fases + Tierra física

Frecuencia..... 60 Hz  $\pm$  5%

Salida..... 208Y/120, 480/277 VAC

Fases..... 3 fases, 1 neutro, 1 tierra física

Frecuencia..... 60 Hz,  $\pm$  rango seleccionable

Contando con los datos técnicos procedemos a realizar el cálculo del alimentador, protección y canalización del equipo UPS de 100 kVA que se ubicara en la planta baja del edificio.

Datos Técnicos:

Tipo de servicio: Energía regulada ininterrumpible

Kilowatts totales: 100 kVA + 25 % de baterías = 125 kVA

Tensión del sistema: 208/127 VCA

Factor de potencia: 0.9



Longitud total incluidas las baterías y transformadores: 5.10 m

Caída de tensión:  $e1\%$

Fases: 3

Hilos: 5

1. Cálculo del alimentador para el UPS partiendo de un tablero general de emergencia.

a) Por capacidad de corriente

$$I_{pc} = \frac{125kVA}{(0.8)(1.73)(208)} = 346.97A$$

Calculo de la protección

$$I = 1.25I_{pc} = 1.25(346.97A) = 433.71A$$

Por lo tanto se recomienda un interruptor termomagnético de 3 polos de 500 A

Por corriente se tiene que de acuerdo a la Tabla 310.16, NOM-001-SEMP-1994 el calibre del conductor es de 500 KCM y conduce 620 A a 75 °C, se considera un factor de corrección de corriente de 0.86.

b) Por caída de tensión

Para el alimentador principal del UPS Galaxy PW de 100kVA considerando cable calibre 500 KCM

$$e1\% = \frac{2(1.732)LI}{Es\%} = \frac{2(1.732)(30)(433.71)}{220(253)} = 0.81\%$$





## 6.2 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS GENERALES PARA LA INSTALACIÓN DEL UPS

Tomando en cuenta que se tendrá un UPS de 100 kVA en la planta baja, por la distancia se requiere una línea de alimentación independiente, conectada desde la subestación pasando a través del servicio de emergencia con las siguientes características:

- a) Alimentación eléctrica desde subestación eléctrica con respaldo de planta de emergencia.
- b) Alimentación eléctrica de 220 V, tres fases, neutro y tierra física.
- c) Interruptor termomagnético de 3 x 500 A, dependiendo del tablero donde se instale éste.
- d) Instalación de cuatro cables conductores calibre 500 MCM (tres fases, uno para neutro) y un cable calibre 2/0 AWG para tierra física de acuerdo a los cálculos previamente realizados.
- e) Canalización de alimentación para el UPS PW DE 100kVA, esta será del área del tablero general de emergencia hacia el UPS, la canalización será por charola tipo escalerilla de 12" siguiendo la trayectoria mas recta posible la cual se debe definir con el personal de mantenimiento y supervisión.

### 6.2.1 Requerimientos de Área:

La ubicación de este equipo será en la planta baja a un lado de la subestación eléctrica, se tendrá que designar un área exclusivamente para el UPS donde:

- Se deberá contar con un sistema de ventilación y refrigeración capaz de absorber el calor disipado por dicho equipo que es de 3.3 TR/HR (40185 BTU/HR).



- Será necesaria un área cerrada de 3 x 6 m, La cual puede ser levantada con tabla roca, altura desde el piso hasta el techo.
- Colocación de una puerta de dimensiones 1.00 m de ancho por 2.00 m de altura.
- Colocación de una rejilla de 50 x 30 cm colocada en la puerta.
- Instalación de un extractor de aire de ½ hp para trabajo continuo.
- Instalación de dos lámparas de 2 x 40 W, distribuidas dentro del área del UPS.
- Se pintara el área delimitando el equipo con tres franjas de 10 cm, junto al UPS color rojo, seguida de una franja color amarillo y posteriormente una de color verde para utilización del personal autorizado.

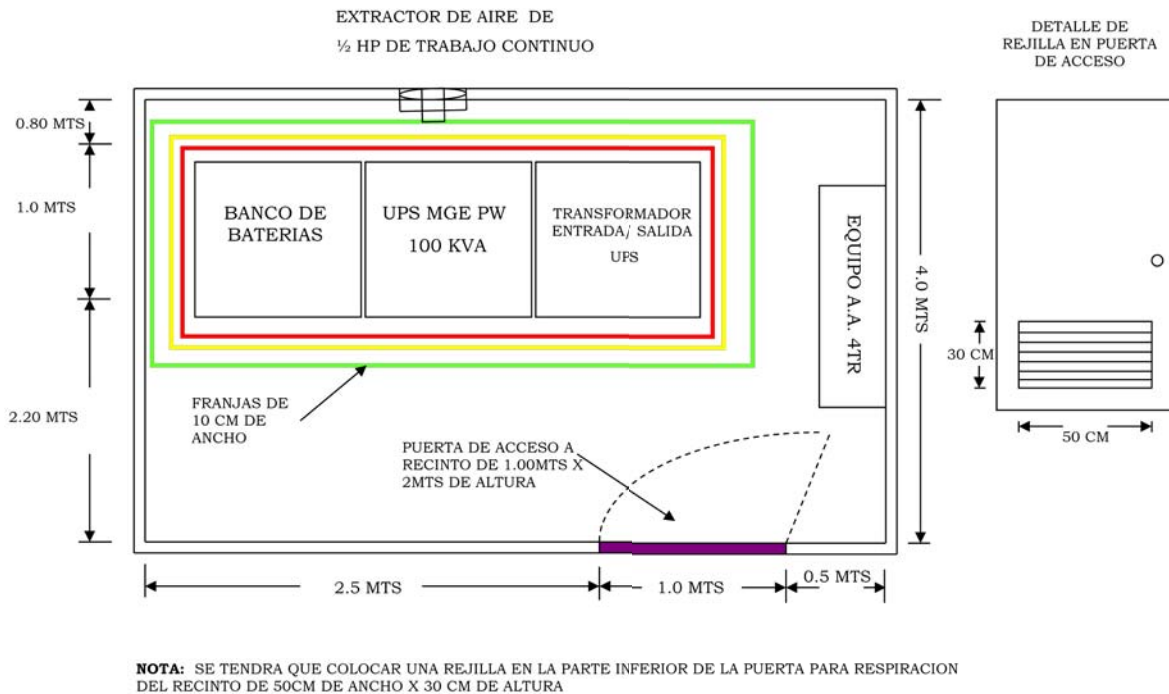


Fig. 6.1 Requerimientos de área para la instalación del UPS

### 6.2.2 Cambios por hacer en la instalación actual

La salida del UPS Galaxy PW de 100kVA se tendrá que enviar a un tablero general regulado, tipo I-Line del cual se tendrán interruptores termomagnéticos de 3 x 125 A, uno por piso, así como cambiar el interruptor termomagnético principal por cada piso a 3 x 125 A en gabinete para sobreponer, ya que con la instalación del nuevo UPS la alimentación en cada piso será del tablero general regulado (UPS) con su respectivo interruptor.

### 6.2.3 Canalización

Del tablero general regulado se deberá instalar la canalización, charola tipo escalerilla, de aluminio de 9" de ancho que será la responsable de soportar a los alimentadores hacia los tableros eléctricos de distribución para cada piso,



siguiendo la trayectoria más vertical y recta posible, la instalación se debe definir con el personal de supervisión y mantenimiento de las instalaciones.

#### **6.2.4 Conexión principal del tablero general regulado hacia los tableros de distribución ubicados en la vertical de cada piso.**

De la salida de cada interruptor principal de cada piso de 3 x 125 A, se conectarán cuatro cables del calibre 1/0 AWG para las fases y neutro y un cable calibre dos AWG (3f+1N+1tf).

#### **6.2.5 Distribución del UPS**

De la salida del UPS se conectarán los tableros derivados que alimentarán a la carga crítica actualmente instalada con energía regulada e ininterrumpida.

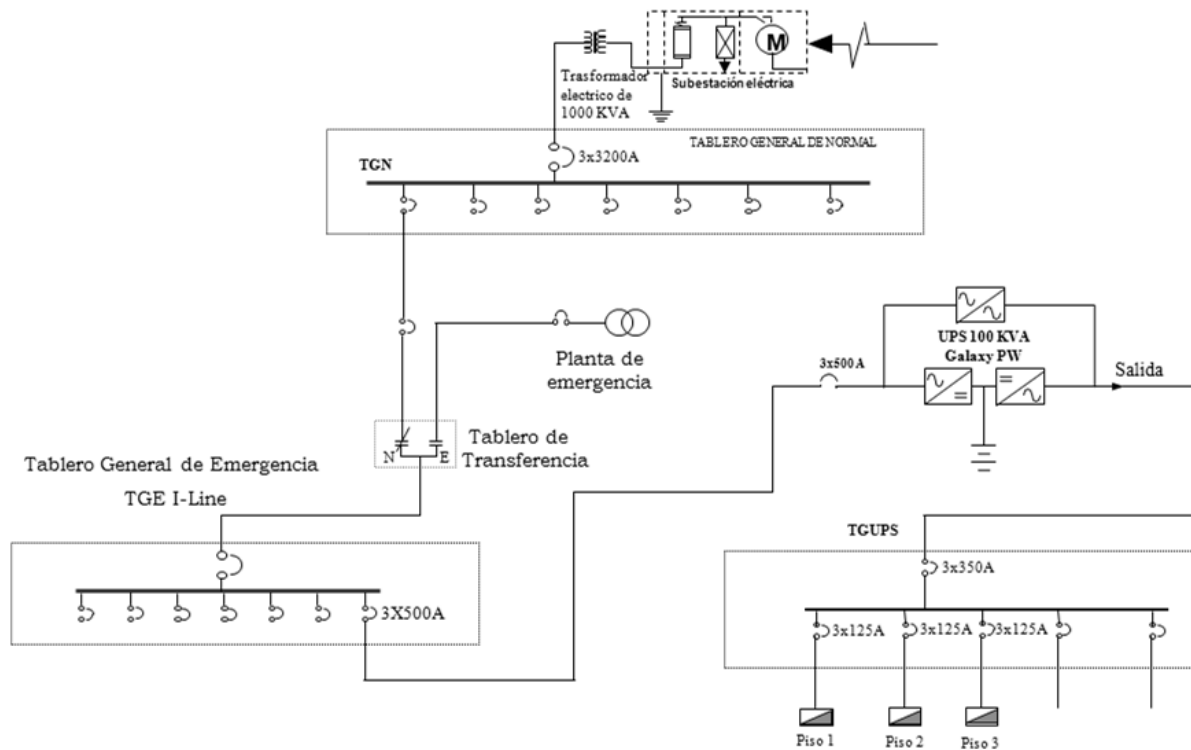
No se permitirán empalmes, mala identificación de circuitos y el código de colores a utilizar en esta instalación:

Fases -----Rojo

Neutro -----Blanco

Tierra física-----Verde

Antes de conectar a este tablero la salida del UPS es necesario desconectar la alimentación actual al tablero. Se anexa diagrama unifilar de instalación para el UPS.



**Fig. 6.2** Diagrama unifilar para instalación de UPS y planta de emergencia en el edificio Valdés Vallejo

La operación de este equipo será solamente por personal autorizado, es muy conveniente y recomendable tener por lo menos la operación básica del equipo, así como conocer el arranque del equipo (debe ser siempre en vacío; es decir sin carga conectada) su apagado y su transferencia para mantenimiento.



### 6.3 ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS E INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para realizar la instalación eléctrica se requiere seleccionar, aquella que represente la menor distancia y facilidades de acceso para realizar las maniobras propias de la instalación así como su mantenimiento ya sea de tipo preventivo o correctivo.

Teniendo en cuenta la edificación y las condiciones del lugar, la trayectoria debe ser lo más recta posible, para que la cantidad de cable sea mínima. Cuando sea necesario seguir una trayectoria curva, se debe cuidar que el radio de curvatura sea lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

Asimismo, si la trayectoria sigue una ruta paralela a otras canalizaciones, no debe localizarse directamente arriba o abajo de dicha canalización o estructura. Es requisito por normas, realizar la instalación eléctrica con el calibre adecuado para los conductores evitando así, tener caídas de voltaje, saturación en los cables por exceso de corriente así como no realizar empalmes en el cableado de las líneas. deben estar contenidas en una canalización adecuada, ya sea por tubería o por charola de aluminio de acuerdo al diámetro de los conductores requeridos, así como también los cables instalados deben quedar perfectamente identificados por medio de etiquetas o algún otro medio, a fin de facilitar la identificación de los diferentes cables y circuitos.

Para el proyecto, cálculo y ejecución de una instalación eléctrica, independientemente del tipo de acabado de la misma debe tenerse presente, la necesidad de hacer un recorrido de la trayectoria de la instalación, para ver el grado de dificultad, y además verificar que esté en condiciones para instalar los cables, una vez revisado todo esto, se procede a seleccionar la longitud del cable a utilizar para determinar en qué lugar quedará instalado cada uno de ellos, esto



depende de los obstáculos que se tengan en el trazo de la trayectoria para evitar al máximo los empalmes que mucho perjudican en una instalación.

#### **6.4 TUBERÍAS**

No ahogar tuberías en pisos de baños y cocinas y en general en lugares con humedad permanente, ni colocarlos cerca de fuentes de calor, a no ser que se trate de una construcción especial y se tenga el material y equipo ideal para tal fin.

Procurar no excederse en el uso de curvas, las que no puedan evitarse, deben ser hechas con el radio de curvatura correcto para no deformar los tubos, disminuyéndoles con ello su área interior.

En los extremos de los tubos cortados, es necesario quitarles con sumo cuidado la rebaba, para que al introducir los conductores eléctricos no se les dañe el aislamiento, también cuando la longitud de las tuberías sea considerable, deben localizarse registros a corta distancia, para no someter a los conductores eléctricos a grandes esfuerzos de tensión mecánica, al introducirlos y desplazarlos dentro de ellas.

#### **6.5 CABLES EN CHAROLAS**

Se considera como charola una estructura rígida y continua, especialmente construida para soportar cables eléctricos, las cuales pueden ser de metal (acero galvanizado y aluminio) o de otros materiales no combustibles.

El uso de charolas en instalaciones de cables aislados en la industria es cada vez mayor debido a la facilidad de montaje de herrajes, instalación, reposición, reparación o aumento de cables, localización de fallas, ahorro en la mano de obra



y mayor amperaje; además, permite mayor flexibilidad ya que en cualquier momento se pueden hacer modificaciones, sin que para esto sea necesario hacer consideraciones importantes en el diseño de la instalación y por lo tanto sea fácil modificar y ampliar sobre la instalación ya colocada.

El tomar en cuenta todos estos puntos nos lleva a la conclusión de que la instalación eléctrica esta en las condiciones optimas de utilización.

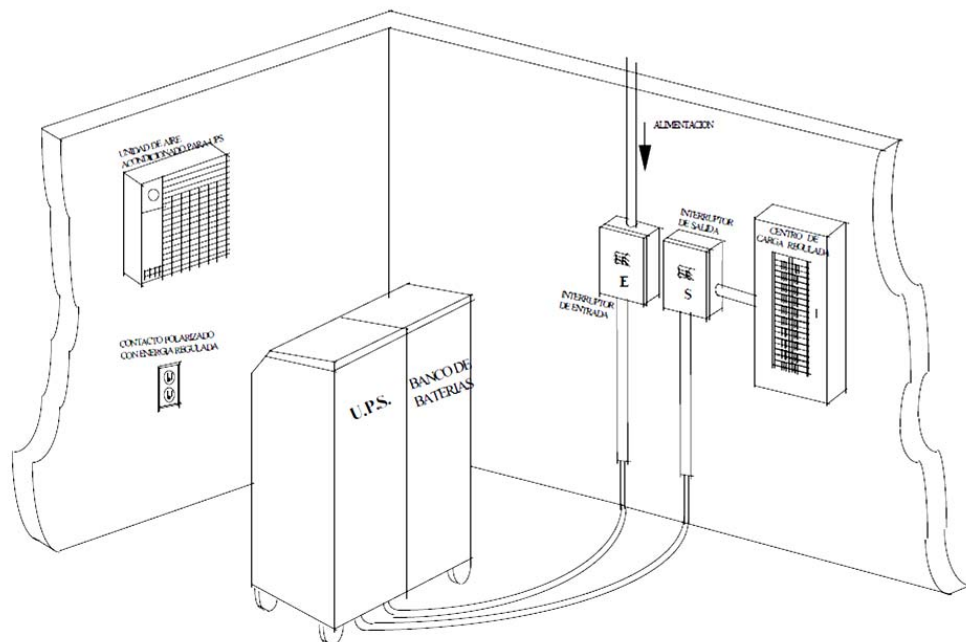
## **6.6 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL ÁREA ADECUADA PARA LA INSTALACIÓN DEL UPS**

Una vez que ha sido calculada la carga a proteger y se ha seleccionado el equipo UPS a instalar, se deben tener en cuenta el peso, las dimensiones y características técnicas del equipo, para poder determinar el área en donde estará alojado ya que debe ser un área lo suficientemente grande para poder operar el equipo, así como para poder realizar el mantenimiento ya sea de tipo preventivo y/o correctivo, el enfoque que se debe tomar en cuenta es que necesita cableado especial para la salida del UPS (incluyendo el crecimiento de carga esperado) también necesita cablearse con potencia adecuada desde la alimentación principal, con el fin de permitir un bypass, manual de emergencia, asimismo considerar el balanceo de cargas contenido en los tableros regulados de distribución. La carga de aire acondicionado del área del UPS debe considerarse en el diseño ya que están zonas se encuentran cerradas por razones de seguridad, el equipo UPS genera y disipa calor, para manejar el problema de sobrecalentamiento es posible disponer de un sistema de control de clima, unidades de aire acondicionado de precisión.

Los elementos eléctricos que forman el sistema eléctrico de voltaje regulado, deberán poder agruparse de la siguiente manera:



- Interruptor de protección a UPS
- Canalización y conducción de entrada a UPS
- Tablero de distribución de carga regulada
- Canalización del tablero normal al regulado
- Distribución de circuitos regulados
- Canalizaciones eléctricas
- Interruptores de distribución
- Conducción eléctrica
- Sistema de tierra física
- Aire acondicionado para UPS



**Fig. 6.3** La figura muestra una propuesta de instalación de equipos UPS



## **6.7 INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA PARA ENERGÍA REGULADA E ININTERRUMPIDA**

Para la instalación de una planta de emergencia se requiere considerar los siguientes puntos con el propósito de obtener una buena instalación del equipo.

1. Sistema de escape
2. Aislamiento
3. Silenciador
4. Tubos flexibles o fuelles
5. Material
6. Descarga de aire caliente
7. Admisión de aire frío
8. Otros sistemas de enfriamiento
9. Máquinas enfriadas por aire
10. Sistema de combustible
11. Cuarto de máquinas
12. Cimentación
13. Conexiones eléctricas
14. Cables de fuerza
15. Conexión de tierra
16. Revisión final

## **6.8 SISTEMA DE ESCAPE**

El sistema de escape deberá ser diseñado para transportar y desalojar los gases producto de la combustión, como resultado del trabajo del motor diesel y se deberán considerar los siguientes puntos:



- El diámetro del tubo que se emplee en la instalación tiene que ser el adecuado con respecto a la capacidad de la máquina y el diámetro de salida de los gases de escape de la misma.
- La instalación debe proyectarse para que tenga el menor número de curvas.
- No se debe proyectar teniendo una longitud excesiva a menos que sea necesario.
- Los codos y las curvas deberán ser del tipo de radio largo.
- Se deberá incrementar el diámetro de la tubería en una pulgada cada siete metros de longitud para evitar la restricción y contrapresión en la salida de los gases de escape.
- Nunca descargue los gases de escape de un motor diesel en chimeneas de calderas ya que se puede provocar una explosión con los gases que no han sido quemados en su totalidad.
- Nunca conecte los sistemas de escape de máquinas separadas a un colector común, ya que esto puede resultar peligroso y causar daño a los equipos. Recordar que por cada galón de combustible diesel que se quema en el motor, se genera un galón de agua en forma de vapor, como producto de la combustión.
- Cuando los tubos de escape pasen a través de paredes se deberá tener cuidado de que los tubos no descansen o no queden empotrados directamente a la pared para evitar vibraciones y daños materiales de la pared.
- Nunca se debe descansar el tubo del escape, el tubo flexible o el silenciador directamente sobre el múltiple de escape o el turbocargador ya que esto puede provocar daños a la máquina.
- Se deberá proveer de soportes adecuada al peso de la instalación y del silenciador.



- Cuando se tienen diámetros en la instalación menores al diámetro de la salida de los gases de escape en el motor, se generará una restricción a la salida la cual puede provocar sobrecalentamiento y pérdida de potencia ya que el motor diesel tendrá que desarrollar mayor esfuerzo para desalojar los gases del escape.

## 6.9 AISLAMIENTO

Una ventaja tanto para la protección del personal operador como la disminución de la radiación de calor y ruido provocado por el sistema del escape hacia el cuarto de máquinas, consiste en forrar de material aislante y resistente a las altas temperaturas todo el sistema de escape principiando en el múltiple del escape, tubo flexible, silenciador y ductos de escape con cualquier material aislante de los que se encuentran en el mercado, y que pueden ser:

- Material de fibra de vidrio
- Lana mineral

## 6.10 SILENCIADOR

- Su función principal es atenuar el ruido emitido por el sistema de escape, el valor típico en decibeles del ruido producido por un motor diesel en la salida del escape medido a un metro de distancia varía en relación a la capacidad de la máquina y a la marca del motor, pero se puede considerar un valor aproximado entre 120 – 130 dB.
- El silenciador deberá estar instalado lo más cerca posible de la salida del motor para obtener su máxima eficiencia.



- Cuando el tubo de la salida de los gases de escape desemboca en un área crítica y existe algún objeto obstruyendo la libre salida de los mismos, se puede presentar un fenómeno llamado reverberancia, que consiste en una amplificación del sonido original.
- Cuando se tenga el cuarto de máquinas rodeado por otros edificios, la descarga de los gases de escape puede efectuarse en forma vertical para obtener una disipación radial del ruido, considerando un capuchón para evitar el acceso del agua de lluvia.
- Se considera asimismo la instalación de la descarga de los gases de escape lo más retirado posible de los accesos o entradas de aire fresco del cuarto de máquinas, para evitar la recirculación de los gases hacia el interior.

También se puede desarrollar, para aplicaciones críticas, donde el ruido es generado por la operación del equipo afecta a terceros, el diseño, la instalación de casetas acústicas que permiten tener niveles de ruido muy cerca o por debajo de las normas vigentes.

### **6.11 TUBOS FLEXIBLES**

El tubo flexible que se suministra con el equipo, es un componente del sistema de los gases de escape, que tiene la función de absorber la vibración generada por el grupo en operación.

Este debe ser instalado directamente a la salida de los gases de escape del motor ya que de esta manera, se aísla el movimiento relativo entre el equipo y la rigidez de los soportes del sistema de escape, también para absorber la dilatación o



expansión de los tubos del escape originada por las altas temperaturas de operación del mismo cuando el grupo se encuentra en operación y prevenir la carga en ambos lados, la planta y la instalación rígida del sistema de escape.

Los tubos flexibles no se deben utilizar para formar codos o para compensar el desalineamiento originado por la mala calidad de la instalación, así como generar mayor contrapresión en la salida de los gases de escape.

## **6.12 MATERIAL**

El tubo de escape recomendado es el de fierro negro, pared mediana en espesor, cédula 40, este es usado cuando la instalación no tiene ningún problema con el peso y se debe considerar una soportería acorde al peso de la instalación.

## **6.13 DESCARGA DE AIRE CALIENTE**

La instalación se debe diseñar teniendo un correcto desalojo del aire caliente producto del enfriamiento de la máquina el aire caliente debe ser desalojado del cuarto de máquinas aprovechando el trabajo que efectúa el motor diesel con el ventilador, al pasar el aire a través del radiador y ser expulsado fuera del cuarto de máquinas ya que se puede provocar un sobrecalentamiento y posible daño a la máquina.

La forma más común de la descarga del aire caliente es colocar el radiador lo más cercano posible de una pared con un hueco que sea de 1.5 a 2 veces más grande que el área del radiador para que el aire caliente no tenga ninguna dificultad en ser desalojado y disminuir el riesgo de restricción en el radiador. Asimismo un ducto flexible de lona puede ser instalado entre el radiador y el hueco de la pared para



eliminar cualquier probabilidad de recirculación del aire de enfriamiento dentro del cuarto de máquinas.

En caso de efectuar la instalación con ducto rígido se debe considerar un tramo de ducto flexible de lona para evitar la transmisión de vibración entre la máquina y la pared del cuarto de máquinas.

#### **6.14 ADMISIÓN DE AIRE FRÍO**

Se debe tener una entrada de aire frío lo suficientemente grande para suministrar el aire que se requiere para el mantenimiento de la máquina, del generador y de la correcta combustión del motor.

El aire fresco para el enfriamiento no deberá ser tomado cerca de la salida de aire caliente de enfriamiento para evitar recirculación, así como tampoco debe estar cerca de la salida de los gases de escape del motor

#### **6.15 OTROS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO**

Si para el enfriamiento de la máquina por cuestiones de espacio no es posible utilizar el radiador localizado en su ubicación original se tienen algunos métodos alternativos para el enfriamiento, que pueden ser empleados y son:

- Radiador remoto (televent)
- Radiador remoto con intercambiador de calor
- Torre de enfriamiento



## 6.16 MÁQUINAS ENFRIADAS POR AIRE

El principio a emplear es el mismo de las máquinas enfriadas por agua considerando:

- a) Que la entrada del aire frío deberá estar cerca de la turbina de enfriamiento, cerca del filtro de aire y cerca de las tomas de enfriamiento del generador.
- b) Para la descarga del aire caliente de la máquina, se deberá tener un ducto fuera del cuarto de máquinas del tamaño adecuado para evitar restricciones.

## 6.17 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de alimentación y retorno de combustible se deberá proyectar para el tipo y capacidad adecuada a la máquina que se trate, para evitar restricciones y pérdidas de potencia por falla de combustible.

El combustible recomendado es el diesel centrifugado clase A, que no contenga impurezas o agua que puedan dañar o impedir el correcto funcionamiento de la máquina, ya que estas pueden causar severos daños al sistema de inyección como al motor del mismo.

Al instalar el tanque de combustible se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. El tanque de día deberá tener libre acceso para el llenado y drene de combustible.





2. Nunca se debe emplear tubo tipo galvanizado en la instalación del combustible ya que el diesel reacciona con el zinc que pueden pasar al sistema de inyección y generar complicaciones.
3. Para instalaciones definitivas nunca utilizar mangueras ya que estas se pueden trozar y ocasionar fugas o derrames de combustible, así como también pueden sufrir fácil obstrucción y generar problemas en la correcta operación de la máquina.
4. El tipo de tubo recomendado para la conducción del combustible diesel es de cobre o de fierro negro, el cual debe tener el diámetro adecuado para evitar restricciones. Así como estar en trincheras y estar protegidos contra golpes, obstrucciones o roturas.
5. El tanque debe estar anclado al piso y se le debe proporcionar un dique de contención para retener fugas de combustible.
6. El drenado del tanque debe efectuarse bajo una bitácora de mantenimiento la cual deberá considerar esta acción diariamente.
7. Se debe mantener el tanque de combustible el mayor tiempo posible a su máxima capacidad (90%), ya que con espacios vacíos se genera condensación de la humedad del aire ocasionando sedimentación de agua, por lo cual es importante el drenado del mismo.
8. Cuando se requiere que la máquina trabaje tiempos prolongados, se recomienda instalar un tanque de almacenamiento de una capacidad mayor o acorde al tiempo estimado de operación, la transferencia del combustible del tanque de almacenamiento al de día puede ser de las siguientes maneras:



**Gravedad.** Se instala a una altura mayor a la del tanque de día y el combustible puede ser transferido ya sea en forma manual por medio de una válvula de paso o automáticamente con un flotador.

**Forzada.** Se instala a un nivel igual o inferior al tanque de día y se emplea una bomba eléctrica para efectuar la transferencia de combustible.

## 6.18 CUARTO DE MÁQUINAS

Este cuarto debe considerarse con un área grande para poder efectuar los servicios de mantenimiento que el equipo requiera sin ninguna dificultad.

En este cuarto se deben considerar los siguientes puntos:

- Trinchera para la localización de los tubos de alimentación y el retorno de combustible debidamente protegida.
- Trinchera para el cableado de control y fuerza entre máquinas y tablero.
- Base de cimentación adecuada al tamaño y peso del equipo.
- Anclaje adecuado del tablero de control y del tanque de combustible.
- Abertura con persianas para la descarga del aire caliente del radiador.
- Aberturas adecuadas para proporcionar aire fresco para la combustión del motor diesel y el enfriamiento del generador y motor.
- Abertura y soportería adecuada para la instalación de los tubos de los gases de escape.

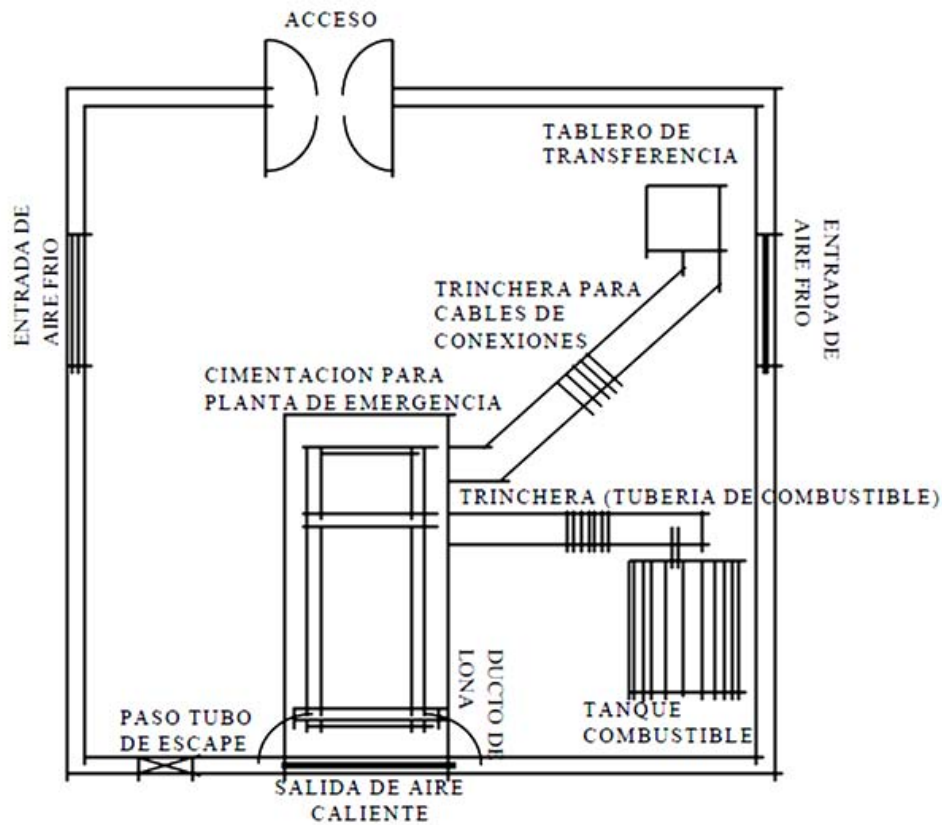


Fig. 6.4 Requerimientos de área para la instalación de planta de emergencia

## 6.19 CIMENTACIÓN

La planta de emergencia deberá estar instalada en una base de concreto perfectamente nivelada y diseñada de acuerdo al peso y tamaño del equipo, así mismo del tipo de terreno que se trate.

La importancia de tener una cimentación robusta y bien fabricada es soportar el peso del equipo y evitar que exista vibración innecesaria en la planta. La profundidad de la base deberá estar en función del tipo de subsuelo de que se trate. La vibración de la máquina se puede reducir si en el montaje se emplean elementos antivibradores. Los amortiguadores son normalmente empleados para



reducir la transmisión de vibración originada por el movimiento relativo entre la planta y la rigidez de la base.

## 6.20 CONEXIONES ELÉCTRICAS

En la instalación eléctrica un punto importante es la distancia que existe entre un tablero de control y la planta, se debe calcular adecuadamente el diámetro del conductor, para evitar problemas por calentamiento o caídas de voltaje.

El cubículo de control y transferencia debe quedar firmemente anclado y en una posición y altura conveniente para poder realizar convenientemente los servicios de mantenimiento requeridos por el equipo.

El cable de control recomendado es para una distancia máxima de ocho metros entre el tablero y la máquina calibre 14 AWG, para mayor distancia se puede considerar.

8.00 metros 14 AWG

13.00 metros 12 AWG

19.00 metros 10 AWG

**Nota:** No se recomiendan distancias mayores a 19 metros.

Por ningún motivo deben ser instalados en la misma tubería, charola o trinchera, los cables de control y fuerza, ya que la corriente que circula por los cables de fuerza genera inducción en los cables de control, que puede provocar una operación errónea de la unidad de control, así mismo evitar calentamiento a los cables de control.



El tablero de control debe estar debidamente identificado para su interconexión sin errores entre la máquina diesel y el tablero. Esto, para cuando se hagan las conexiones no se cometan errores, así como asegurarse que queden firmemente apretadas, para evitar falsos contactos o posibles cortos por conexiones equivocadas.

## **6.21 CABLES DE FUERZA**

La instalación del cableado de fuerza debe ser tal para que los conductores soporten el máximo de corriente que demanda la carga, así como soportar el voltaje de operación del sistema.

Todas las conexiones deben realizarse firmemente, en terminales del generador, interruptores termomagnéticos o unidades de transferencia.

La instalación puede ser realizada en tubería conduit del diámetro adecuado a los conductores, en escalerilla o trinchera, en el caso de la escalerilla o tubo conduit, debe estar con soportería adecuada para el peso de la misma escalerilla y del cableado.

## **6.22 CONEXIÓN DE TIERRA**

Uno de los puntos importantes y críticos en la instalación eléctrica es el correcto aterrizaje del sistema, o la correcta interconexión entre el neutro de la red comercial, neutro del generador, y neutro del sistema de cargas.

Una correcta instalación del sistema de tierras protege al equipo contra descargas atmosféricas, cargas estáticas del generador por el efecto de rozamiento y así mismo protege al sistema cuando las cargas se encuentran desbalanceadas y las



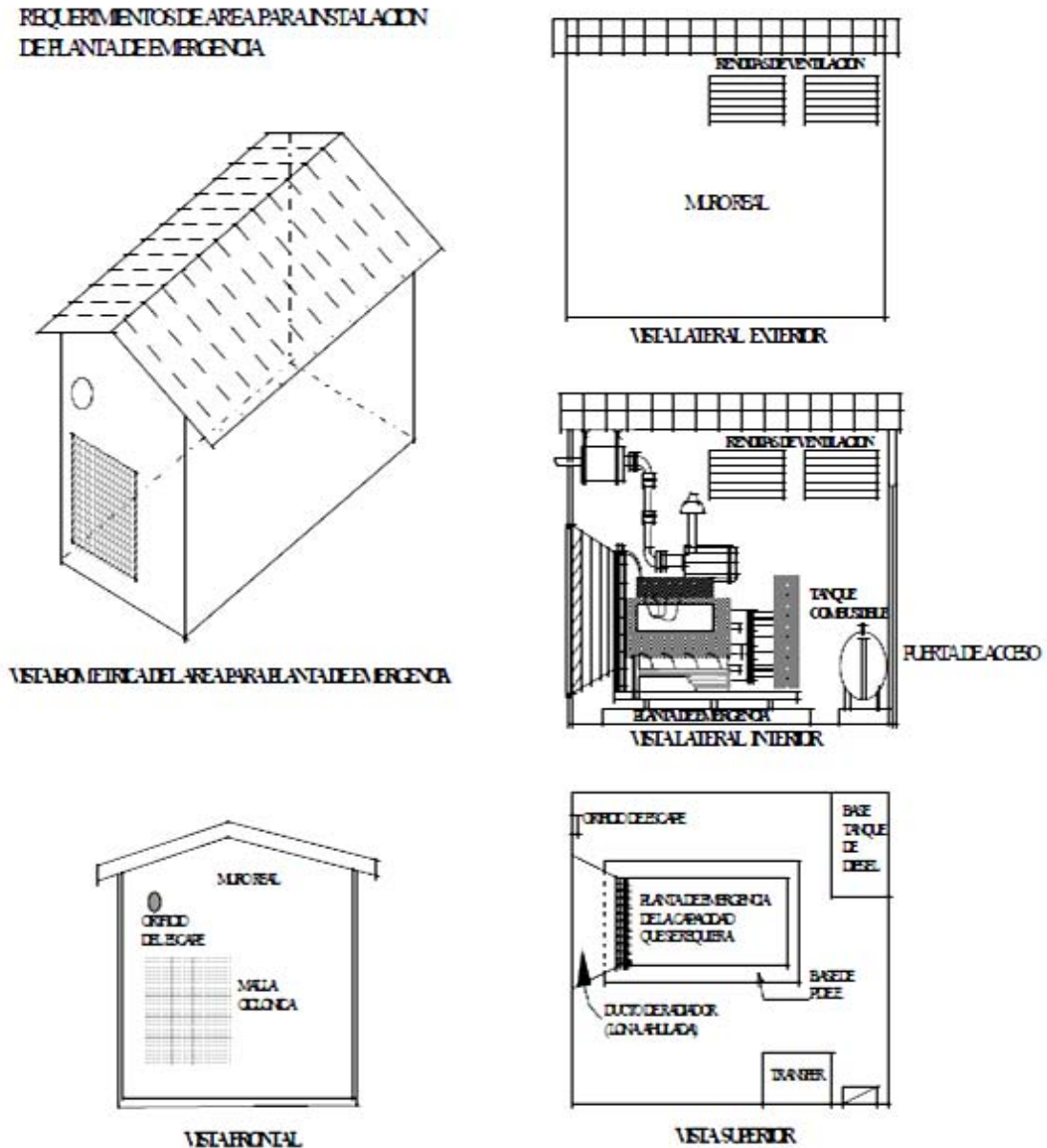
corrientes en el neutro pueden ocasionar problemas en el generador y la carga y por las corrientes parásitas generadas en los laminados del generador.

## 6.23 VERIFICACIONES FINALES

Hay que examinar por completo la instalación:

- Verificar el nivel de aceite del cárter del motor.
- Verificar el nivel en el tanque de día.
- Verificar el nivel de agua del radiador.
- Purgue el sistema de combustible de la máquina.
- Cerciórese que se emplea diesel centrifugado.
- No dejar basura o cables en el cuarto de máquinas.
- No emplear la misma trinchera para cables eléctricos, tuberías de combustible o agua.
- Verificar que todos los fusibles del tablero de control sean del tipo y capacidad adecuada.
- Verificar que todos los interruptores de protección estén debidamente cerrados.
- Verificar que no existan materiales u objetos que obstruyan la salida de los gases de escape.
- Verificar que no existan objetos extraños sobre o debajo del grupo motor – generador.
- Verificar que los cables de control estén debida y firmemente conectados.
- Verificar los cables de fuerza que estén debidamente conectados.
- Verificar que el alineamiento de la planta con la base de concreto sea el correcto.
- Verificar que no se obstruya la salida del aire caliente.

- Verificar que la ventilación requerida para el enfriamiento sea la adecuada.



**Fig. 6.5** La figura nos muestra una instalación tipo con requerimientos de área para una planta de emergencia en la cual se pueden considerar la mayoría de los puntos mencionados para las verificaciones finales



## **6.24 CONDICIONES EXTERNAS CON LAS QUE LOS EQUIPOS DEBEN SER COMPATIBLES**

De acuerdo a las perturbaciones eléctricas a que están expuestos cualquier equipo eléctrico/electrónico, y principalmente el equipo de cómputo, los efectos que esto ocasiona ya los hemos visto, algunos son pérdida de datos, reparaciones costosas, lucro cesante por salida de servicio de las redes, etc.

Por ello es necesario tomar en cuenta las condiciones externas en que van a operar los equipos de energía ininterrumpida y plantas de emergencia, considerando los siguientes puntos:

### **1. Conocimiento previo**

Los problemas eléctricos en la instalación, que es uno de los mejores indicadores de riesgo. Los problemas de apagones, caídas momentáneas o tensión fuera del nominal son generalizadas (una o dos veces al día), muy frecuentes (cuatro o cinco veces al mes), frecuentes (dos o tres veces al mes) o esporádicos (seis veces al año).

### **2. Condiciones idóneas**

Cuando se dispone de cables sobrecargados o mal instalados son el inicio de uno de los problemas más comunes, y generalmente esto está determinado por la longevidad de la instalación. Además las instalaciones viejas no han sido previstas para alimentar este tipo de cargas. Es decir, si evaluamos la edad del edificio evaluamos también y en forma aproximada la instalación del mismo.





### 3. Seguridad de la instalación

Esto se asocia a la existencia dentro del inmueble de añadiduras de cables o ampliaciones precarias de las instalaciones eléctricas, como empalmes manuales, cables por fuera de la pared, uso de adaptadores, utilización de tomas para muchos propósitos, no usar interruptores termomagnéticos, líneas que tengan conexión de equipamiento industrial o pesado.

### 4. Acometida eléctrica al inmueble

La línea de distribución comercial si es subterránea es poco susceptible a los problemas eléctricos, pues las aéreas están expuestas a cortes de cables por máquinas, pájaros, deterioro, condiciones ambientales extremas, tormentas, etcétera.

### 5. Entorno del inmueble

Si el área circunvecina cuenta con instalaciones industriales o pesadas, perjudica al sistema de cómputo, ascensores, fotocopiadoras, equipos de transmisión, compresores, así como las instalaciones eléctricas de los vecinos.

### 6. Equipamiento de red

La conexión en red de los equipos o vía módem, aumenta la susceptibilidad a los problemas si las distancias entre terminales es considerable y más aun si no están en el mismo recinto.



## 7. Condiciones climáticas

Las regiones que tienen mayor cantidad de lluvia o tormentas, o condiciones climáticas severas, viento, temperaturas extremas son más propensas a generar problemas de sobretensiones.

## 8. Zonas críticas

La zona de su residencia es una zona crítica de aprovisionamiento de energía, está sobrecargada, es una zona industrial, o existen conexiones clandestinas. Es decir, si es una zona sobrecargada, es una zona industrial, o es una zona residencial.



## CONCLUSIONES

La energía eléctrica ha adquirido hoy en día una gran relevancia, cualquiera que sea su procedencia, ya que constituye por sí misma una riqueza de importancia básica en la vida moderna. Para asegurar la calidad de la energía producida se contemplan ciertas medidas preventivas como el disponer de una reserva de generación adecuada debido a condiciones anormales en los equipos o por una puesta fuera en servicio para su mantenimiento o falla en la alimentación de la energía

Debido a la situación económica mundial y por supuesto la nacional, se han buscado no sólo nuevas fuentes de energía, sino también sistemas complementarios que adicionados a las ya existentes, permitan abatir los consumos de energéticos primarios.

También, la energía, la comunicación y los sistemas de control fiables en una planta industrial, son vitales para la seguridad, la calidad y la productividad de la misma. Esto se logra mediante la utilización de sistemas de energía ininterrumpible los cuales acondicionan la energía; y plantas de emergencia con motor de combustión interna para tener siempre energía en nuestro sistema. Las plantas eléctricas de emergencias, se usan actualmente en donde es esencial la continuidad del servicio eléctrico, por ejemplo: en instalaciones de hospitales en las áreas de cirugía, recuperación, estadios, en la industria de proceso continuo, en instalaciones de computadoras, bancos de memorias, equipo de procesamiento de datos, etcétera.

Para muchas compañías, su empleado más valioso es una computadora. Por lo que, debido a la importancia de la información que manejan; una computadora,



equipo de telecomunicaciones o cualquier otro mecanismo electrónico sensible y crítico no debe ser alimentado solamente por la energía comercial, ya que se corre el riesgo de causar pérdida de información, tiempo productivo, aumento del costo de mantenimiento y reducción de la vida de servicio del equipo.

Los mantenimientos a los que son sometidos los equipos para suministro emergente de energía, tienen gran importancia y en especial, el mantenimiento preventivo tiene un impacto directo sobre la vida útil del equipo, así como en la reducción de los tiempos muertos, cuotas de reparación y costos en el ciclo de vida óptima de los productos.

Un programa de mantenimiento realizado regularmente redundará en un ahorro sustancial de costos, gran parte del cual puede ser atribuido a más tiempo en marcha y una utilización óptima de los equipos e instalaciones. Los contratos de los servicios de mantenimiento se deben diseñar según los requerimientos específicos de soporte y tiempo de respuesta que se necesiten; lo cual nos va a mantener en buen estado de funcionamiento nuestros equipos eléctricos y electrónicos; además, de proteger toda nuestra instalación, optimiza nuestra planta.

Un UPS es una buena inversión que típicamente produce grandes utilidades y rápida amortización. Muchos usuarios de UPS reportan períodos de amortización inferiores de seis meses. Sin embargo, en algunos casos es muy difícil calcular los ahorros del costo tangible, porque algunas operaciones realmente no pueden ser ininterrumpidas; como hospitales, computadoras de control de procesos, etcétera, ya que los cortes de energía y perturbaciones causan alteración de los datos, elevan el costo de mantenimiento y servicio de las computadoras.

En una compañía de proceso continuo, es importante contar con estas fuentes alternas de energía y con programas de mantenimiento a los que son sometidas y



con periodicidad, ya que si su sistema se paraliza, puede causarle no sólo la pérdida de cliente sino la pérdida del negocio debido a las oportunidades que dejaría escapar por no contar con sistemas confiables en el suministro eléctrico.

Tomando en cuenta las necesidades eléctricas del edificio Valdés Vallejo respecto a la red de contactos que actualmente se encuentran alimentados por reguladores podemos concluir lo siguiente:

Es necesario contar con un levantamiento más preciso de la instalación, donde se tengan perfectamente identificados los circuitos que alimentan los contactos por cada piso, después habrá que hacer un proyecto para decidir cuáles de estos circuitos quedan alimentados por el UPS y cuales quedan a normal, esto debido a que no es sano alimentar todos los contactos por el UPS ya que constantemente hay personas que conectan cualquier tipo de cargas a los contactos como pulidoras de piso, taladros, refrigeradores, y demás cargas que no son de tipo lineal, y que en su gran mayoría están formadas por inductancias o bobinas. Una vez que se tienen identificados los contactos que se alimentarán con el UPS se deben de monitorear las cargas para poder hacer el cálculo de la capacidad del equipo UPS, solo así se podrá definir el tipo de UPS idóneo dando la capacidad exacta del mismo, es importante mencionar que los UPS nunca se calculan a plena carga ya que los incrementos por expansión de instalación eléctrica podrían propiciar que en un futuro cercano el UPS quedara limitado para poder abatir la cantidad de carga crítica es por eso que en los proyectos eléctricos los UPS se deben calcular al 70 % de la carga para que podamos quedar cubiertos en caso de incrementarse en expansiones a futuro como es el caso de los “sites” de comunicaciones, oficinas , laboratorios, etcétera.

Otro concepto que no se debe dejar pasar es el hecho de que los UPS tienen un tiempo determinado de respaldo, es decir, el banco de baterías en tiempo estándar está calculado para respaldar el 100% de la carga conectada al equipo

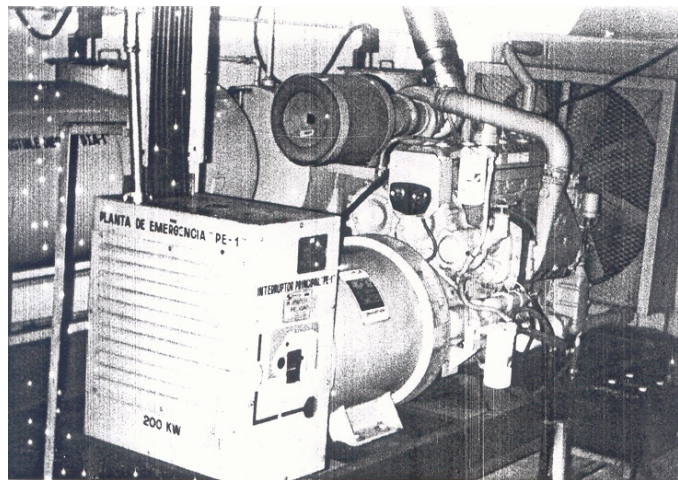


por un periodo no mayor a los 20 minutos, es por eso que se recomienda también contar con una fuente de energía alterna como puede ser la instalación de un grupo electrógeno o planta de emergencia

La función principal y primordial de una planta eléctrica de emergencia es suministrar energía eléctrica a una carga en la cual la interrupción por parte de la línea comercial puede ser crítica o provocar pérdidas de información en los equipos de cómputo o la pérdida de las comunicaciones en instalaciones aun más críticas.

En caso de que los UPS agoten la energía de baterías por no tener una fuente que los alimente ante un corte de franco de la energía comercial la pérdida de la información será inminente ya que como ya se menciono anteriormente el tiempo de respaldo en modo de operación con baterías se limita a unos cuantos minutos, es por ello que también se recomienda que la alimentación del UPS este conectada a una planta de emergencia

Una planta eléctrica de emergencia está formada principalmente por un motor de combustión interna, el cual puede ser de dos o cuatro tiempos y puede ser del tipo alimentado por gasolina, diesel o gas natural. El motor diesel normalmente se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico del tipo de inducción sin escobillas el cual trasforma la energía mecánica del motor de combustión en energía eléctrica disponible en los bornes del generador (ver *figura 7.1*).



**Fig. 7.1** Planta eléctrica de emergencia de combustión interna.

La potencia neta que proporciona el motor de combustión en hp medida en el volante del mismo es igual a la potencia en kW que proporciona el generador eléctrico en los bornes del mismo, multiplicada por la eficiencia de operación del generador eléctrico.

Los equipos normalmente suministrados por fabricantes son grupos electrógenos compuestos principalmente por motores de combustión alimentados por combustible, diesel y generadores de inducción de cuatro polos con capacidades desde 15 hasta 1,200 kW.

Cuando se tienen equipos trabajando bajo condiciones de operación diferentes a las especificadas en la placa del mismo como: (factor de potencia, altura de operación sobre el nivel del mar, temperatura ambiente, etcétera) se tienen que realizar algunas correcciones en los cálculos de la potencia ya que ésta se ve afectada por los factores antes descritos, para no incurrir en errores y por lo mismo no afectar la vida útil del equipo.



También se debe tener especial atención en la combinación de cargas con las que cuenta la instalación, ya que esto modifica el factor de potencia de operación del equipo y se modifica automáticamente la corriente a suministrar por el mismo.

La corriente máxima a proporcionar por una planta eléctrica de emergencia, no deberá exceder de la misma corriente especificada por el fabricante en una aplicación de emergencia, durante el periodo que perdure la emergencia. Los generadores se calculan para operar una carga con un factor de potencia de 0,8 cuando el usuario opera una carga con un factor diferente se deberá efectuar la corrección en los cálculos de la corriente.

En caso de exceder la corriente máxima o el valor de sobrecarga permisible se puede incurrir en daños al equipo como son:

- Una reducción considerable de la vida útil del motor diesel
- Reducción de la velocidad del motor provocando baja frecuencia del voltaje generado y posible daño del generador, regulador del voltaje y la carga
- Sobrecalentamiento
- Mala operación del equipo

La frecuencia no deberá caer por debajo de:

- 5% en motores con gobernador mecánico
- 2% en motores con gobernador hidráulico
- 0,5% en motores con gobernador electrónico

Por lo que en el caso del Edificio Valdés Vallejo, será necesario también realizar un análisis para ver que circuitos de alumbrado y que circuitos de contactos a normal; incluido el UPS, estarán alimentados a través de un tablero de distribución de emergencia que a su vez estará ligado al tablero de transferencia





de la máquina de emergencia para poder calcular la capacidad mínima requerida para cumplir con el objetivo de hacer aun más redundante el sistema eléctrico de protección a cargas críticas en el edificio Valdés Vallejo de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



## ANEXOS

### A.1 SECCIÓN PLANTA BAJA, LADO IZQUIERDO

#### A.1.1 TENSIÓN DE FASE A NEUTRO

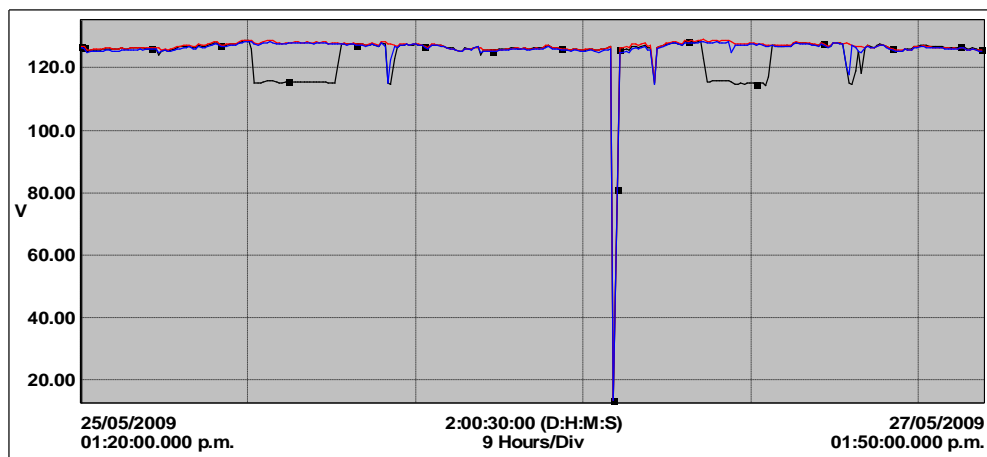
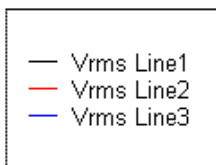


Figura. A.1.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	123.98	13.200	128.60	V
Vrms Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	126.51	13.300	129.00	V
Vrms Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	125.95	13.200	128.50	V

Tabla A.1.1

**Nota:** Las fechas reales de las mediciones corresponden al cuarto trimestre del 2010

### A.1.2 TENSIÓN DE FASE A FASE

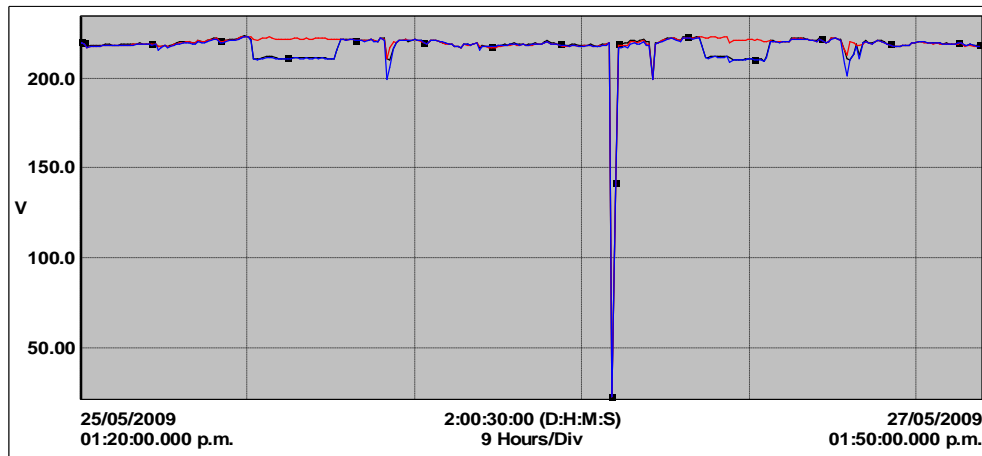
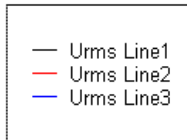


Figura A.1.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	217.02	23.000	223.10	V
Urms Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	218.62	22.900	223.00	V
Urms Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	216.49	22.900	222.50	V

Tabla A.1.2



### A.1.3 CORRIENTE

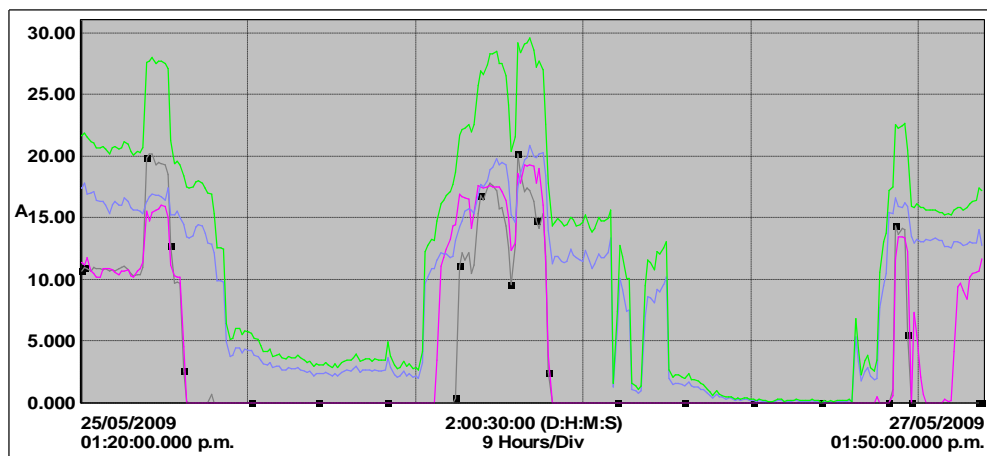
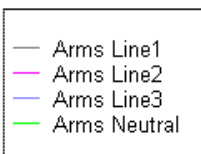


Figura A.1.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	3.1682	0.0000	20.200	A
Arms Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	3.9226	0.0000	19.300	A
Arms Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	8.2822	0.0000	20.900	A
Arms Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	11.066	0.0000	29.600	A

Tabla A.1.3



### A.1.4 FRECUENCIA

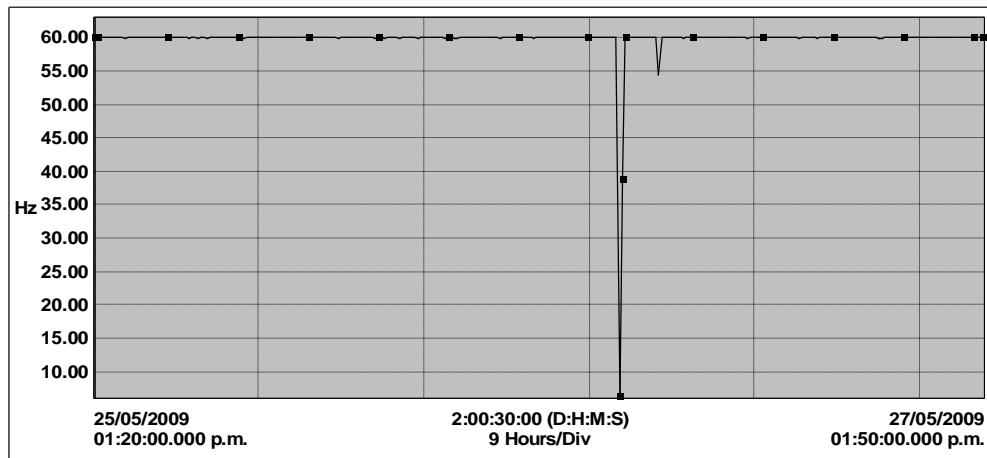


Figura A.1.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	2:00:40:00	(D:H:M:S)	59.715	6.3000	60.060	292

Tabla A.1.4

### A.1.5 ARMÓNICOS

- Uthd Line1
- Uthd Line2
- Uthd Line3
- Vthd Line1
- Vthd Line2
- Vthd Line3
- Athd Line1
- Athd Line2
- Athd Line3

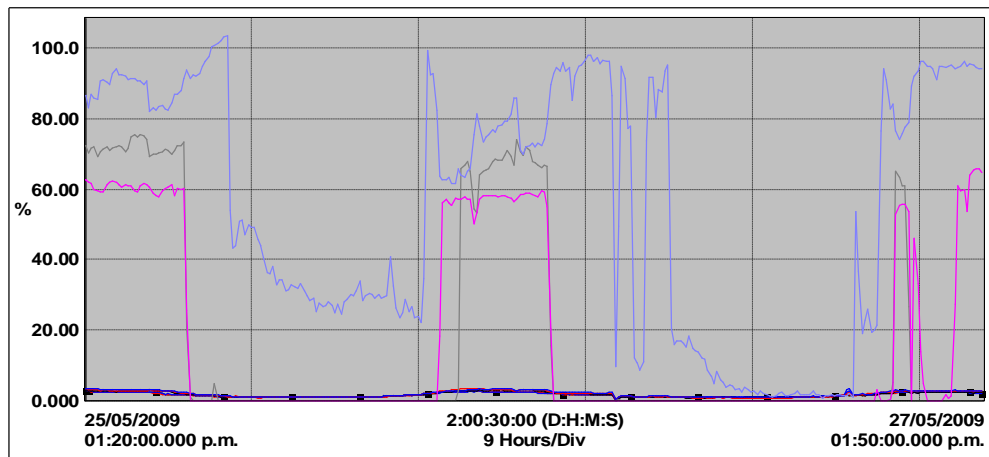


Figura A.1.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.6188	0.100	2.7000	⌘
Uthd Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.5750	0.100	2.7000	⌘
Uthd Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.6161	0.100	2.7000	⌘
Vthd Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.7205	0.200	3.1000	⌘
Vthd Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.8555	0.200	3.5000	⌘
Vthd Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.9825	0.200	3.5000	⌘
Athd Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	15.893	0.0000	75.600	⌘
Athd Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	17.231	0.0000	65.700	⌘
Athd Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	55.086	0.600	103.50	⌘

Tabla A.1.5.1

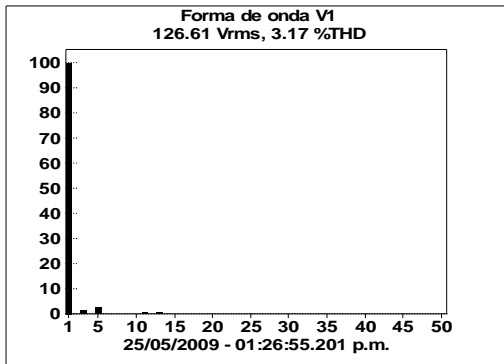


Figura A.1.5.2

**Forma de onda V1**

	(%)		(%)		(%)
H01	100.0	H18	0.0	H35	0.0
H02	0.0	H19	0.1	H36	0.0
H03	1.5	H20	0.0	H37	0.0
H04	0.0	H21	0.0	H38	0.0
H05	2.7	H22	0.0	H39	0.0
H06	0.0	H23	0.0	H40	0.0
H07	0.4	H24	0.0	H41	0.0
H08	0.0	H25	0.1	H42	0.0
H09	0.2	H26	0.0	H43	0.0
H10	0.0	H27	0.1	H44	0.0
H11	0.5	H28	0.0	H45	0.0
H12	0.1	H29	0.1	H46	0.0
H13	0.4	H30	0.0	H47	0.0
H14	0.0	H31	0.0	H48	0.0
H15	0.3	H32	0.0	H49	0.0
H16	0.0	H33	0.1	H50	0.0
H17	0.2	H34	0.0		

Tabla A.1.5.2

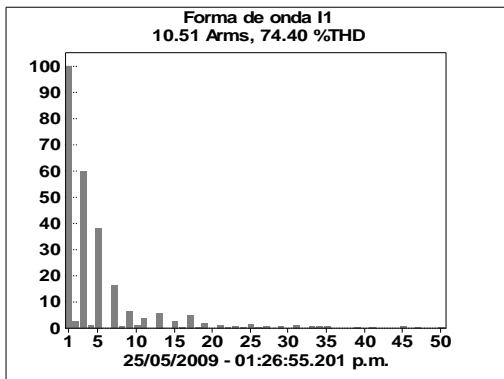


Figura A.1.5.3

**Forma de onda I1**

	(%)		(%)		(%)
H01	100.0	H18	0.5	H35	1.0
H02	3.2	H19	2.3	H36	0.2
H03	59.9	H20	0.2	H37	0.3
H04	1.7	H21	1.4	H38	0.4
H05	38.6	H22	0.8	H39	0.7
H06	0.3	H23	1.1	H40	0.3
H07	16.8	H24	0.7	H41	0.7
H08	1.0	H25	1.9	H42	0.3
H09	6.7	H26	0.6	H43	0.3
H10	1.3	H27	0.9	H44	0.1
H11	4.1	H28	0.1	H45	0.9
H12	0.3	H29	0.9	H46	0.2
H13	5.7	H30	0.4	H47	0.6
H14	0.2	H31	1.7	H48	0.3
H15	3.2	H32	0.1	H49	0.2
H16	0.6	H33	1.2	H50	0.5
H17	5.4	H34	0.9		

Tabla A.1.5.3



### A.1.6 POTENCIA

- W Linea1
- W Linea2
- W Linea3
- W Suma
- VAR Linea1
- VAR Linea2
- VAR Linea3
- VAR Suma
- VA Linea1
- VA Linea2
- VA Linea3
- VA Suma

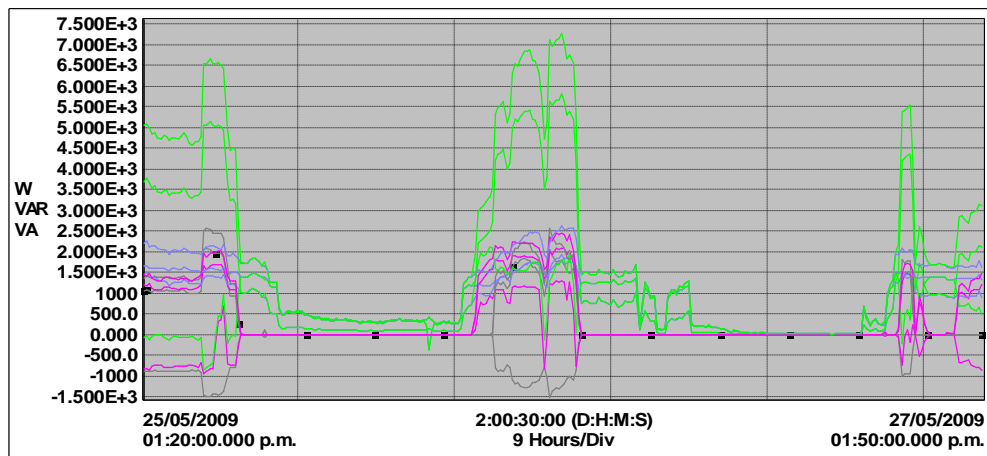


Figura A.1.6

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	321.22	0.0000	2.0699E+3	W
W Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	418.60	0.0000	2.0732E+3	W
W Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	605.33	1.8800	1.9406E+3	W
W Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.3451E+3	1.8800	5.7973E+3	W
VAR Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	-239.00	-1.5059E+3	1.6000	VAR
VAR Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.4415	-946.49	1.2897E+3	VAR
VAR Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	839.70	-366.12	1.7895E+3	VAR
VAR Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	602.14	-861.86	2.1092E+3	VAR
VA Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	400.83	0.0000	2.5530E+3	VA
VA Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	496.99	0.0000	2.4395E+3	VA
VA Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.0510E+3	7.7700	2.6398E+3	VA
VA Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.9488E+3	7.7700	7.2579E+3	VA

Tabla A.1.6





### A.1.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

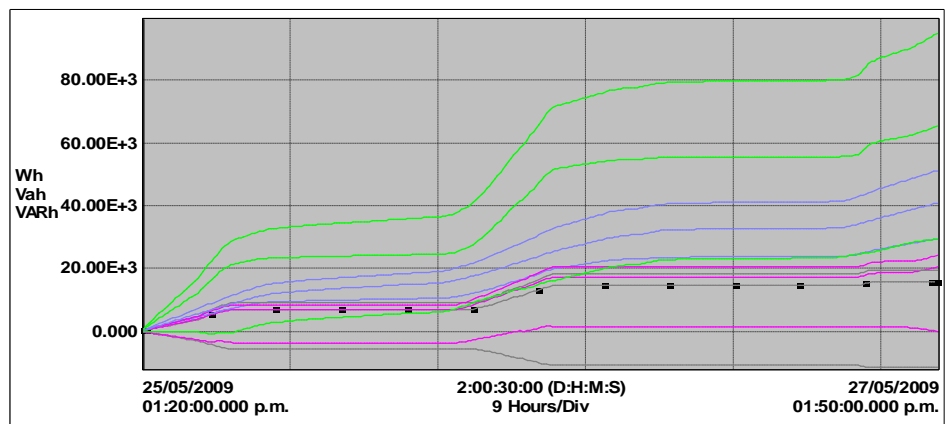


Figura A.1.7

Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hora Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	15.633E+3	Wh
W-hora Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	20.372E+3	Wh
W-hora Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	29.459E+3	Wh
W-hora Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	65.464E+3	Wh
VA-hora Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	19.507E+3	Vah
VA-hora Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	24.187E+3	Vah
VA-hora Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	51.148E+3	Vah
VA-hora Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	94.842E+3	Vah
VAR-hora Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	-146.44	VARh
VAR-hora Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	1.6889E+3	VARh
VAR-hora Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	40.866E+3	VARh
VAR-hora Neutral	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	29.304E+3	VARh

Tabla A.1.7



### A.1.8 FACTOR DE POTENCIA

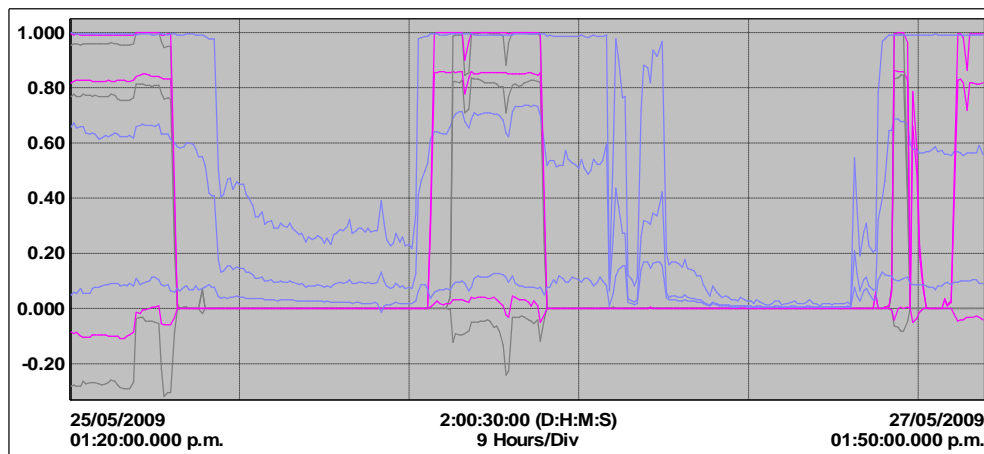
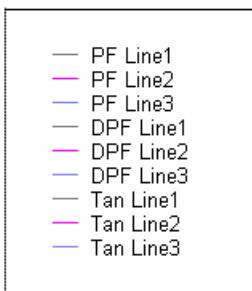


Figura A.1.8

Nombre	Fecha	Hora	From	Min	Max
PF Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.182	0.0000	0.843
PF Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.245	0.0000	0.862
PF Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.337	1.0000E-3	0.735
DPF Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.224	0.0000	0.997
DPF Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.290	0.0000	0.998
DPF Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	0.606	6.0000E-3	0.996
Tan Linea1	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	-34.534E-3	-0.318	0.0000
Tan Linea2	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	-7.6507E-3	-0.111	44.000E-3
Tan Linea3	25/05/2009	01:20:00.000 p.m.	57.459E-3	-16.000E-3	0.166

Tabla A.1.8



### A.1.9 TRANSITORIOS DE VOLTAJE

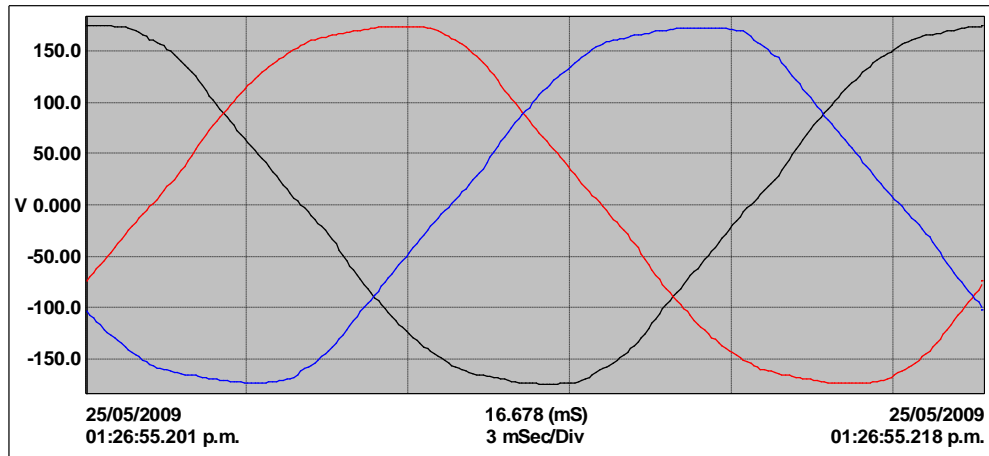
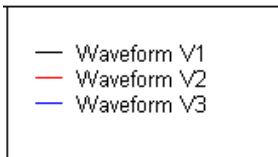
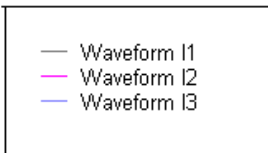


Figura A.1.9

### A.1.10. TRANSITORIOS DE CORRIENTE



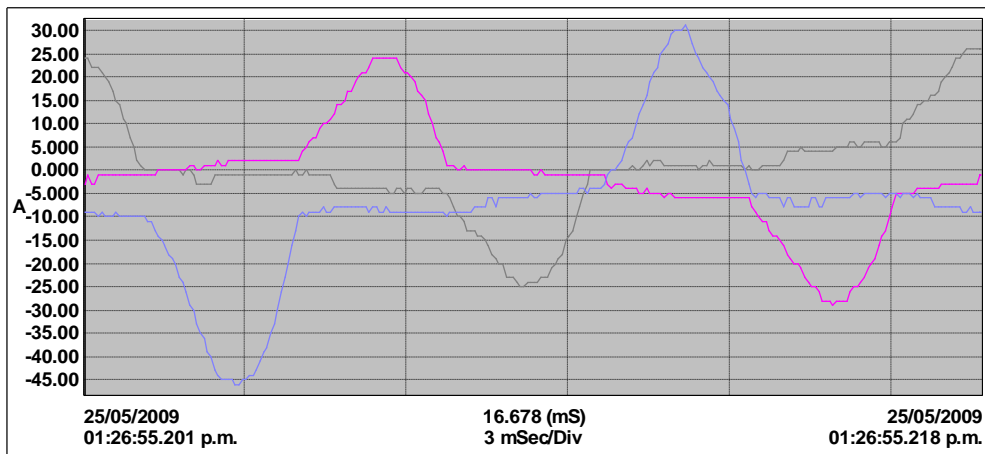


Figura A.1.10

## A.2 SECCIÓN. PLANTA BAJA, LADO DERECHO

### 9.2.1. TENSIÓN DE FASE A NEUTRO

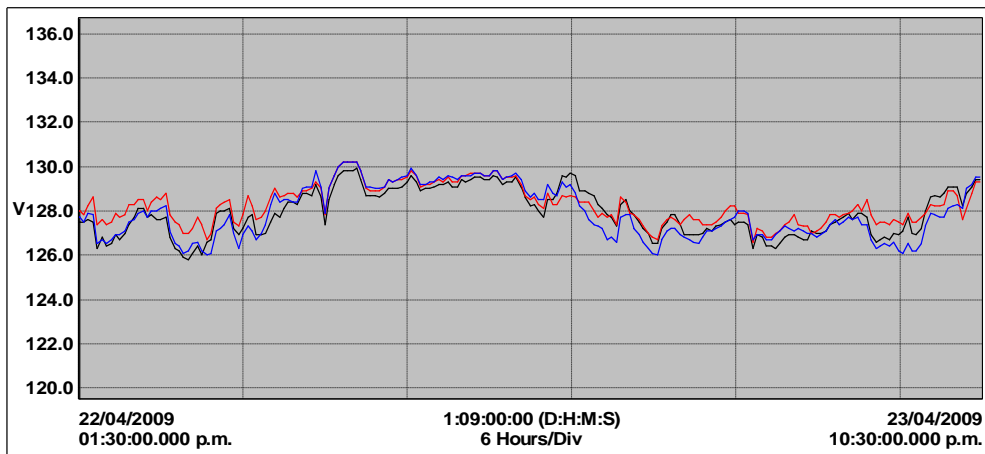
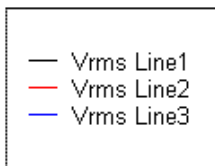


Figura A.2.1



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	127.93	125.80	129.90	V
Vrms Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	128.26	126.60	130.20	V
Vrms Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	127.90	126.00	130.20	V

Tabla A.2.1

### A.2.2 TENSIÓN DE FASE A FASE

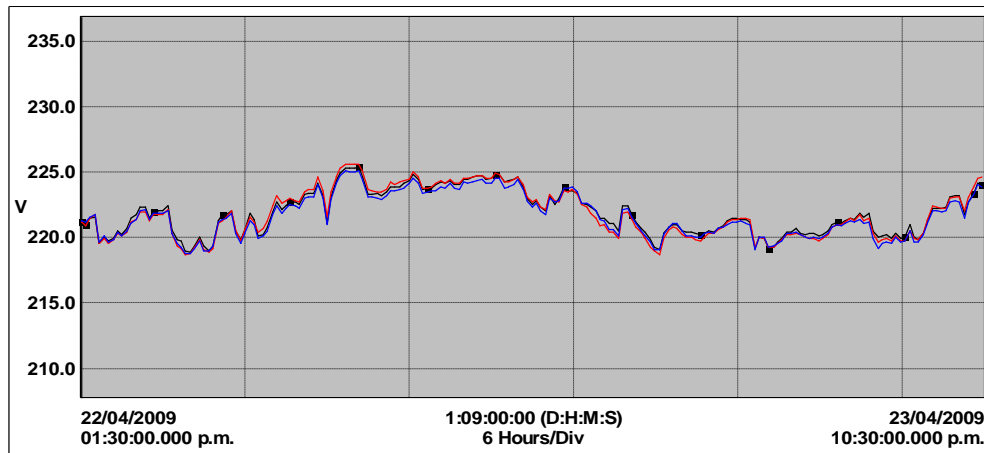
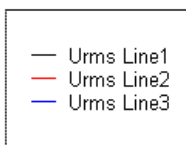


Figura A.2.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	221.88	218.90	225.40	V
Urms Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	221.82	218.70	225.60	V
Urms Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	221.66	218.80	225.10	V

Tabla A.2.2



### A.2.3 CORRIENTE

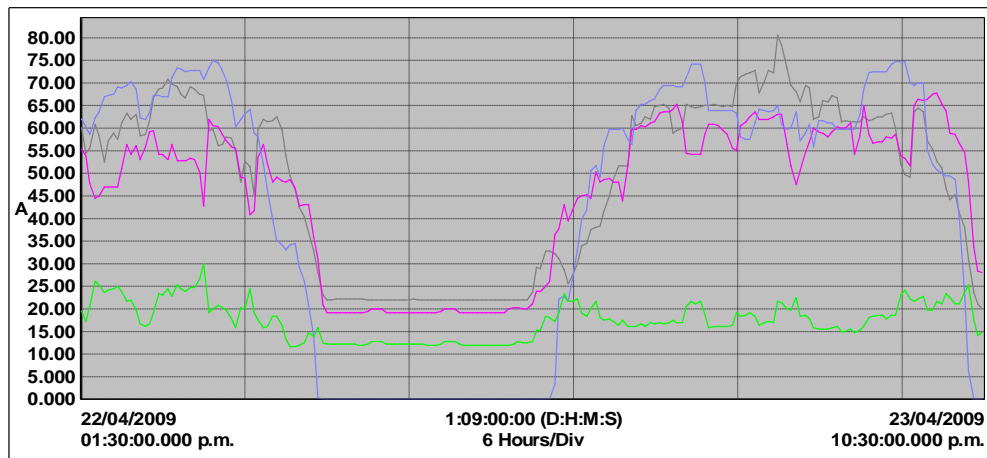
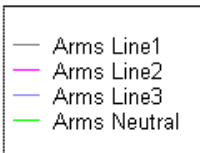


Figura A.2.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	48.221	20.000	80.300	A
Arms Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	45.233	19.000	67.700	A
Arms Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	42.569	0.0000	75.000	A
Arms Neutral	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	17.387	11.700	30.000	A

Tabla A.2.3



### A.2.4 FRECUENCIA

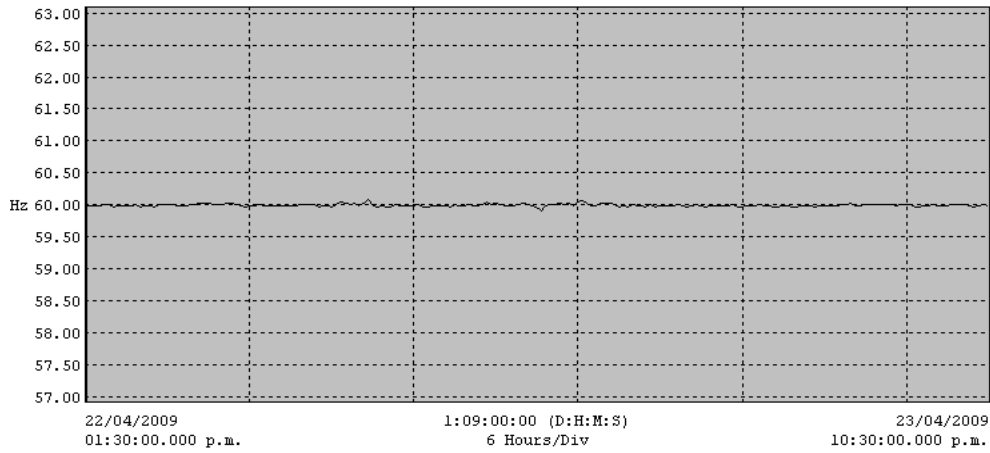


Figura A.2.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1:09:10:00	(D:H:M:S)	59.993	59.910	60.090	199

Tabla A.2.4

### A.2.5 ARMÓNICOS

—	Uthd Line1
—	Uthd Line2
—	Uthd Line3
—	Vthd Line1
—	Vthd Line2
—	Vthd Line3
—	Athd Line1
—	Athd Line2
—	Athd Line3

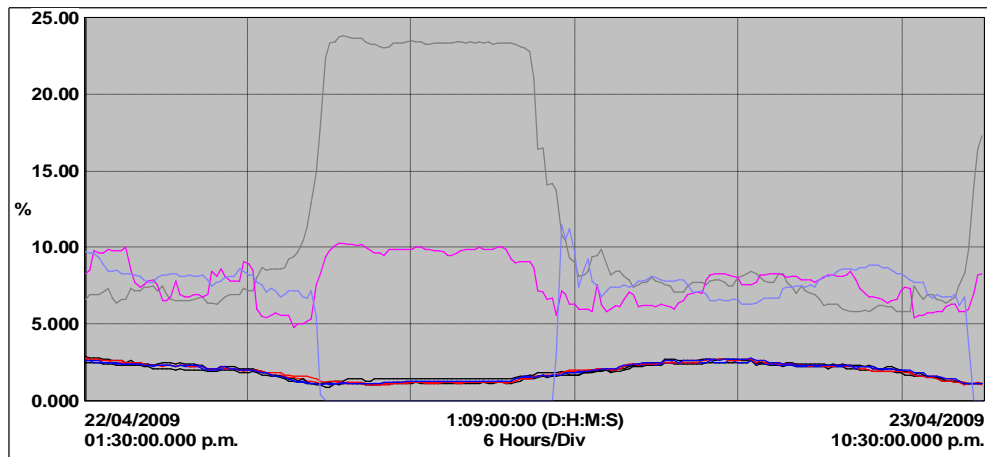


Figura A.2.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.7643	0.9000	2.6000	%
Uthd Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.8950	1.0000	2.7000	%
Uthd Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.8523	1.0000	2.6000	%
Vthd Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.9724	1.1000	2.9000	%
Vthd Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.8980	1.0000	2.8000	%
Vthd Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.9141	1.0000	2.8000	%
Athd Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	11.606	5.8000	23.800	%
Athd Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	7.7814	4.8000	10.300	%
Athd Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.5804	0.0000	11.500	%

Tabla A.2.5.1

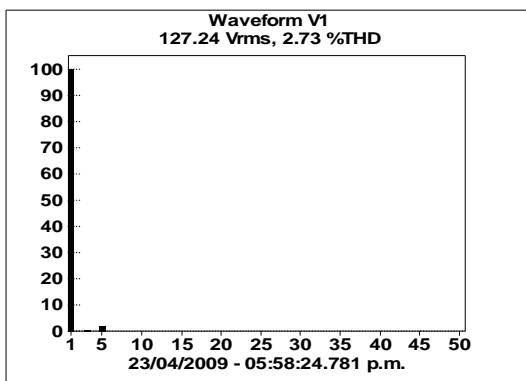


Figura A.2.5.2

Waveform V1					
		(%)			(%)
H01	100.0	H18	0.2	H35	0.1
H02	0.1	H19	0.2	H36	0.1
H03	0.8	H20	0.2	H37	0.1
H04	0.1	H21	0.2	H38	0.1
H05	2.4	H22	0.2	H39	0.1
H06	0.2	H23	0.2	H40	0.1
H07	0.1	H24	0.2	H41	0.1
H08	0.1	H25	0.3	H42	0.1
H09	0.4	H26	0.1	H43	0.1
H10	0.1	H27	0.1	H44	0.1
H11	0.2	H28	0.2	H45	0.1
H12	0.1	H29	0.2	H46	0.1
H13	0.2	H30	0.1	H47	0.1
H14	0.1	H31	0.2	H48	0.1
H15	0.3	H32	0.1	H49	0.0
H16	0.2	H33	0.2	H50	0.1
H17	0.1	H34	0.1		

Tabla A.2.5.2



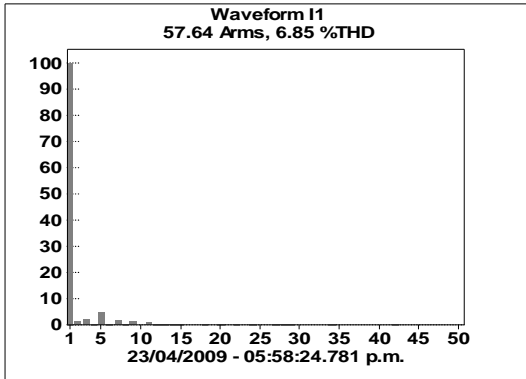


Figura A.2.5.3

Waveform I1					
	(%)		(%)		(%)
H01	100.0	H18	0.5	H35	0.3
H02	1.7	H19	0.1	H36	0.4
H03	2.3	H20	0.7	H37	0.3
H04	0.6	H21	0.4	H38	0.4
H05	4.9	H22	0.5	H39	0.3
H06	0.7	H23	0.4	H40	0.3
H07	1.8	H24	0.5	H41	0.3
H08	0.6	H25	0.4	H42	0.4
H09	1.7	H26	0.4	H43	0.3
H10	0.1	H27	0.6	H44	0.2
H11	1.1	H28	0.5	H45	0.3
H12	0.5	H29	0.5	H46	0.3
H13	0.7	H30	0.4	H47	0.4
H14	0.5	H31	0.4	H48	0.3
H15	0.5	H32	0.4	H49	0.3
H16	0.3	H33	0.3	H50	0.2
H17	0.4	H34	0.5		

Tabla A.2.5.3

### A.2.6 POTENCIA

- W Linea1
- W Linea2
- W Linea3
- W Suma
- VAR Linea
- VAR Linea
- VAR Linea
- VAR Suma
- VA Linea1
- VA Linea2
- VA Linea3
- VA Suma

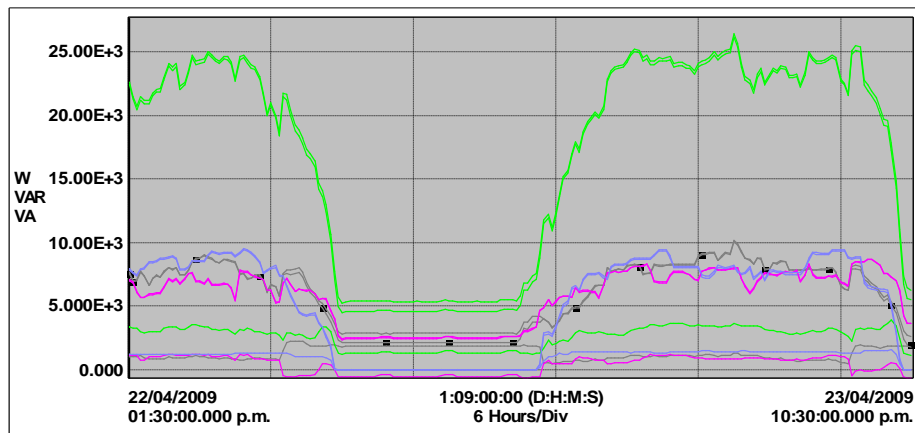


Figura A.2.6

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.8999E+3	1.8994E+3	10.065E+3	W
W Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.7430E+3	2.3640E+3	8.6686E+3	W
W Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.3340E+3	0.0000	9.3859E+3	W
W Suma	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	16.977E+3	4.5123E+3	26.131E+3	W
VAR Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	1.2957E+3	471.19	2.2715E+3	VAR
VAR Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	363.68	-635.94	1.2355E+3	VAR
VAR Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	925.99	0.0000	1.5423E+3	VAR
VAR Suma	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	2.5853E+3	1.1336E+3	3.9496E+3	VAR
VA Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	6.1616E+3	2.5960E+3	10.152E+3	VA
VA Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.7987E+3	2.4420E+3	8.6875E+3	VA
VA Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	5.4194E+3	0.0000	9.4708E+3	VA
VA Suma	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	17.380E+3	5.2499E+3	26.390E+3	VA

Tabla A.2.6



## A.2.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

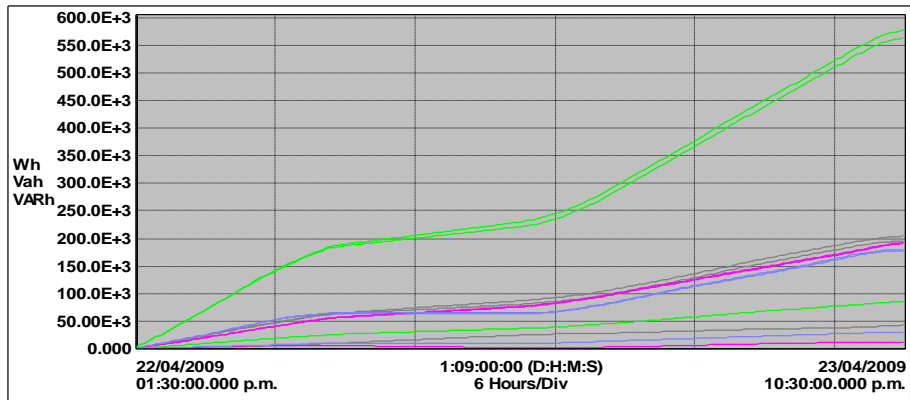


Figura A.2.7

Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hours Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	195.68E+3	Wh
W-hours Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	190.47E+3	Wh
W-hours Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	176.91E+3	Wh
W-hours Neutral	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	563.06E+3	Wh
VA-hours Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	204.36E+3	Vah
VA-hours Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	192.32E+3	Vah
VA-hours Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	179.74E+3	Vah
VA-hours Neutral	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	576.43E+3	Vah
VAR-hours Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	42.973E+3	VARh
VAR-hours Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	12.365E+3	VARh
VAR-hours Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	30.712E+3	VARh
VAR-hours Neutral	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	85.747E+3	VARh

Tabla A.2.7



### A.2.8 FACTOR DE POTENCIA

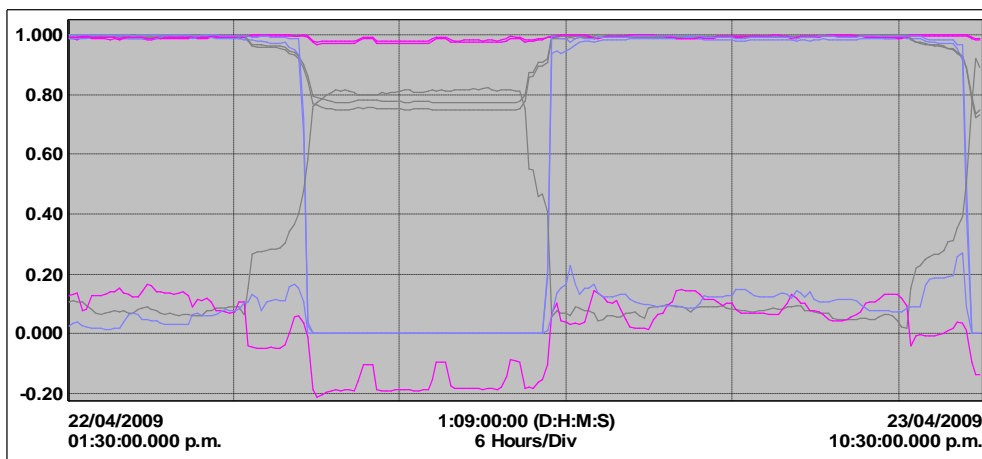
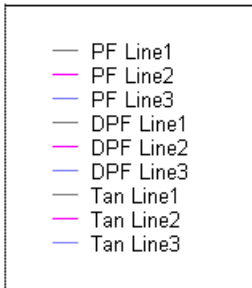


Figura A.2.8

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max
PF Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.923	0.721	0.996
PF Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.987	0.968	0.997
PF Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.702	0.0000	0.991
DPF Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.933	0.736	0.999
DPF Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.992	0.975	1.0000
DPF Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.711	0.0000	1.0000
Tan Line1	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	0.301	17.000E-3	0.919
Tan Line2	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	9.4121E-3	-0.215	0.163
Tan Line3	22/04/2009	01:30:00.000 p.m.	72.794E-3	0.0000	0.271

Tabla A.2.8

### A.2.9 TRANSITORIOS DE VOLTAJE

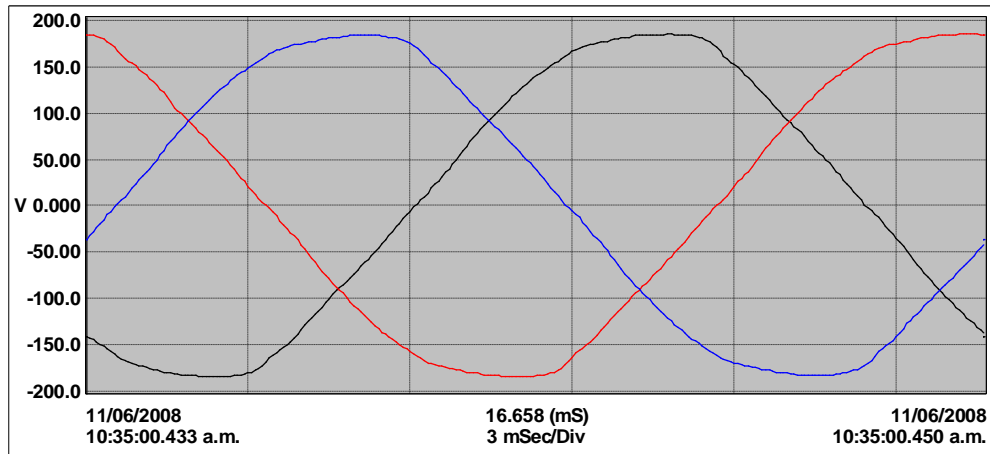
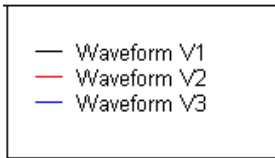
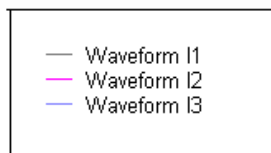


Figura A.2.9

### A.2.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE



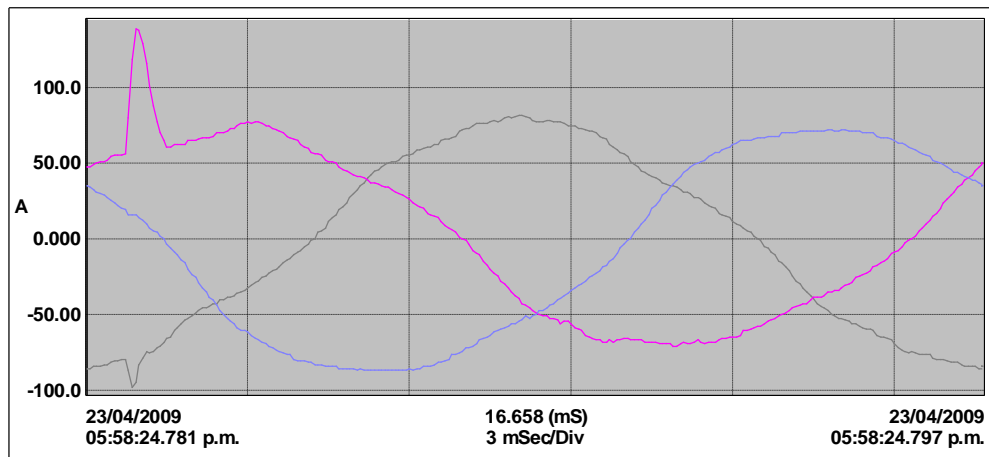


Figura A.2.10

### A.3 SECCIÓN. PRIMER PISO, LADO IZQUIERDO

#### A.3.1 TENSIÓN DE FASE A NEUTRO

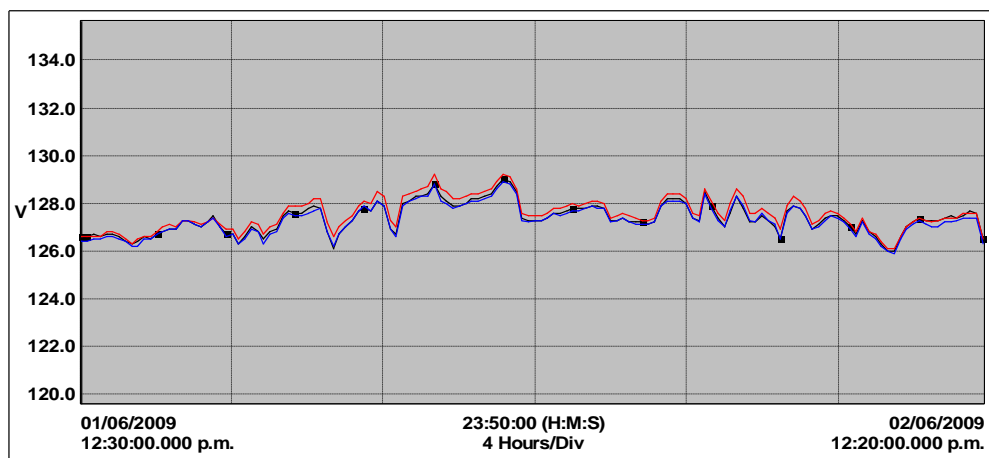
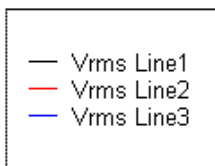


Figura A.3.1



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Lineal	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	127.37	126.00	129.00	V
Vrms Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	127.55	126.10	129.20	V
Vrms Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	127.31	125.90	128.90	V

Tabla A.3.1

### A.3.2 TENSIÓN DE FASE A FASE

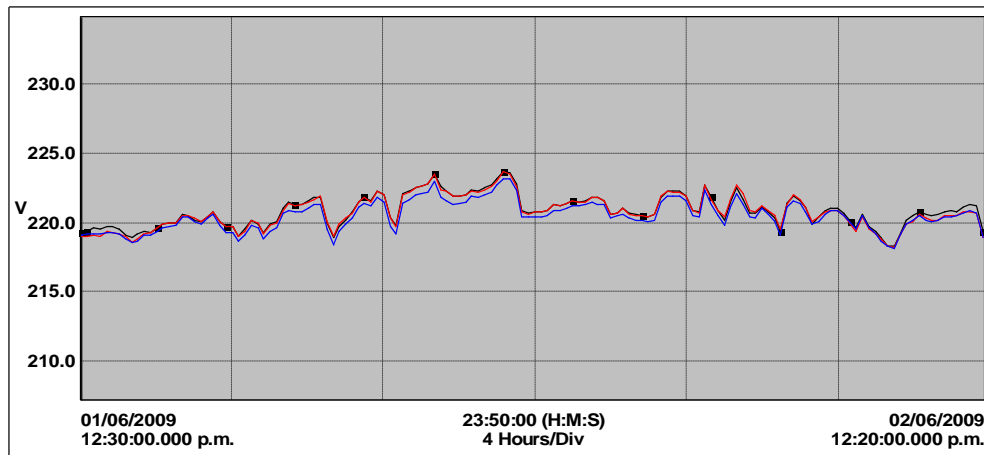
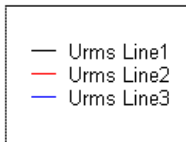


Figura A.3.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Lineal	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	220.86	218.30	223.70	V
Urms Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	220.78	218.20	223.70	V
Urms Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	220.49	218.10	223.20	V

Tabla A.3.2



### A.3.3 CORRIENTE

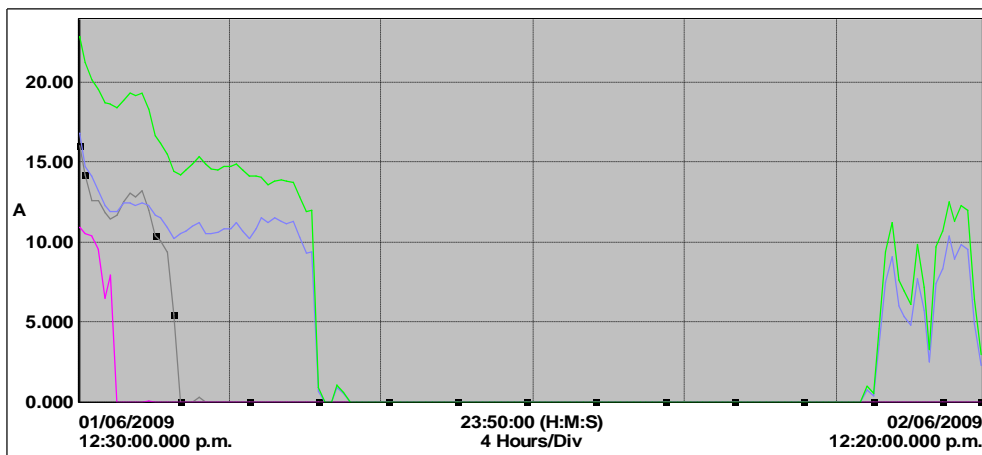
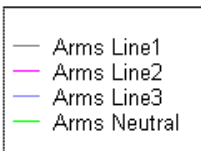


Figura A.3.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.3160	0.0000	16.000	A
Arms Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	0.388	0.0000	10.900	A
Arms Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	3.8500	0.0000	16.800	A
Arms Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	5.2382	0.0000	22.800	A

Tabla A.3.3





### A.3.4 FRECUENCIA

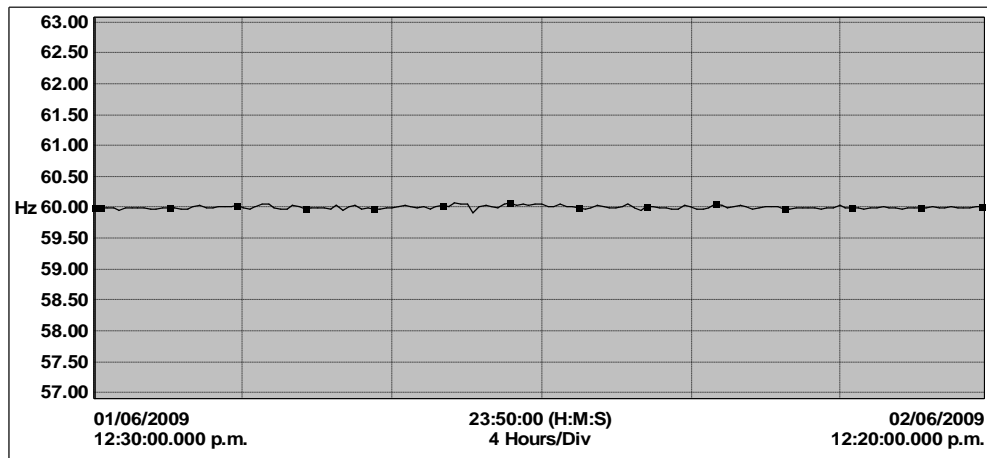


Figura A.3.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1:00:00:00	(D:H:M:S)	59.995	59.900	60.070	144

Tabla A.3.4



### A.3.5. ARMÓNICOS

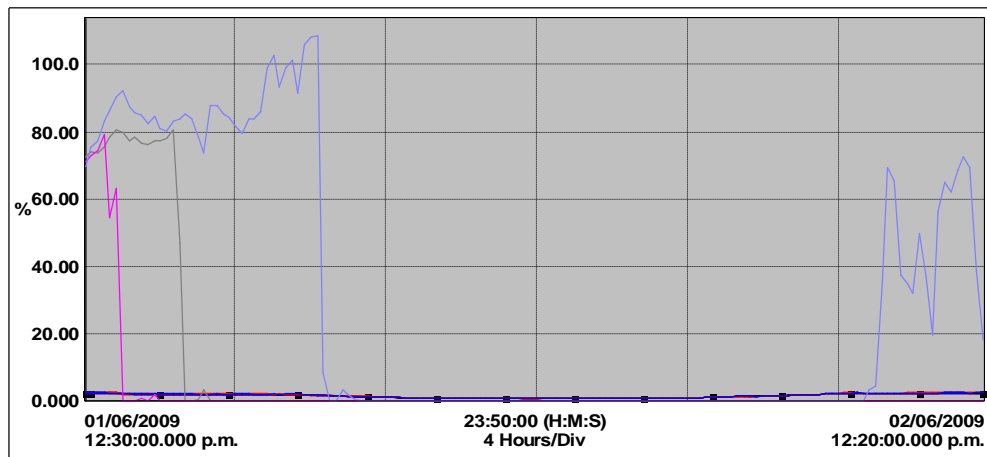
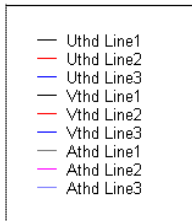


Figura A.3.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.4701	0.700	2.3000	%
Uthd Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.3958	0.600	2.2000	%
Uthd Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.4278	0.700	2.3000	%
Vthd Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.5160	0.700	2.5000	%
Vthd Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.5222	0.500	2.6000	%
Vthd Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.5174	0.700	2.4000	%
Athd Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	8.3722	0.0000	80.500	%
Athd Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	2.9028	0.0000	79.200	%
Athd Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	28.949	0.0000	108.50	%

Tabla A.3.5.1

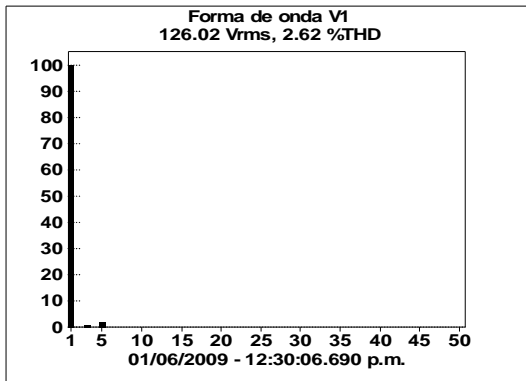


Figura A.3.5.2

H01		H18		H35	
H02		H19		H36	
H03		H20		H37	
H04		H21		H38	
H05		H22		H39	
H06		H23		H40	
H07		H24		H41	
H08		H25		H42	
H09		H26		H43	
H10		H27		H44	
H11		H28		H45	
H12		H29		H46	
H13		H30		H47	
H14		H31		H48	
H15		H32		H49	
H16		H33		H50	
H17		H34			
(%)	100.0	(%)	0.0	(%)	0.0
	0.1		0.0		0.0
	1.2		0.0		0.0
	0.1		0.0		0.0
	2.3		0.0		0.0
	0.0		0.1		0.0
	0.2		0.0		0.0
	0.0		0.0		0.0
	0.2		0.0		0.0
	0.0		0.1		0.0
	0.3		0.0		0.0
	0.0		0.1		0.0
	0.2		0.0		0.0
	0.0		0.0		0.0
	0.1		0.0		0.0
	0.0		0.0		0.0
	0.1		0.0		0.0
	0.0		0.0		0.0
	0.1		0.0		0.0

Tabla A.3.5.2

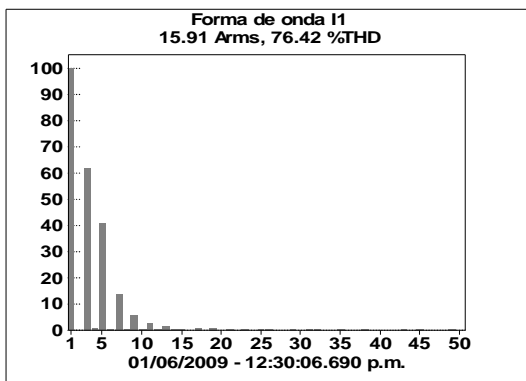


Figura A.3.5.3

H01		H18		H35	
H02		H19		H36	
H03		H20		H37	
H04		H21		H38	
H05		H22		H39	
H06		H23		H40	
H07		H24		H41	
H08		H25		H42	
H09		H26		H43	
H10		H27		H44	
H11		H28		H45	
H12		H29		H46	
H13		H30		H47	
H14		H31		H48	
H15		H32		H49	
H16		H33		H50	
H17		H34			
(%)	100.0	(%)	0.0	(%)	0.6
	0.4		1.2		0.3
	62.4		0.2		0.3
	0.9		0.6		0.6
	41.1		0.3		0.0
	0.5		0.5		0.1
	14.2		0.2		0.4
	0.7		0.6		0.1
	6.1		0.6		0.5
	0.5		0.4		0.3
	3.4		0.3		0.5
	0.6		0.5		0.4
	2.1		0.1		0.1
	0.5		0.8		0.3
	0.6		0.7		0.4
	0.0		0.4		0.4
	0.9		0.2		

Tabla A.3.5.3

### A.3.6 POTENCIA

- W Linea1
- W Linea2
- W Linea3
- W Suma
- VAR Linea
- VAR Linea
- VAR Linea
- VAR Suma
- VA Linea1
- VA Linea2
- VA Linea3
- VA Suma

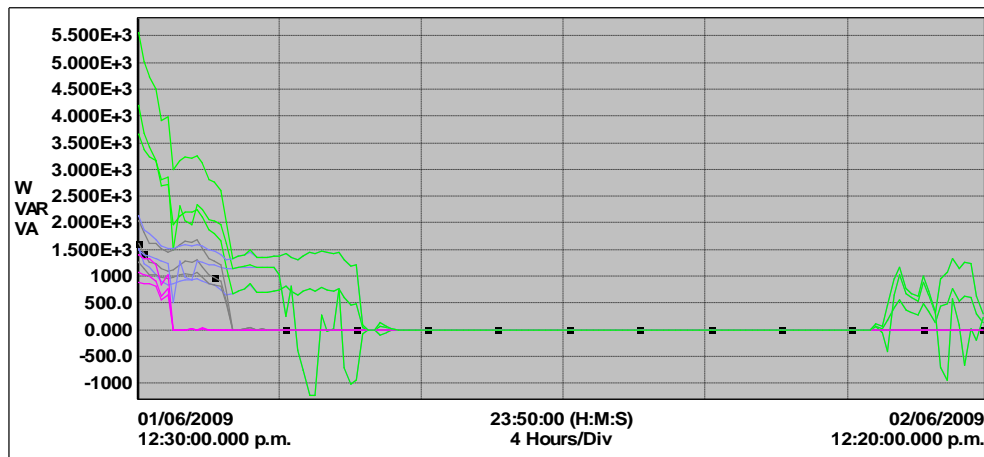


Figura A.3.6

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	128.51	0.0000	1.5989E+3	W
W Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	37.832	0.0000	1.0725E+3	W
W Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	262.66	0.0000	1.5181E+3	W
W Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	429.00	0.0000	4.1896E+3	W
VAR Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	107.47	0.0000	1.2617E+3	VAR
VAR Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	31.885	0.0000	877.91	VAR
VAR Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	194.96	-1.2416E+3	1.5025E+3	VAR
VAR Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	334.32	-1.2416E+3	3.6421E+3	VAR
VA Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	167.56	0.0000	2.0368E+3	VA
VA Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	49.532	0.0000	1.3861E+3	VA
VA Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	491.19	0.0000	2.1364E+3	VA
VA Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	708.28	0.0000	5.5593E+3	VA

Tabla A.3.6



### A.3.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

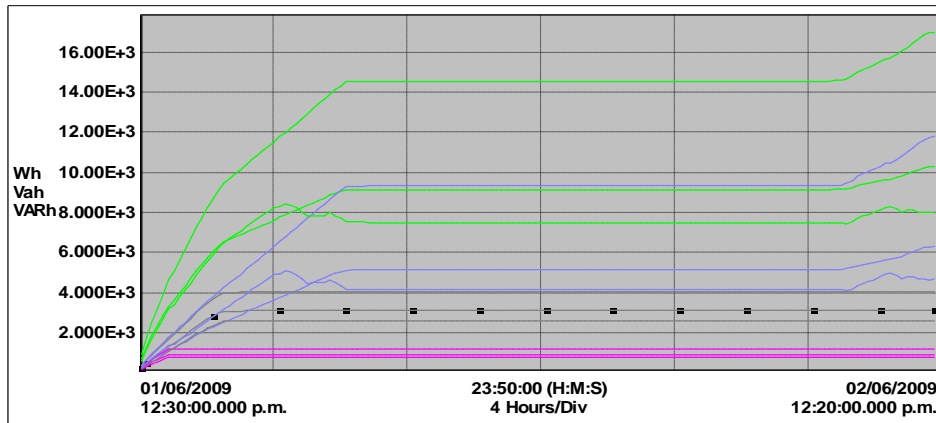


Figura A.3.7

Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hora Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	3.0842E+3	Wh
W-hora Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	907.96	Wh
W-hora Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	6.3038E+3	Wh
W-hora Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	10.296E+3	Wh
VA-hora Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	4.0214E+3	Vah
VA-hora Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	1.1888E+3	Vah
VA-hora Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	11.789E+3	Vah
VA-hora Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	16.999E+3	Vah
VAR-hora Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	2.5794E+3	VARh
VAR-hora Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	765.24	VARh
VAR-hora Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	5.0702E+3	VARh
VAR-hora Neutral	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	8.4148E+3	VARh

Tabla A.3.7

### A.3.8. FACTOR DE POTENCIA

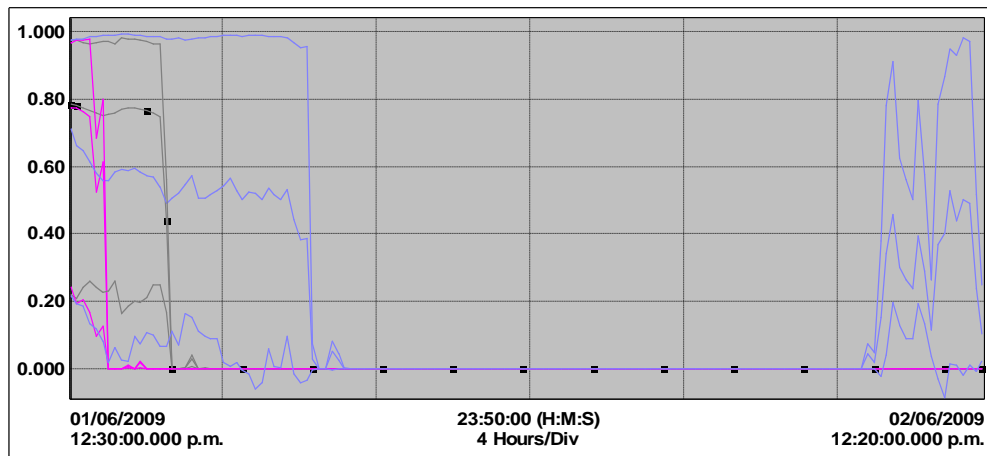
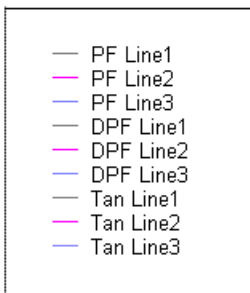


Figura A.3.8

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
PF Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	83.049E-3	0.0000	0.785	
PF Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	29.292E-3	0.0000	0.773	
PF Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	0.183	0.0000	0.710	
DPF Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	0.105	0.0000	0.983	
DPF Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	37.535E-3	0.0000	0.979	
DPF Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	0.342	0.0000	0.992	
Tan Linea1	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	24.354E-3	0.0000	0.260	
Tan Linea2	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	7.1736E-3	0.0000	0.241	
Tan Linea3	01/06/2009	12:30:00.000 p.m.	22.382E-3	-86.000E-3	0.216	

Tabla A.3.8



### A.3.9. TRANSITORIOS DE VOLTAJE

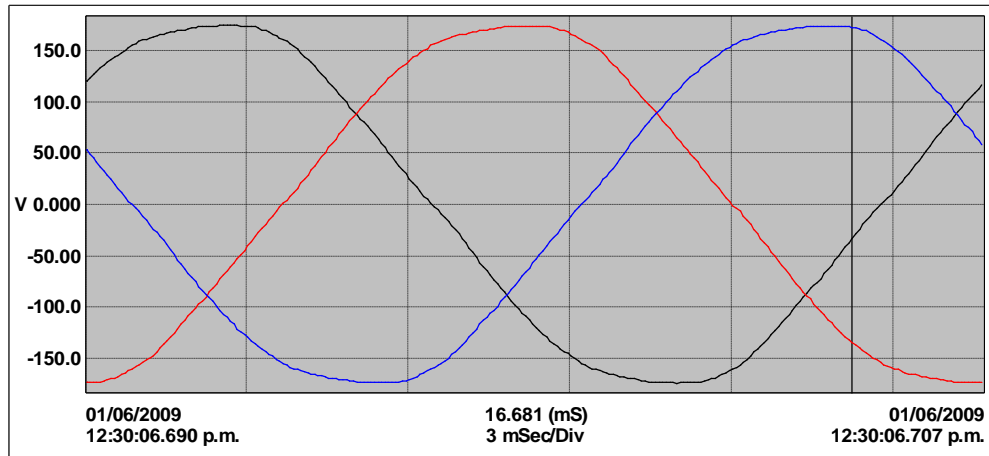
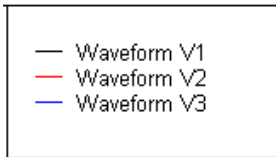
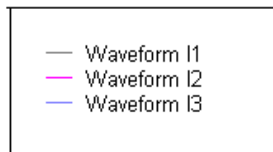


Figura A.3.9

### A.3.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE



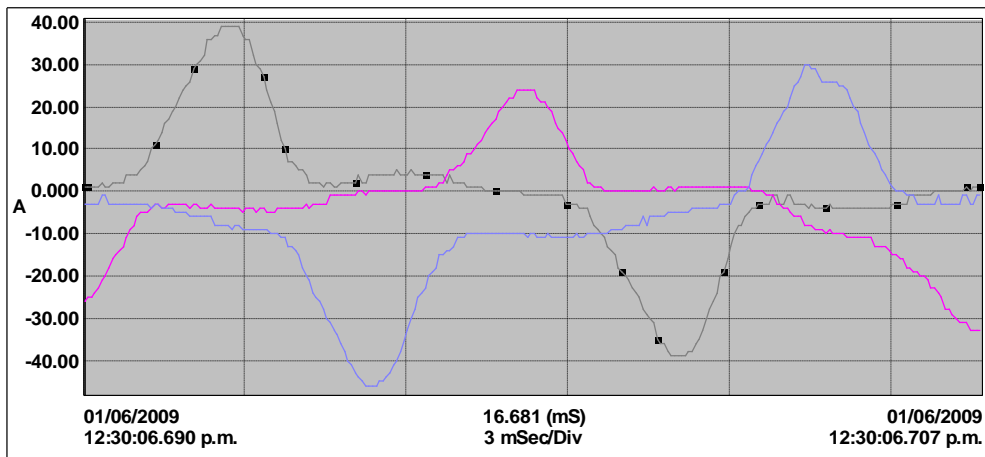


Figura 9.3.10

#### A.4 SECCIÓN. PRIMER PISO, LADO DERECHO

##### A.4.1 TENSIÓN DE FASE A NEUTRO

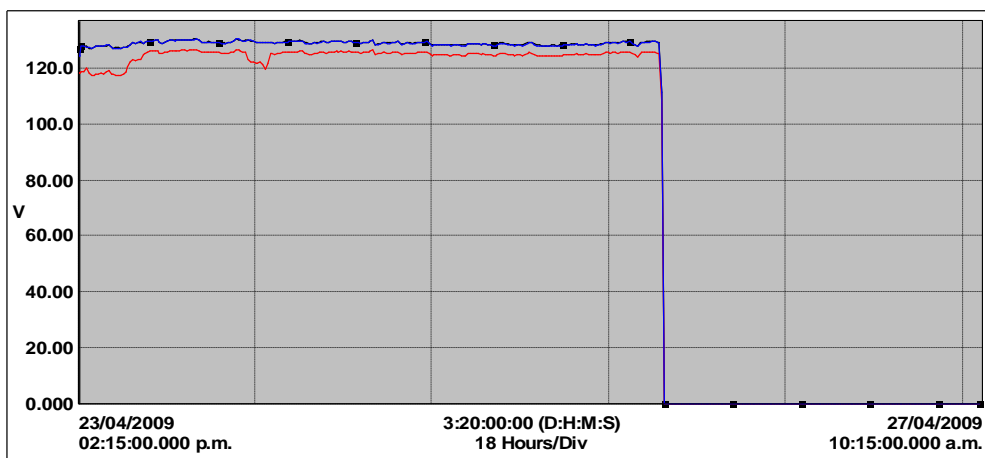
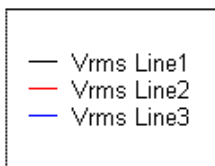


Figura A.4.1





Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	83.378	0.0000	130.30	V
Vrms Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	80.536	0.0000	126.60	V
Vrms Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	83.310	0.0000	130.40	V

Tabla A.4.1

### A.4.2 TENSIÓN DE FASE A FASE

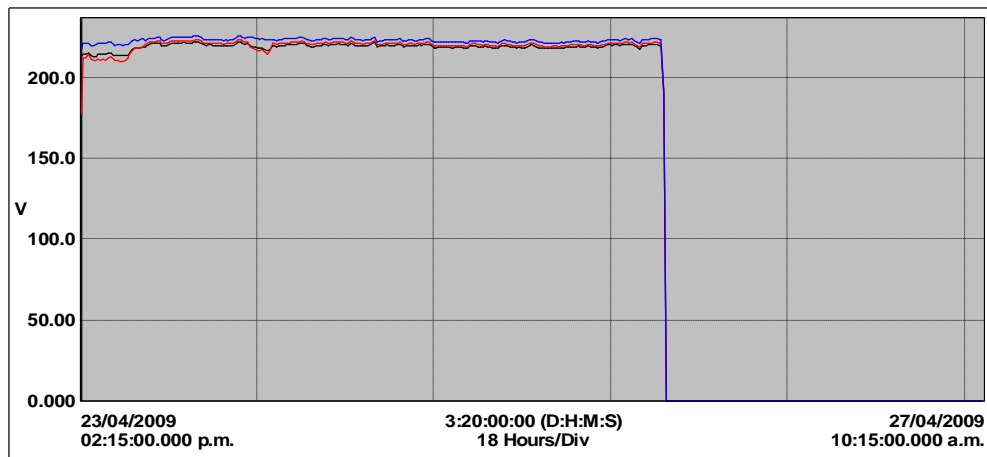
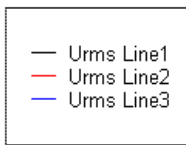


Figura A.4.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	141.76	0.0000	221.80	V
Urms Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	142.17	0.0000	223.50	V
Urms Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	144.25	0.0000	225.60	V

Tabla A.4.2



### A.4.3 CORRIENTE

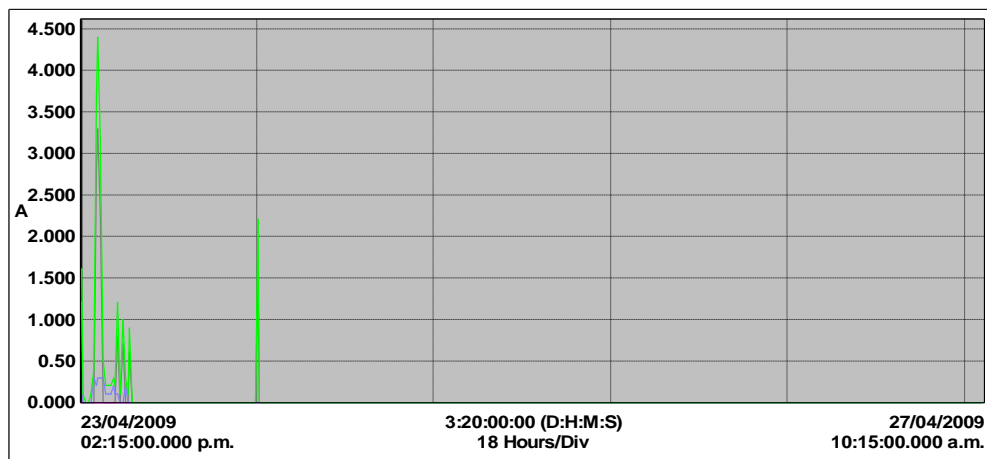
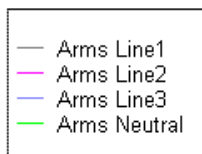


Figura A.4.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	32.791E-3	0.0000	3.3000	A
Arms Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	A
Arms Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	9.4851E-3	0.0000	1.2000	A
Arms Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	56.640E-3	0.0000	4.4000	A

Tabla A.4.3



### A.4.4 FRECUENCIA

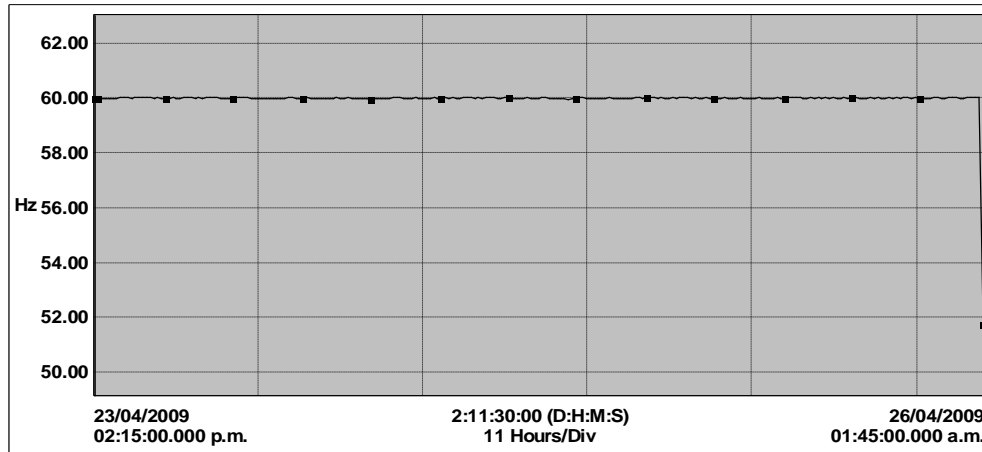


Figura A.4.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	2:11:45:00	(D:H:M:S)	59.957	51.720	60.030	239

Tabla A.4.4

### A.4.5 ARMÓNICOS

—	Uthd Line1
—	Uthd Line2
—	Uthd Line3
—	Vthd Line1
—	Vthd Line2
—	Vthd Line3
—	Athd Line1
—	Athd Line2
—	Athd Line3

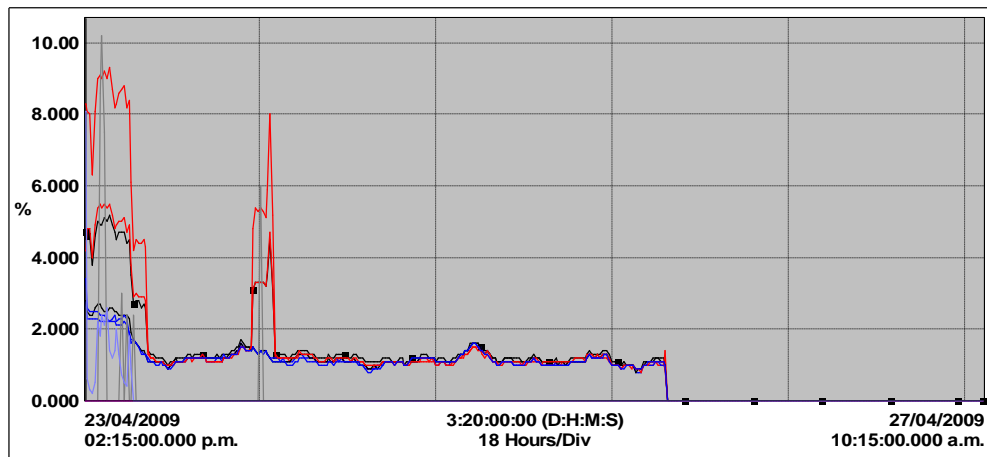


Figura A.4.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.0566	0.0000	5.2000	%
Uthd Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.0176	0.0000	5.5000	%
Uthd Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.798	0.0000	2.8000	%
Vthd Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.830	0.0000	2.8000	%
Vthd Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.2967	0.0000	9.3000	%
Vthd Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.801	0.0000	3.4000	%
Athd Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.109	0.0000	10.200	%
Athd Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	%
Athd Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	87.805E-3	0.0000	8.1000	%

Tabla A.4.5.1

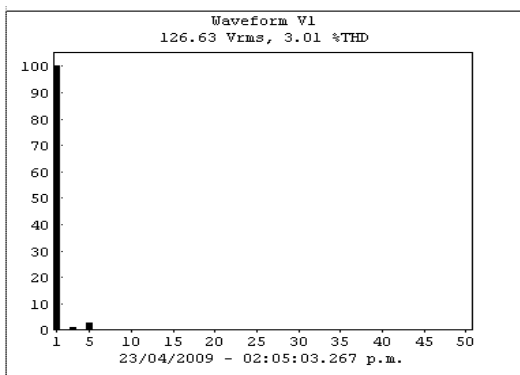


Figura A.4.5.2

Waveform V1					
	(%)		(%)		(%)
H01	100.0	H18	0.0	H35	0.0
H02	0.4	H19	0.1	H36	0.0
H03	1.2	H20	0.1	H37	0.0
H04	0.3	H21	0.1	H38	0.0
H05	2.6	H22	0.0	H39	0.0
H06	0.2	H23	0.1	H40	0.0
H07	0.1	H24	0.0	H41	0.0
H08	0.1	H25	0.0	H42	0.0
H09	0.0	H26	0.0	H43	0.0
H10	0.1	H27	0.1	H44	0.0
H11	0.3	H28	0.0	H45	0.0
H12	0.0	H29	0.1	H46	0.0
H13	0.2	H30	0.0	H47	0.1
H14	0.0	H31	0.0	H48	0.0
H15	0.2	H32	0.0	H49	0.0
H16	0.0	H33	0.1	H50	0.0
H17	0.1	H34	0.0		

Tabla A.4.5.2

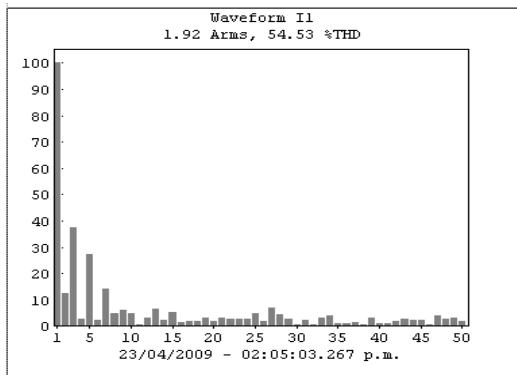


Figura A.4.5.3

Waveform II					
(%)	(%)	(%)			
H01	100.0	H18	1.9	H35	1.1
H02	12.6	H19	3.3	H36	0.9
H03	37.7	H20	1.9	H37	1.4
H04	2.9	H21	3.2	H38	0.8
H05	27.1	H22	2.9	H39	3.3
H06	2.3	H23	2.6	H40	0.9
H07	14.2	H24	2.6	H41	1.1
H08	5.0	H25	5.0	H42	1.8
H09	6.0	H26	1.9	H43	2.7
H10	4.9	H27	7.0	H44	2.3
H11	0.6	H28	4.5	H45	2.5
H12	3.3	H29	2.7	H46	0.8
H13	6.7	H30	0.8	H47	3.9
H14	2.2	H31	2.2	H48	2.9
H15	5.3	H32	0.6	H49	3.3
H16	1.3	H33	3.2	H50	1.8
H17	1.8	H34	4.1		

Tabla A.4.5.3

### A.4.6 POTENCIA

- W Linea1
- W Linea2
- W Linea3
- W Suma
- VAR Linea1
- VAR Linea2
- VAR Linea3
- VAR Suma
- VA Linea1
- VA Linea2
- VA Linea3
- VA Suma

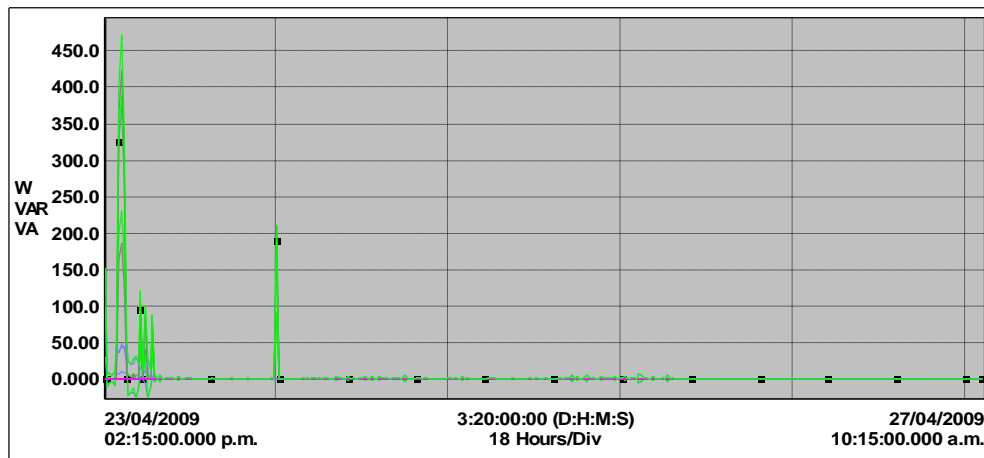


Figura A.4.6



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	3.8391	0.0000	379.73	W
W Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	W
W Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.278	0.0000	29.460	W
W Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	4.1172	0.0000	388.77	W
VAR Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.8838	0.0000	186.05	VAR
VAR Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	VAR
VAR Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	-0.132	-26.820	97.520	VAR
VAR Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.7517	-26.820	230.60	VAR
VA Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	4.2949	0.0000	424.02	VA
VA Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	VA
VA Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.9885	0.0000	151.47	VA
VA Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	6.2834	0.0000	471.99	VA

Tabla A.4.6

### A.4.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

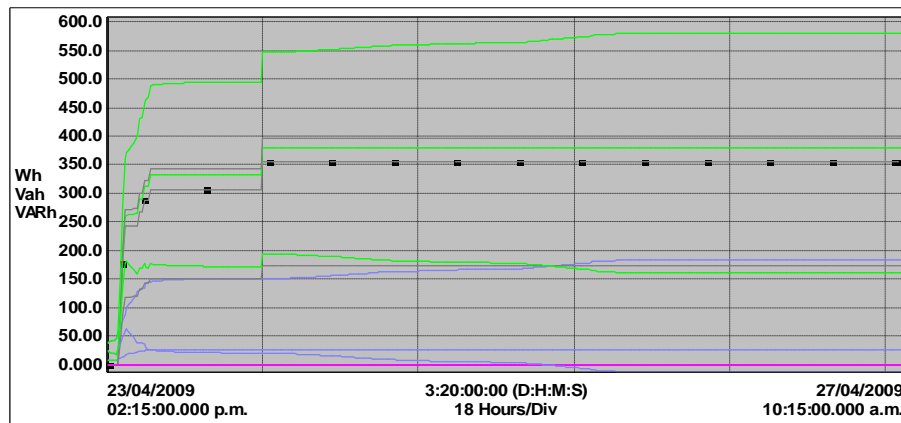


Figura A.4.7



Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hours Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	354.16	Wh
W-hours Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	Wh
W-hours Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	25.620	Wh
W-hours Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	379.78	Wh
VA-hours Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	396.20	Vah
VA-hours Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	Vah
VA-hours Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	183.44	Vah
VA-hours Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	579.65	Vah
VAR-hours Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	173.78	VARh
VAR-hours Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	VARh
VAR-hours Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	62.890	VARh
VAR-hours Neutral	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	193.69	VARh

Tabla A.4.7

### A.4.8 FACTOR DE POTENCIA

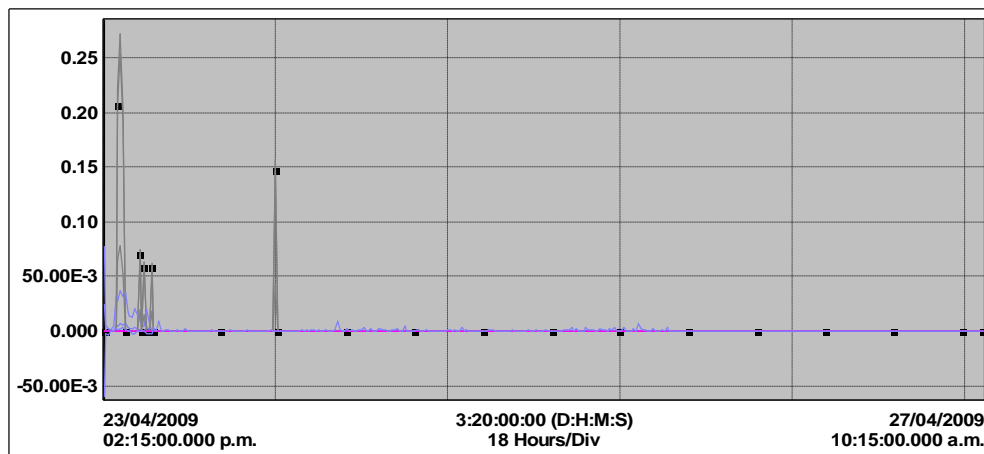
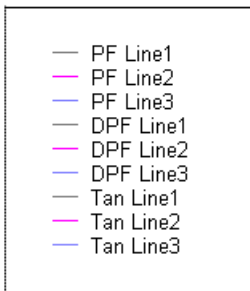


Figura A.4.8



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
PF Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	2.6721E-3	0.0000	0.254	
PF Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	
PF Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	205.96E-6	0.0000	24.000E-3	
DPF Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	2.8591E-3	0.0000	0.272	
DPF Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	
DPF Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	1.0407E-3	0.0000	77.000E-3	
Tan Line1	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	788.62E-6	0.0000	78.000E-3	
Tan Line2	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	
Tan Line3	23/04/2009	02:15:00.000 p.m.	165.31E-6	-60.000E-3	9.0000E-3	

Tabla A.4.8

### A.4.9. TRANSITORIOS DE VOLTAJE

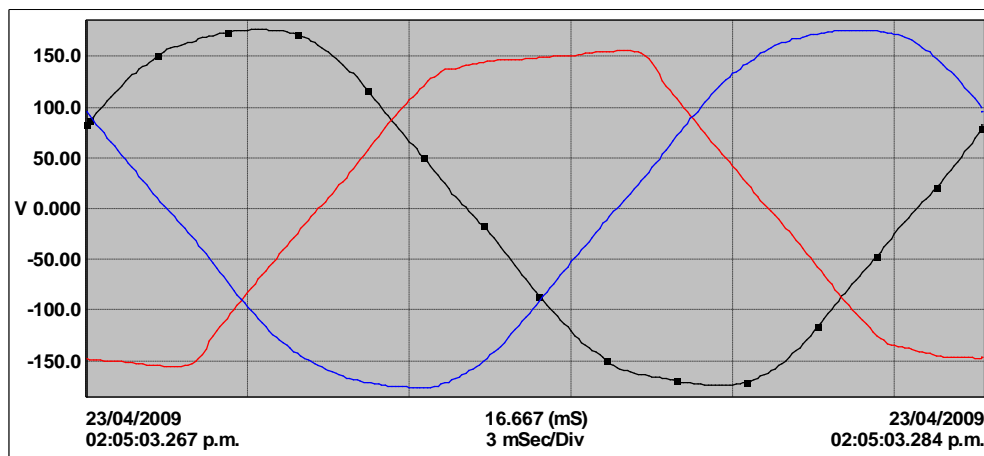
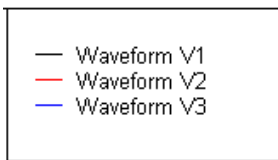


Figura A.4.9



### A.4.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE

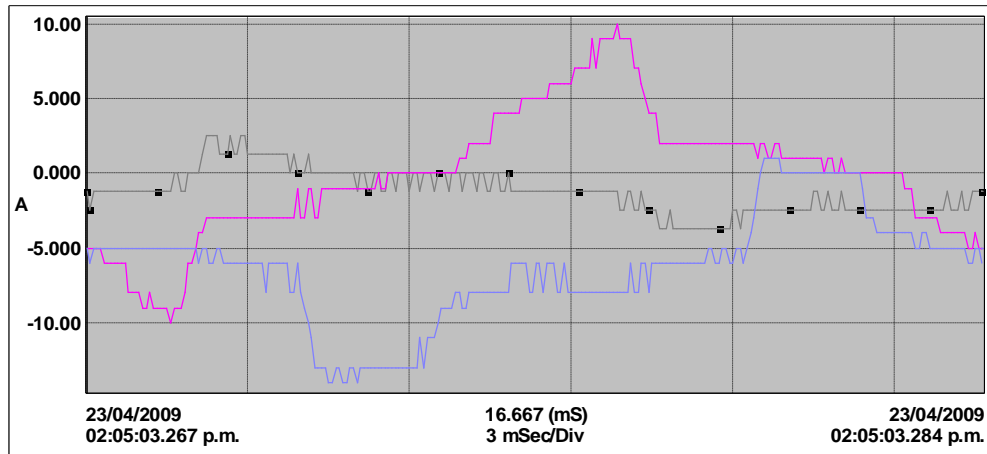
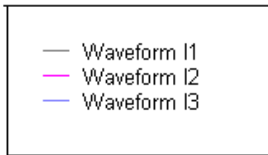
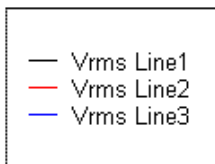


Figura A.4.10

### A.5 SECCIÓN, SEGUNDO PISO, LADO IZQUIERDO

#### A.5.1. TENSIÓN DE FASE A NEUTRO



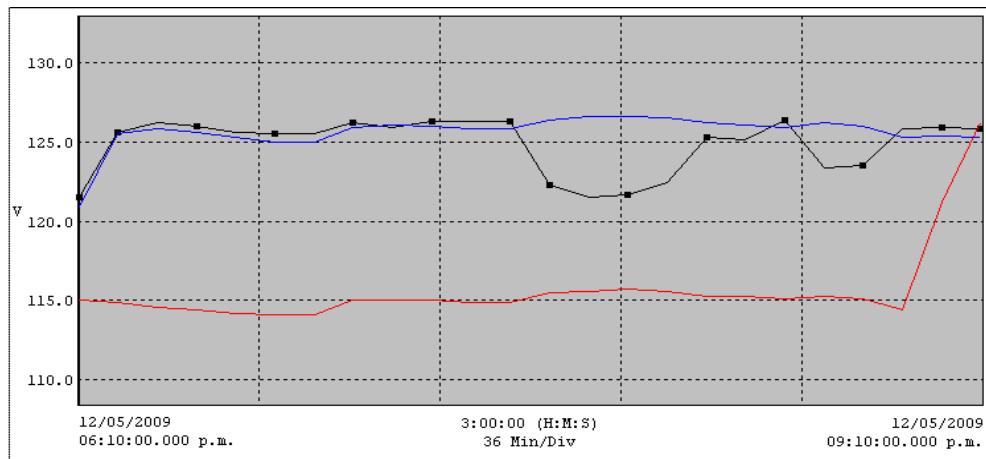


Figura A.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	124.83	121.50	126.40	V
Vrms Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	115.68	114.10	126.20	V
Vrms Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	125.63	120.90	126.60	V

Tabla A.5.1

### A.5.2 TENSIÓN DE FASE A FASE.

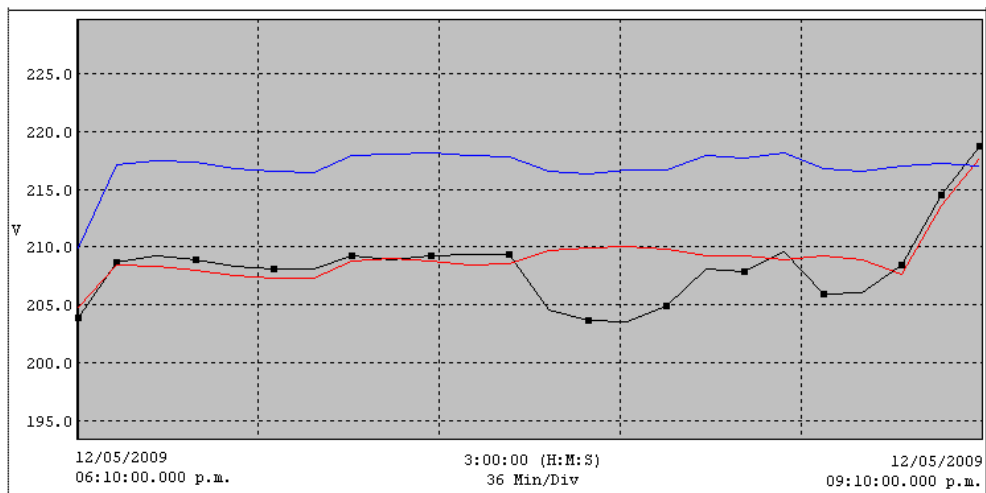
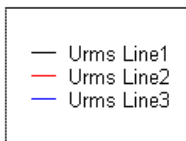


Figura A.5.2



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	208.23	203.60	218.70	V
Urms Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	209.14	204.80	217.70	V
Urms Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	216.90	209.90	218.10	V

Tabla A.5.2

### A.5.3 CORRIENTE

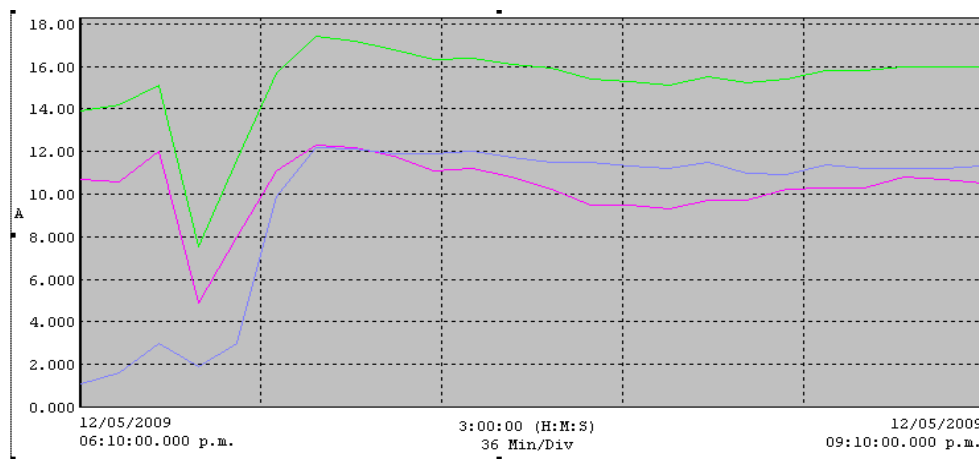
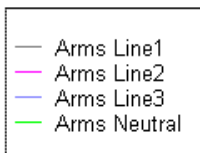


Figura A.5.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	A
Arms Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	10.308	4.9000	12.300	A
Arms Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	9.4792	1.1000	12.200	A
Arms Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	15.233	7.5000	17.400	A

Tabla A.5.3



### A.5.4 FRECUENCIA

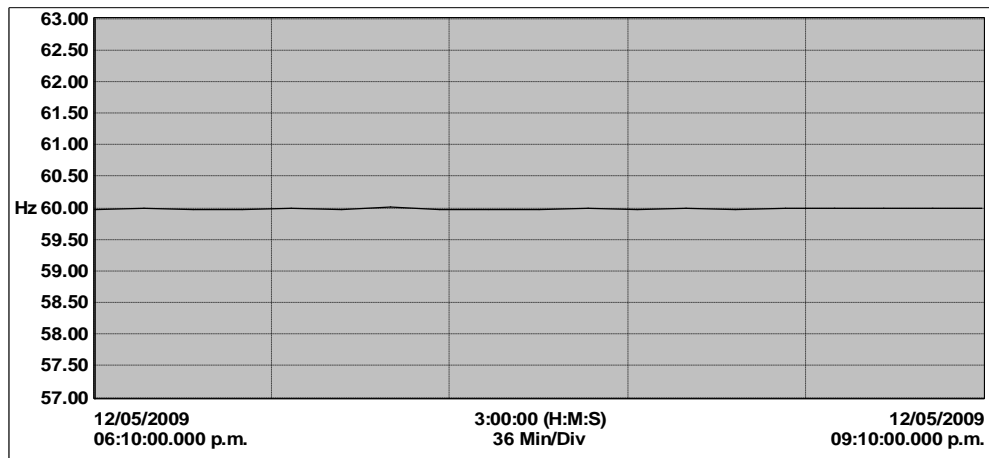


Figura A.5.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	3:10:00	(H:M:S)	59.985	59.970	60.010	24

Tabla A.5.4

### A.5.5 ARMÓNICOS

- Uthd Line1
- Uthd Line2
- Uthd Line3
- Vthd Line1
- Vthd Line2
- Vthd Line3
- Athd Line1
- Athd Line2
- Athd Line3

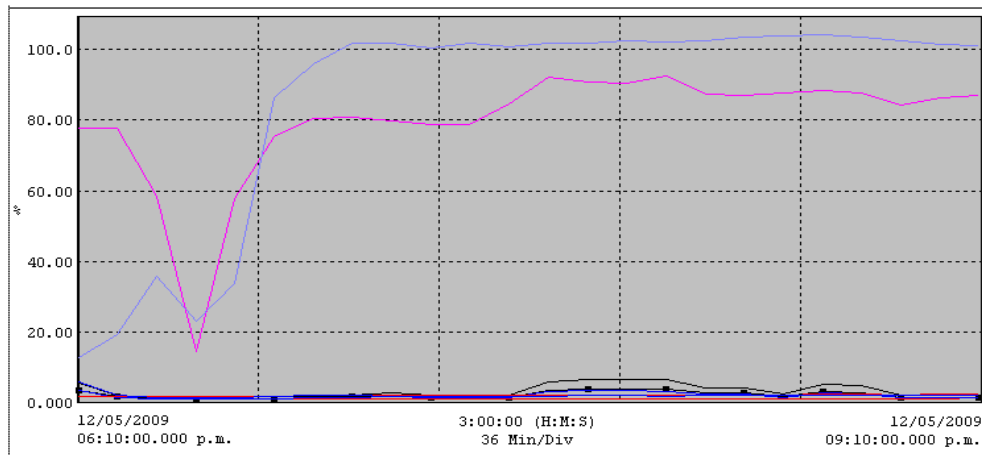


Figura A.5.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.1375	1.2000	3.9000	%
Uthd Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.2792	1.1000	3.3000	%
Uthd Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.9250	1.1000	3.5000	%
Vthd Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	3.2958	1.5000	6.5000	%
Vthd Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.0417	1.6000	2.3000	%
Vthd Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.0292	1.5000	6.0000	%
Athd Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	%
Athd Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	79.504	14.600	92.600	%
Athd Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	85.188	12.700	104.20	%

Tabla A.5.5.1

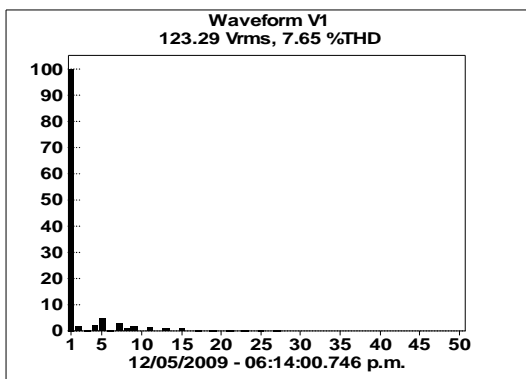


Figura A.5.5.2

Waveform V1					
	(%)		(%)		(%)
H01	100.0	H18	0.2	H35	0.3
H02	2.1	H19	0.8	H36	0.1
H03	0.8	H20	0.0	H37	0.2
H04	2.4	H21	0.8	H38	0.1
H05	4.9	H22	0.2	H39	0.3
H06	0.6	H23	0.8	H40	0.1
H07	3.2	H24	0.2	H41	0.2
H08	0.9	H25	0.5	H42	0.1
H09	1.8	H26	0.2	H43	0.2
H10	0.4	H27	0.5	H44	0.1
H11	1.7	H28	0.2	H45	0.1
H12	0.2	H29	0.4	H46	0.1
H13	1.1	H30	0.1	H47	0.1
H14	0.2	H31	0.4	H48	0.1
H15	0.9	H32	0.1	H49	0.1
H16	0.2	H33	0.3	H50	0.1
H17	0.6	H34	0.0		

Tabla A.5.5.2

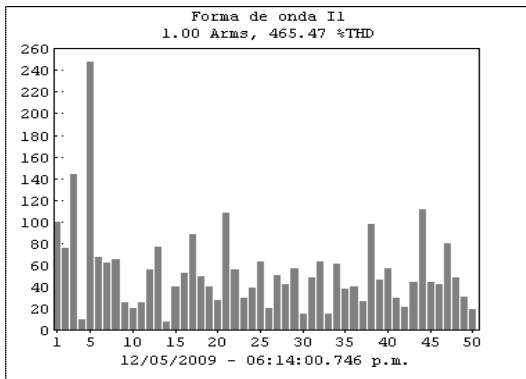


Figura A.5.5.3

Forma de onda I1					
	(%)	(%)	(%)		
H01	100.0	H18	49.3	H35	38.1
H02	75.5	H19	39.9	H36	39.9
H03	144.3	H20	28.0	H37	26.2
H04	9.7	H21	108.3	H38	98.3
H05	247.2	H22	55.7	H39	46.8
H06	68.0	H23	29.8	H40	56.9
H07	61.8	H24	39.4	H41	29.9
H08	65.9	H25	63.4	H42	21.0
H09	25.2	H26	20.6	H43	44.3
H10	20.4	H27	50.6	H44	111.7
H11	26.1	H28	41.9	H45	44.5
H12	55.7	H29	57.0	H46	42.1
H13	76.8	H30	15.4	H47	80.1
H14	7.9	H31	48.2	H48	48.8
H15	40.2	H32	63.7	H49	30.4
H16	52.4	H33	15.4	H50	19.4
H17	88.9	H34	60.9		

Tabla A.5.5.3

### A.5.6 POTENCIA

- W Linea1
- W Linea2
- W Linea3
- W Suma
- VAR Linea1
- VAR Linea2
- VAR Linea3
- VAR Suma
- VA Linea1
- VA Linea2
- VA Linea3
- VA Suma

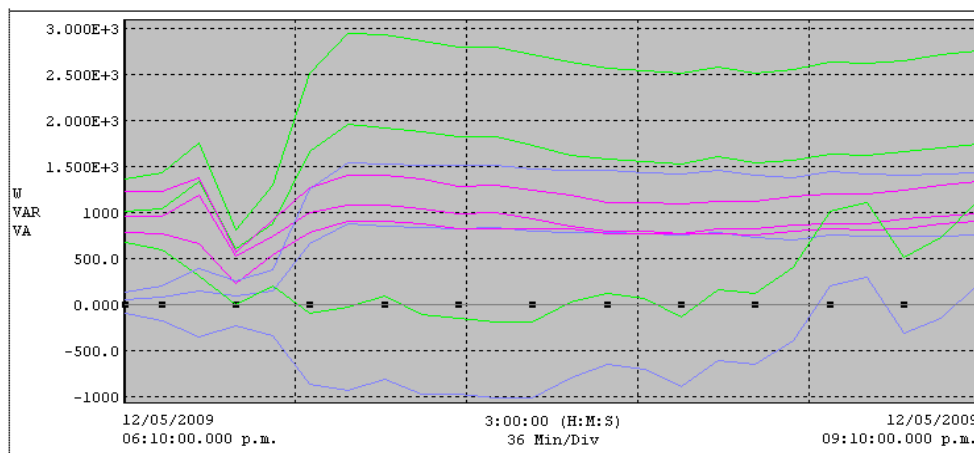


Figura A.5.6



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	W
W Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	908.49	517.29	1.1868E+3	W
W Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	632.64	51.220	880.62	W
W Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.5411E+3	608.13	1.9612E+3	W
VAR Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	VAR
VAR Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	773.24	219.54	904.16	VAR
VAR Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	-512.51	-1.0216E+3	287.88	VAR
VAR Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	260.72	-197.53	1.1139E+3	VAR
VA Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000	VA
VA Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.1973E+3	562.07	1.4090E+3	VA
VA Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.1993E+3	137.36	1.5365E+3	VA
VA Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.3966E+3	808.71	2.9455E+3	VA

Tabla A.5.6

### A.5.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

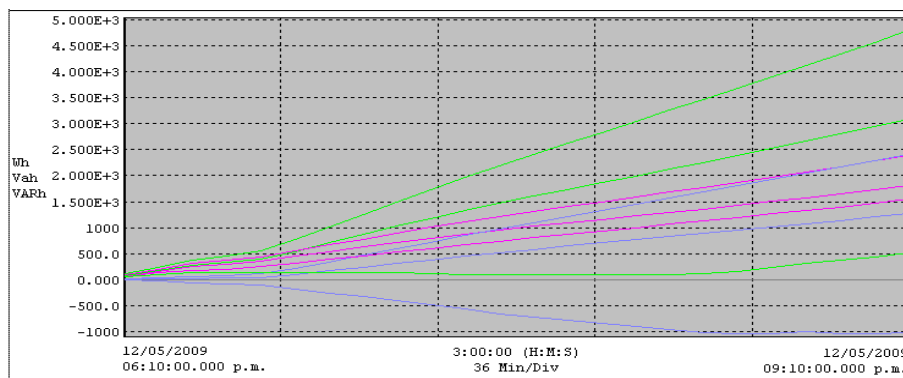


Figura A.5.7



Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hora Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	Wh
W-hora Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.8170E+3	Wh
W-hora Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.2653E+3	Wh
W-hora Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	3.0823E+3	Wh
VA-hora Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	Vah
VA-hora Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.3947E+3	Vah
VA-hora Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	2.3986E+3	Vah
VA-hora Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	4.7932E+3	Vah
VAR-hora Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	VARh
VAR-hora Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	1.5465E+3	VARh
VAR-hora Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	-8.4100	VARh
VAR-hora Neutral	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	521.44	VARh

Tabla A.5.7

### A.5.8 FACTOR DE POTENCIA

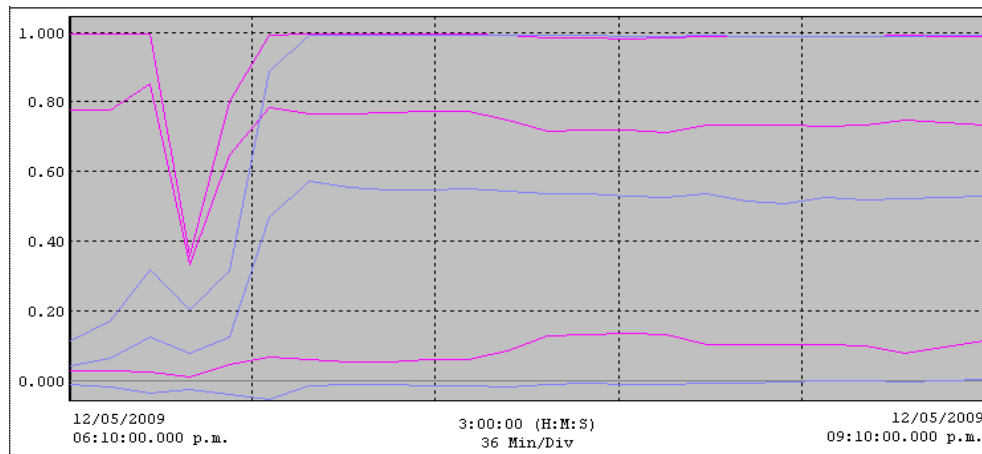
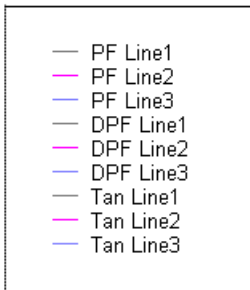


Figura A.5.8





Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max
PF Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000
PF Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.729	0.331	0.850
PF Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.439	44.000E-3	0.573
DPF Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000
DPF Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.956	0.358	0.995
DPF Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.826	0.115	0.992
Tan Linea1	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	0.0000	0.0000	0.0000
Tan Linea2	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	79.625E-3	9.0000E-3	0.137
Tan Linea3	12/05/2009	06:10:00.000 p.m.	-13.875E-3	-55.000E-3	2.0000E-3

Tabla A.5.8

### A.5.9 TRANSITORIOS DE VOLTAJE

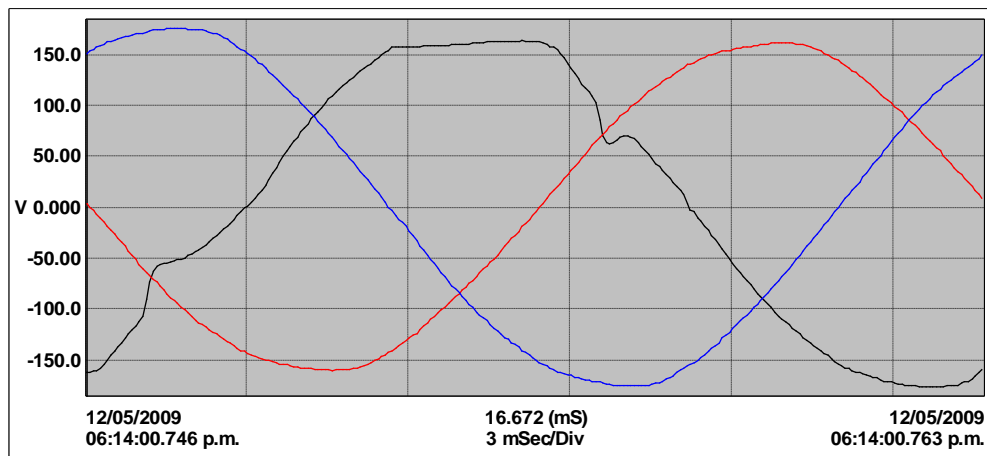
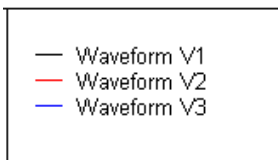


Figura A.5.9

### A.5.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE

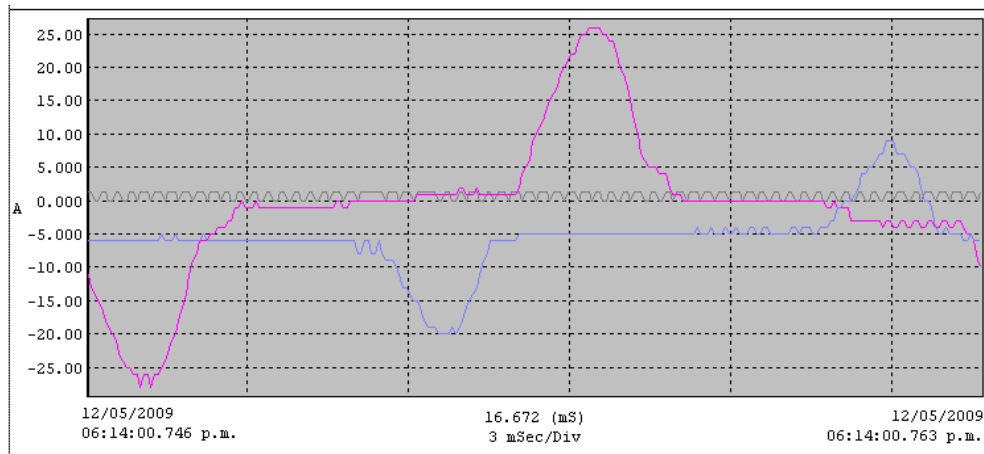
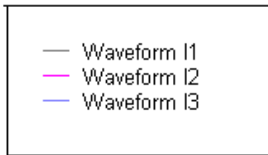
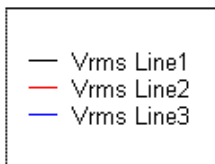


Figura A.5.10

### A.6 SECCIÓN, SEGUNDO PISO, LADO DERECHO

#### A.6.1 TENSIÓN DE FASE A NEUTRO



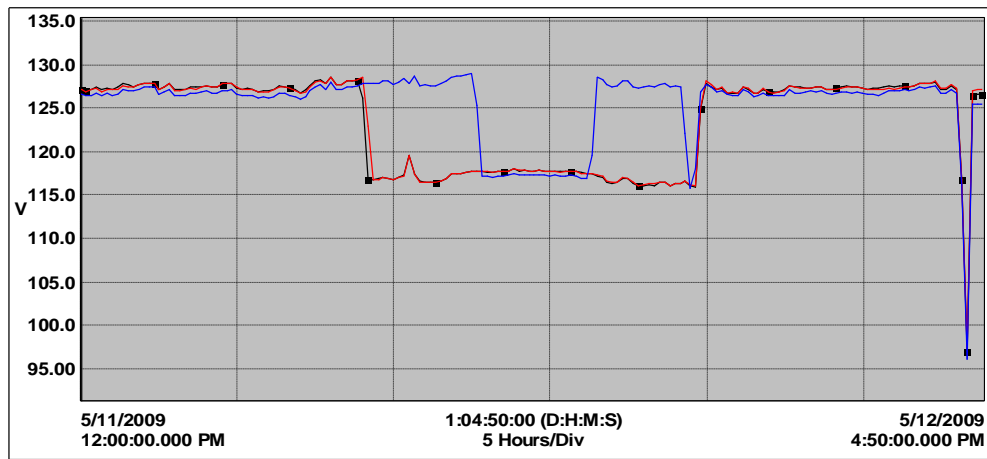


Figura A.6.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	123.35	96.900	128.50	V
Vrms Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	123.40	97.300	128.50	V
Vrms Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	125.47	96.100	129.00	V

Tabla A.6.1



### A.6.2 TENSIÓN DE FASE A FASE

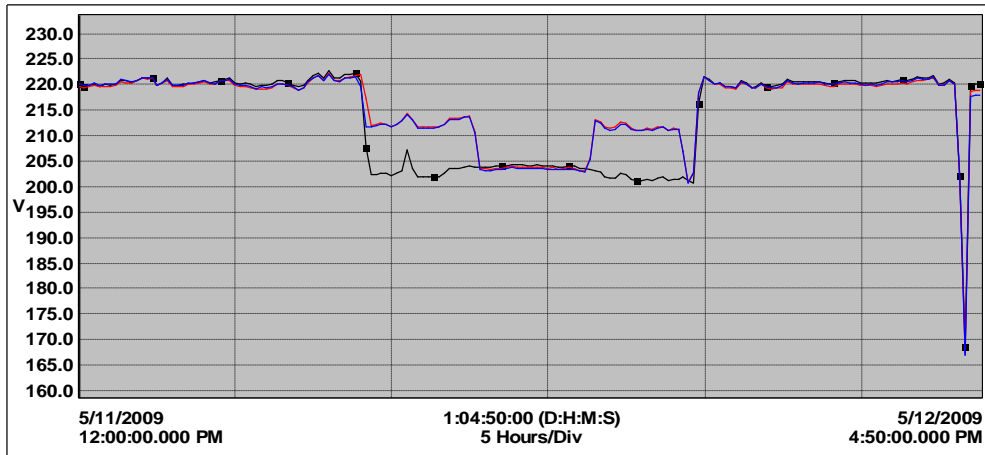
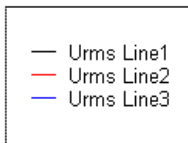
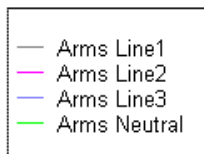


Figura A.6.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	213.65	168.50	222.60	V
Urms Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	215.58	167.50	222.30	V
Urms Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	215.55	166.90	222.10	V

Tabla A.6.2

### A.6.3 CORRIENTE



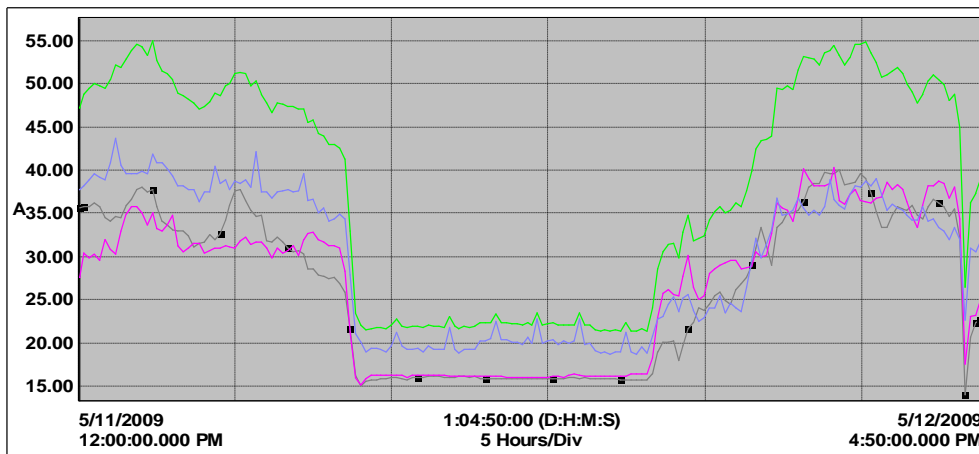


Figura A.6.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	26.561	14.000	40.000	Å
Arms Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	26.848	15.200	40.300	Å
Arms Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	29.651	18.700	43.600	Å
Arms Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	38.235	21.300	54.900	Å

Tabla A.6.3

### A.6.4 FRECUENCIA

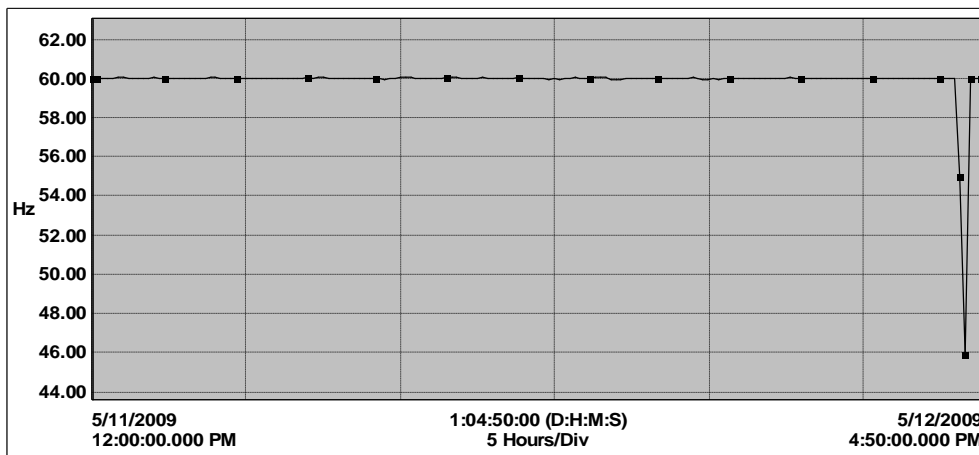


Figura A.6.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1:05:00:00	(D:H:M:S)	59.882	45.880	60.060	174

Tabla A.6.4

### A.6.5 ARMÓNICOS

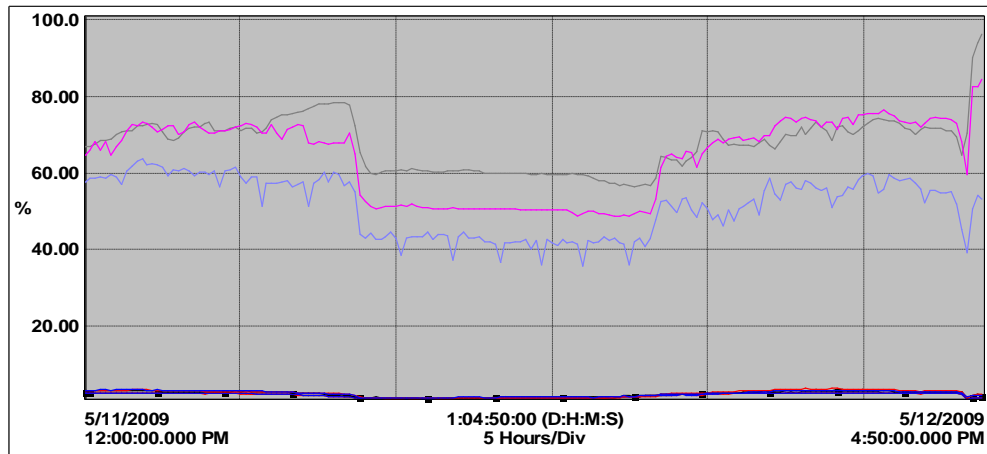
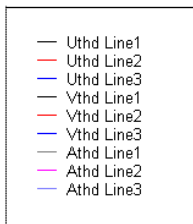


Figura A.6.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1.9661	0.900	2.7000	%
Uthd Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1.8569	0.900	2.6000	%
Uthd Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1.9397	0.900	2.6000	%
Vthd Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	2.3011	1.2000	3.4000	%
Vthd Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	2.3874	1.1000	3.6000	%
Vthd Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	2.3293	1.1000	3.3000	%
Athd Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	67.621	56.500	96.300	%
Athd Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	64.164	48.800	84.500	%
Athd Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	51.506	35.700	63.800	%

Tabla A.6.5.1

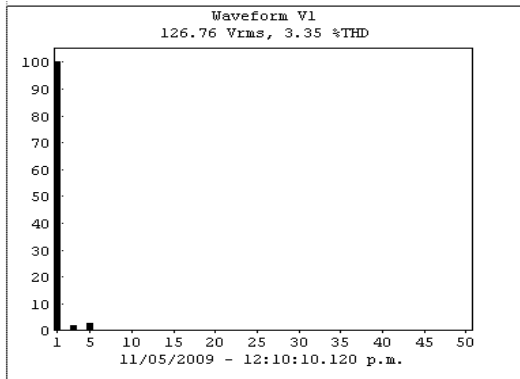


Figura A.6.5.2

	(%)	(%)	(%)
H01	100.0	H18	0.0
H02	0.0	H19	0.0
H03	1.8	H20	0.0
H04	0.0	H21	0.0
H05	2.7	H22	0.1
H06	0.0	H23	0.1
H07	0.2	H24	0.0
H08	0.0	H25	0.1
H09	0.3	H26	0.0
H10	0.0	H27	0.1
H11	0.4	H28	0.0
H12	0.0	H29	0.1
H13	0.2	H30	0.0
H14	0.0	H31	0.1
H15	0.2	H32	0.0
H16	0.0	H33	0.2
H17	0.1	H34	0.0
		H35	0.0
		H36	0.0
		H37	0.1
		H38	0.0
		H39	0.1
		H40	0.0
		H41	0.1
		H42	0.0
		H43	0.1
		H44	0.0
		H45	0.0
		H46	0.0
		H47	0.0
		H48	0.0
		H49	0.0
		H50	0.0

Tabla A.6.5.2

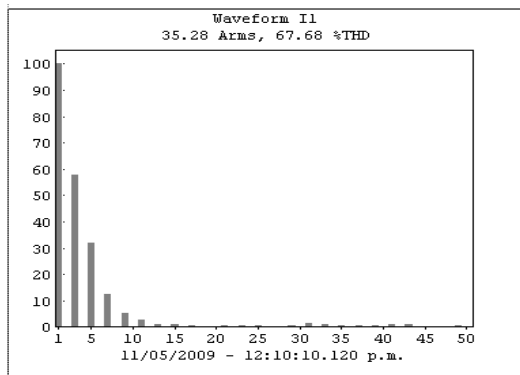


Figura A.6.5.3

	(%)	(%)	(%)
H01	100.0	H18	0.2
H02	0.3	H19	0.3
H03	57.8	H20	0.2
H04	0.4	H21	0.5
H05	32.2	H22	0.2
H06	0.3	H23	0.7
H07	12.6	H24	0.1
H08	0.1	H25	0.4
H09	5.4	H26	0.3
H10	0.3	H27	0.2
H11	2.9	H28	0.2
H12	0.3	H29	0.8
H13	1.2	H30	0.1
H14	0.2	H31	1.3
H15	1.1	H32	0.1
H16	0.1	H33	1.0
H17	0.6	H34	0.2
		H35	0.7
		H36	0.1
		H37	0.6
		H38	0.1
		H39	0.4
		H40	0.2
		H41	0.9
		H42	0.1
		H43	1.0
		H44	0.0
		H45	0.3
		H46	0.1
		H47	0.4
		H48	0.3
		H49	0.5
		H50	0.2

Tabla A.6.5.3

## A.6.6 POTENCIA

-	W Linea1
-	W Linea2
-	W Linea3
-	W Suma
-	VAR Linea
-	VAR Linea
-	VAR Linea
-	VAR Suma
-	VA Linea1
-	VA Linea2
-	VA Linea3
-	VA Suma

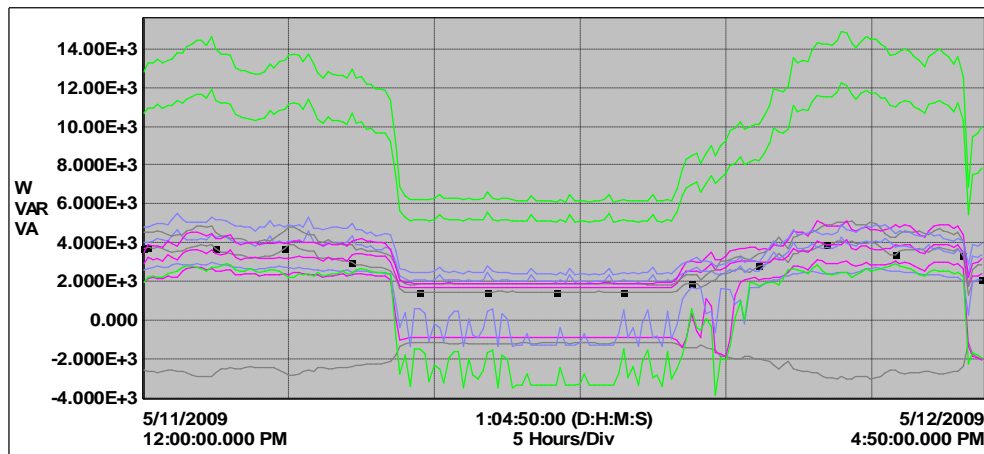


Figura A.6.6

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	2.6375E+3	1.2748E+3	4.0962E+3	W
W Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	2.7568E+3	1.6682E+3	4.1364E+3	W
W Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	3.1369E+3	1.9455E+3	4.6748E+3	W
W Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	8.5312E+3	5.0592E+3	12.253E+3	W
VAR Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	-2.0275E+3	-3.0646E+3	-1.1490E+3	VAR
VAR Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1.0538E+3	-2.0623E+3	3.1237E+3	VAR
VAR Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	1.3114E+3	-1.3883E+3	3.0107E+3	VAR
VAR Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	337.65	-3.8815E+3	2.9216E+3	VAR
VA Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	3.3282E+3	1.7654E+3	5.1007E+3	VA
VA Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	3.3614E+3	1.8853E+3	5.1355E+3	VA
VA Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	3.7440E+3	2.3262E+3	5.5244E+3	VA
VA Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	10.434E+3	6.0983E+3	14.855E+3	VA

Tabla A.6.6

### A.6.7 ENERGÍA

-	W-hora Linea1
-	W-hora Linea2
-	W-hora Linea3
-	W-hora Suma
-	VA-hora Linea1
-	VA-hora Linea2
-	VA-hora Linea3
-	VA-hora Suma
-	VAR-hora Linea1
-	VAR-hora Linea2
-	VAR-hora Linea3
-	VAR-hora Suma



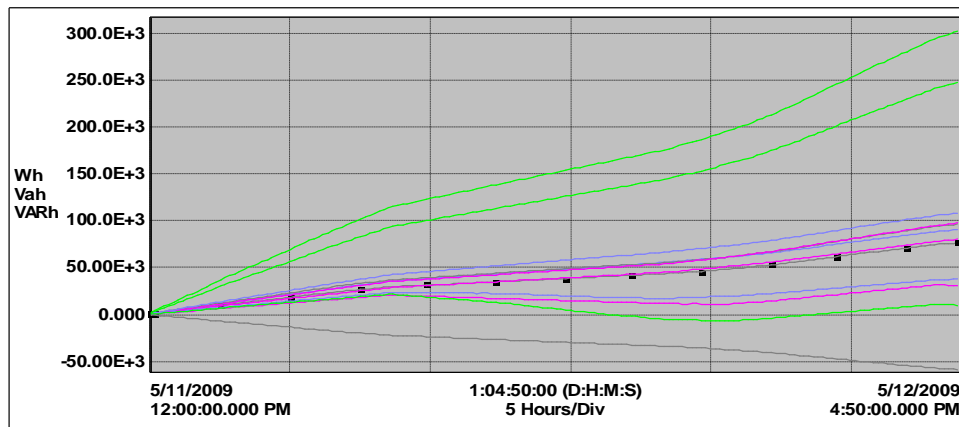
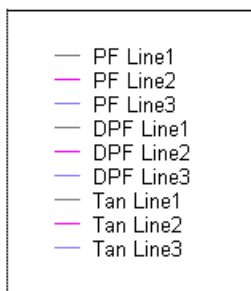


Figura A.6.7

Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hours Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	76.488E+3	Wh
W-hours Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	79.946E+3	Wh
W-hours Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	90.970E+3	Wh
W-hours Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	247.40E+3	Wh
VÀ-hours Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	96.517E+3	Vah
VÀ-hours Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	97.480E+3	Vah
VÀ-hours Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	108.58E+3	Vah
VÀ-hours Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	302.57E+3	Vah
V&R-hours Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	-436.35	VARh
V&R-hours Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	31.763E+3	VARh
V&R-hours Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	38.030E+3	VARh
V&R-hours Neutral	5/11/2009	12:00:00.000 PM	21.542E+3	VARh

Tabla A.6.7

### A.6.8 FACTOR DE POTENCIA



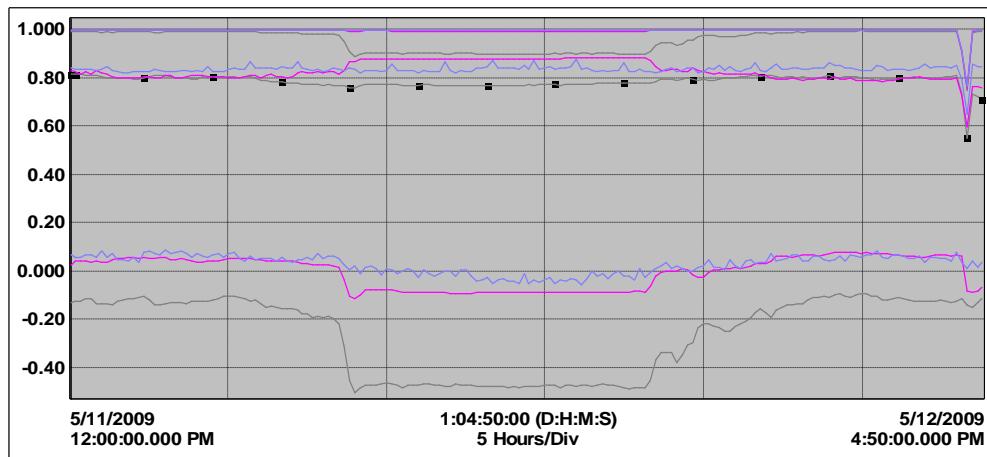
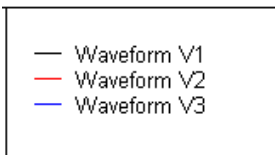


Figura A.6.8

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
PF Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.786	0.550	0.817	
PF Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.829	0.596	0.885	
PF Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.835	0.651	0.876	
DPF Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.955	0.747	0.995	
DPF Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.995	0.758	0.999	
DPF Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	0.996	0.763	0.999	
Tan Line1	5/11/2009	12:00:00.000 PM	-0.264	-0.506	-93.000E-3	
Tan Line2	5/11/2009	12:00:00.000 PM	-5.0172E-3	-0.117	79.000E-3	
Tan Line3	5/11/2009	12:00:00.000 PM	26.379E-3	-57.000E-3	85.000E-3	

Tabla A.6.8

### A.6.9 TRANSITORIOS DE VOLTAJE



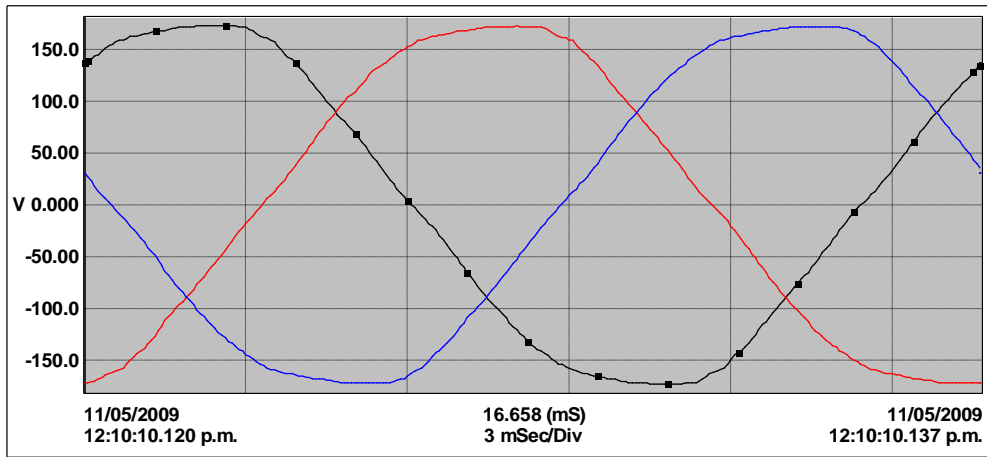


Figura A.6.9

### A.6.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE

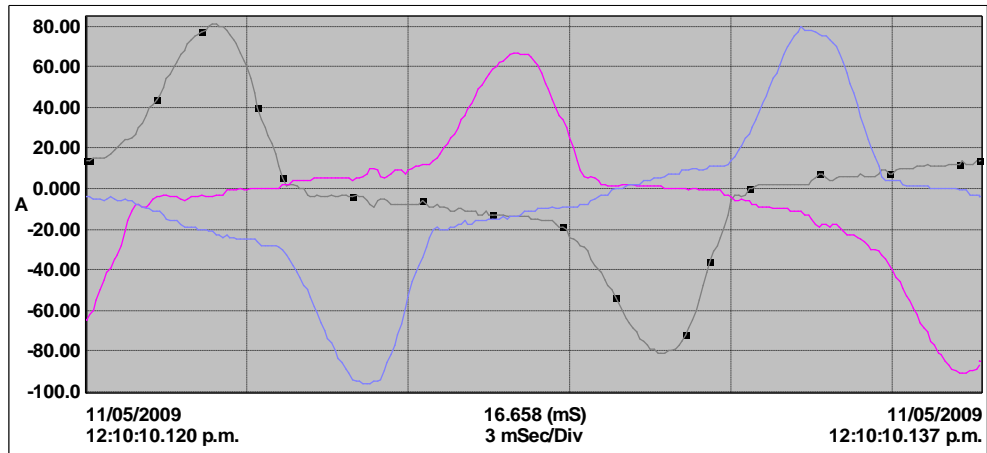
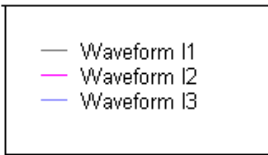


Figura A.6.10



## A.7 SECCIÓN, TERCER PISO, LADO DERECHO

### A.7.1 TENSIÓN DE FASE A NEUTRO

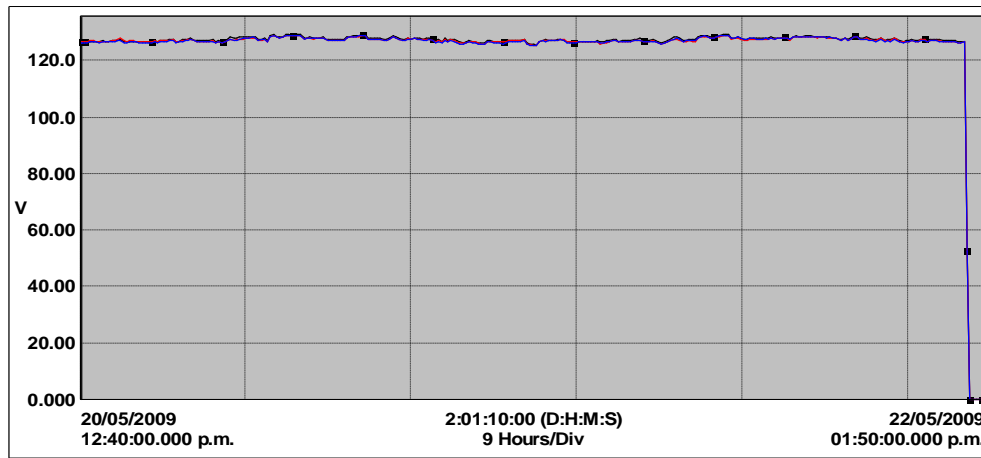
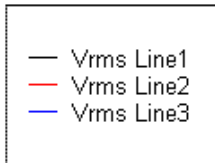


Figura A.7.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Vrms Lineal	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	125.16	0.0000	129.30	V
Vrms Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	124.90	0.0000	129.00	V
Vrms Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	124.80	0.0000	129.00	V

Tabla A.7.1



### A.7.2 TENSION DE FASE A FASE.

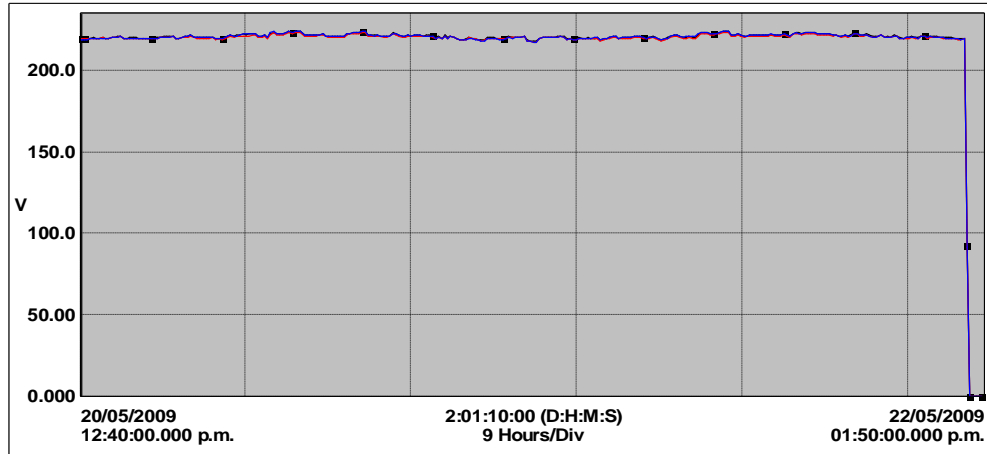
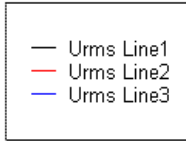
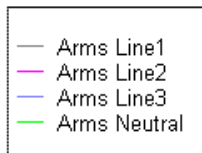


Figura A.7.2

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	216.66	0.0000	223.90	V
Urms Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	216.18	0.0000	223.30	V
Urms Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	216.52	0.0000	223.90	V

Tabla A.7.2

### A.7.3 CORRIENTE



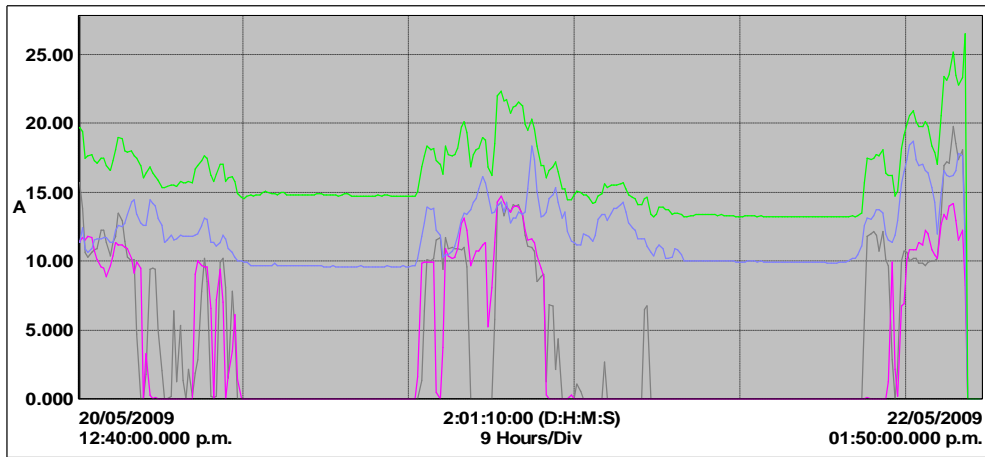


Figura A.7.3

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Arms Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	3.8280	0.0000	19.800	A
Arms Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	3.4189	0.0000	14.700	A
Arms Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	11.527	0.0000	18.700	A
Arms Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	15.692	0.0000	26.500	A

Tabla A.7.3

### A.7.4 FRECUENCIA

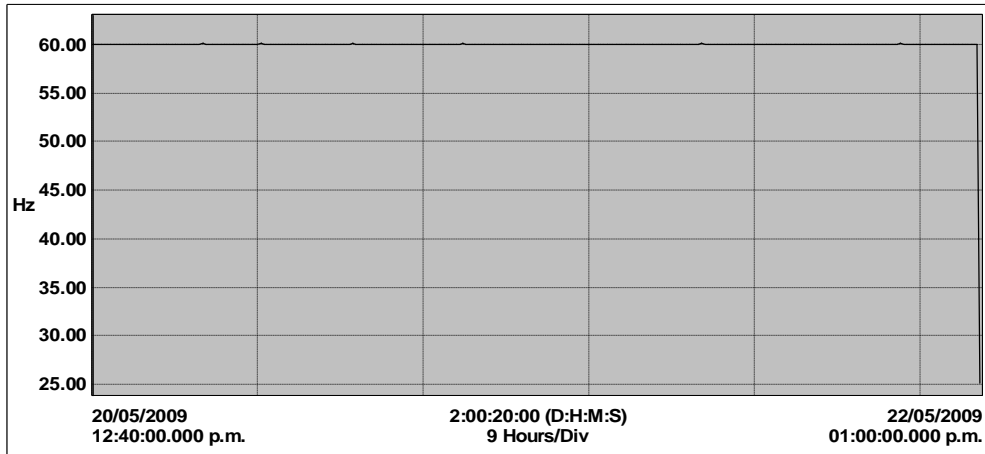


Figura A.7.4

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	2:00:30:00	(D:H:M:S)	59.870	25.090	60.080	291

Tabla A.7.4

### 9.7.5 ARMÓNICOS

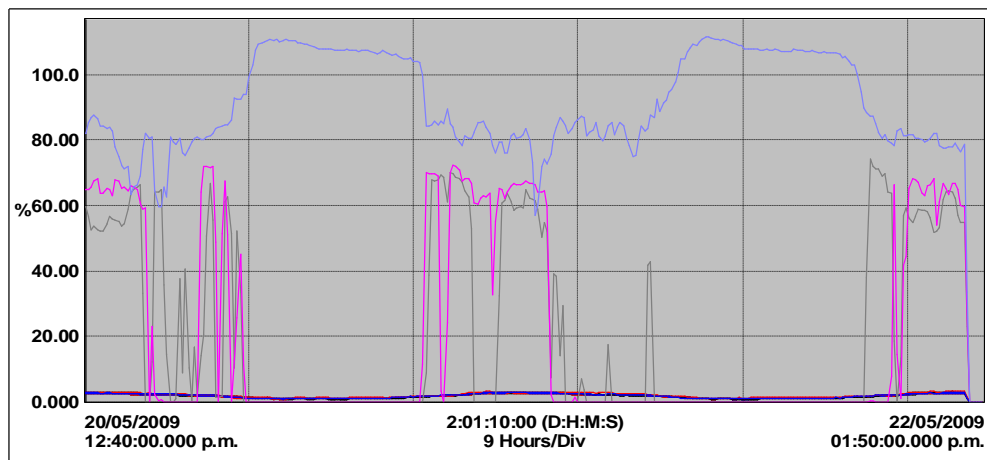
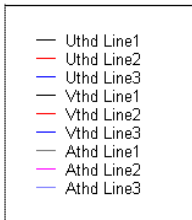


Figura A.7.5.1

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.7078	0.0000	2.7000	%
Uthd Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.7568	0.0000	2.8000	%
Uthd Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.7936	0.0000	2.8000	%
Vthd Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.8872	0.0000	3.2000	%
Vthd Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	2.1027	0.0000	3.4000	%
Vthd Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.9057	0.0000	3.1000	%
Athd Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	20.402	0.0000	74.100	%
Athd Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	20.249	0.0000	72.400	%
Athd Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	90.129	0.0000	111.50	%

Tabla A.7.5.1

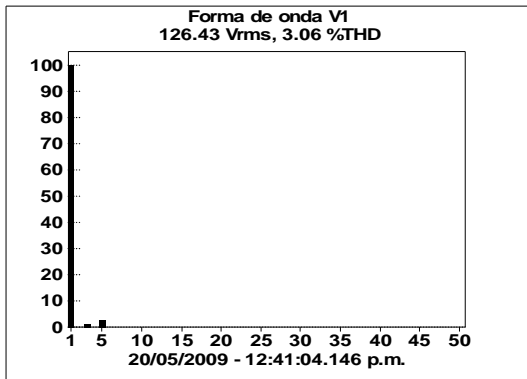


Figura A.7.5.2

Harmónicos (%)		
H01	100.0	
H02	0.0	
H03	1.5	
H04	0.0	
H05	2.6	
H06	0.0	
H07	0.2	
H08	0.0	
H09	0.2	
H10	0.0	
H11	0.2	
H12	0.0	
H13	0.2	
H14	0.0	
H15	0.2	
H16	0.0	
H17	0.1	
H18	0.0	
H19	0.0	
H20	0.0	
H21	0.1	
H22	0.0	
H23	0.1	
H24	0.0	
H25	0.1	
H26	0.0	
H27	0.1	
H28	0.0	
H29	0.1	
H30	0.0	
H31	0.1	
H32	0.0	
H33	0.1	
H34	0.0	
H35	0.0	
H36	0.0	
H37	0.1	
H38	0.0	
H39	0.1	
H40	0.0	
H41	0.1	
H42	0.0	
H43	0.1	
H44	0.0	
H45	0.1	
H46	0.0	
H47	0.1	
H48	0.0	
H49	0.0	
H50	0.0	

Tabla A.7.5.2

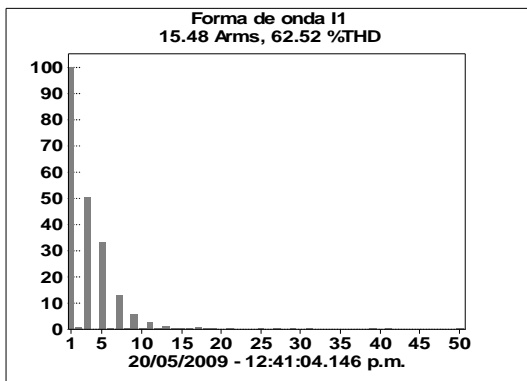


Figura A.7.5.3

Harmónicos (%)		
H01	100.0	
H02	1.2	
H03	50.6	
H04	0.2	
H05	33.5	
H06	0.5	
H07	13.2	
H08	0.8	
H09	5.7	
H10	0.7	
H11	2.8	
H12	0.9	
H13	1.7	
H14	0.5	
H15	0.8	
H16	0.5	
H17	1.0	
H18	0.5	
H19	0.8	
H20	0.4	
H21	0.6	
H22	0.2	
H23	0.4	
H24	0.3	
H25	0.7	
H26	0.2	
H27	0.6	
H28	0.3	
H29	0.6	
H30	0.2	
H31	0.7	
H32	0.3	
H33	0.2	
H34	0.3	
H35	0.2	
H36	0.3	
H37	0.3	
H38	0.3	
H39	0.6	
H40	0.3	
H41	0.7	
H42	0.4	
H43	0.2	
H44	0.2	
H45	0.4	
H46	0.3	
H47	0.0	
H48	0.1	
H49	0.1	
H50	0.6	

Tabla A.7.5.3

## A.7.6 POTENCIA

—	W Linea1
—	W Linea2
—	W Linea3
—	W Suma
—	VAR Linea
—	VAR Linea
—	VAR Linea
—	VAR Suma
—	VA Linea1
—	VA Linea2
—	VA Linea3
—	VA Suma



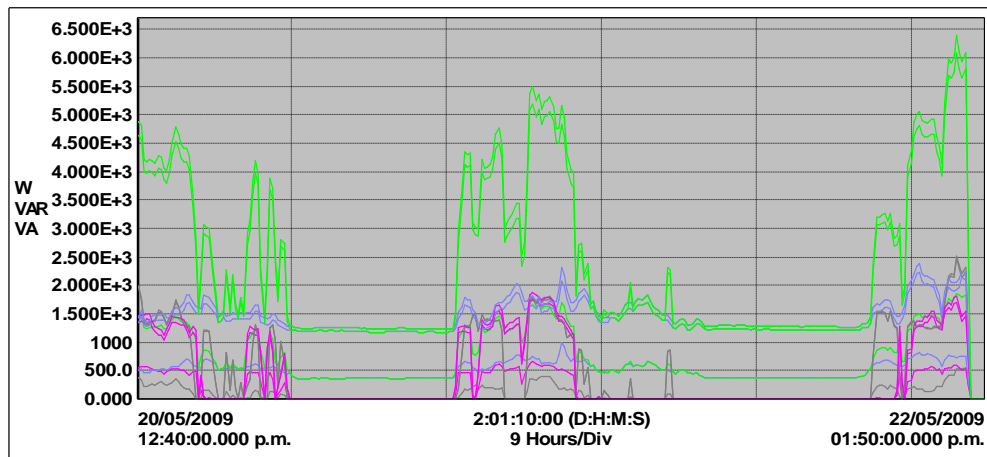


Figura A.7.6

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	78.857	0.0000	559.97	W
W Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	158.40	0.0000	657.09	W
W Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	502.17	0.0000	1.0032E+3	W
W Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	739.43	0.0000	1.8477E+3	W
VAR Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	480.84	0.0000	2.4664E+3	VAR
VAR Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	404.92	0.0000	1.7488E+3	VAR
VAR Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.3807E+3	0.0000	2.2261E+3	VAR
VAR Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	2.2664E+3	0.0000	6.0939E+3	VAR
VA Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	487.65	0.0000	2.5205E+3	VA
VA Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	434.92	0.0000	1.8683E+3	VA
VA Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.4705E+3	0.0000	2.3711E+3	VA
VA Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	2.3930E+3	0.0000	6.3844E+3	VA

Tabla A.7.6



### A.7.7 ENERGÍA

- W-hora Linea1
- W-hora Linea2
- W-hora Linea3
- W-hora Suma
- VA-hora Linea1
- VA-hora Linea2
- VA-hora Linea3
- VA-hora Suma
- VAR-hora Linea1
- VAR-hora Linea2
- VAR-hora Linea3
- VAR-hora Suma

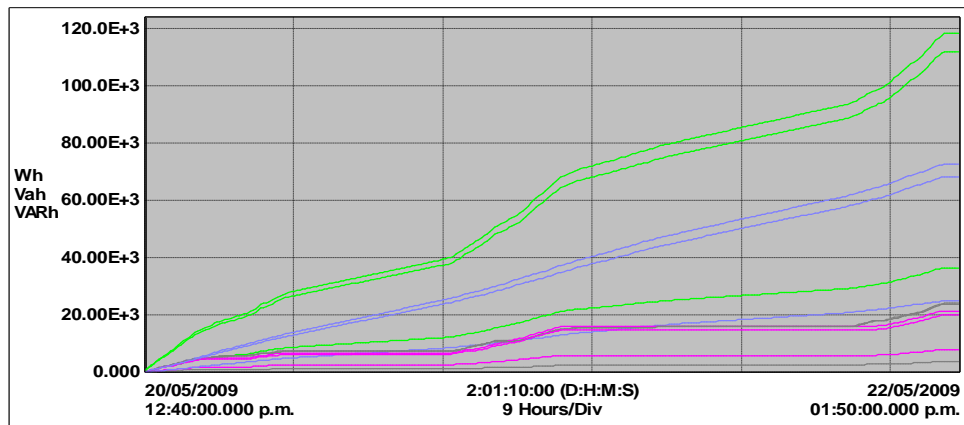


Figura A.7.7

Nombre	Fecha	Hora	Max	Unidades
W-hora Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	3.8903E+3	Wh
W-hora Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	7.8146E+3	Wh
W-hora Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	24.774E+3	Wh
W-hora Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	36.479E+3	Wh
VA-hora Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	24.057E+3	Vah
VA-hora Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	21.456E+3	Vah
VA-hora Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	72.544E+3	Vah
VA-hora Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	118.06E+3	Vah
VAR-hora Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	23.721E+3	VARh
VAR-hora Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	19.976E+3	VARh
VAR-hora Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	68.114E+3	VARh
VAR-hora Neutral	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	111.81E+3	VARh

Tabla A.7.7



### A.7.8 FACTOR DE POTENCIA

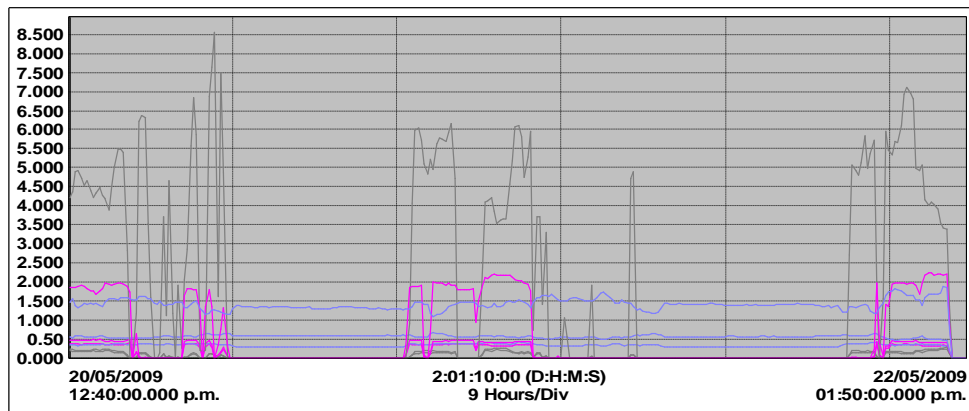
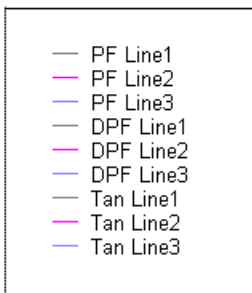
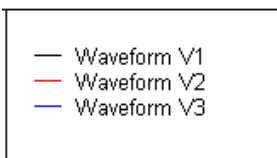


Figura A.7.8

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
PF Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	51.537E-3	0.0000	0.242	
PF Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	0.112	0.0000	0.403	
PF Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	0.330	0.0000	0.429	
DPF Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	63.209E-3	0.0000	0.282	
DPF Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	0.139	0.0000	0.492	
DPF Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	0.561	0.0000	0.673	
Tan Linea1	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.7981	0.0000	8.5350	
Tan Linea2	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	0.600	0.0000	2.2550	
Tan Linea3	20/05/2009	12:40:00.000 p.m.	1.3921	0.0000	1.8970	

Tabla A.7.8

### A.7.9 TRANSITORIOS DE VOLTAJE



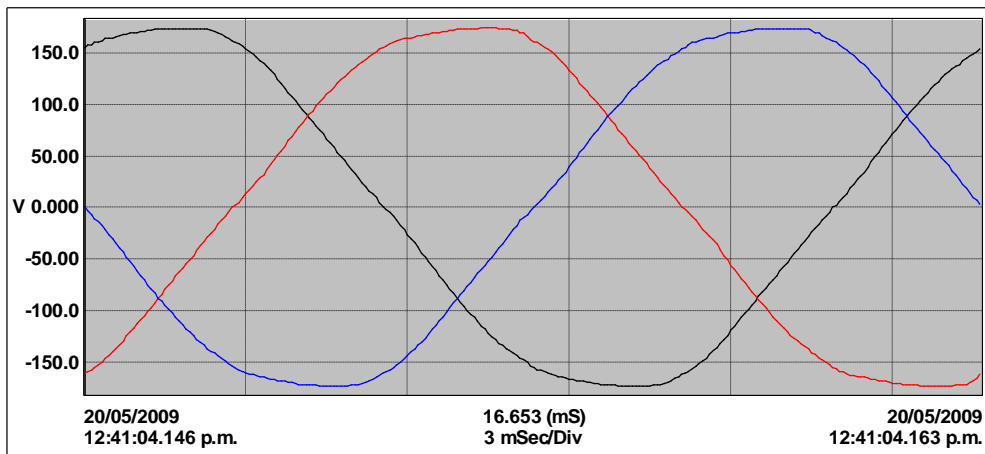


Figura A.7.9

### A.7.10 TRANSITORIOS DE CORRIENTE

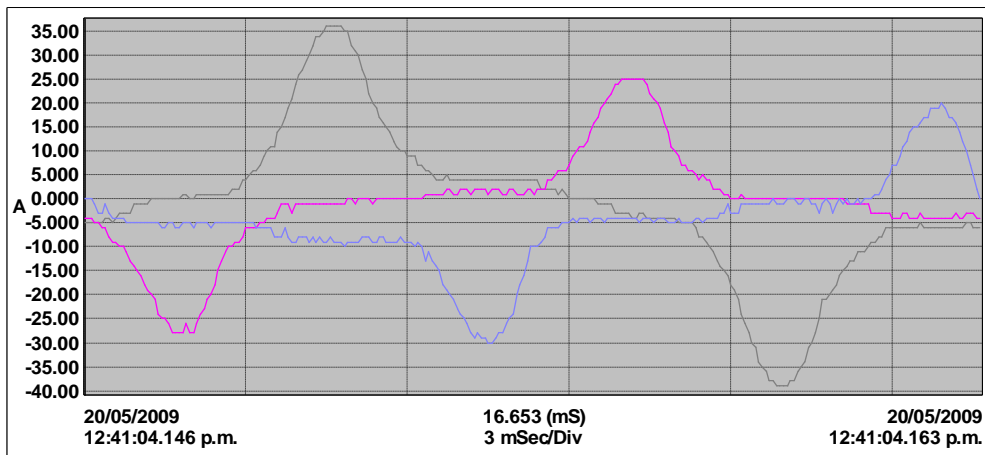
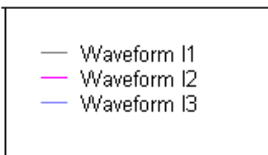
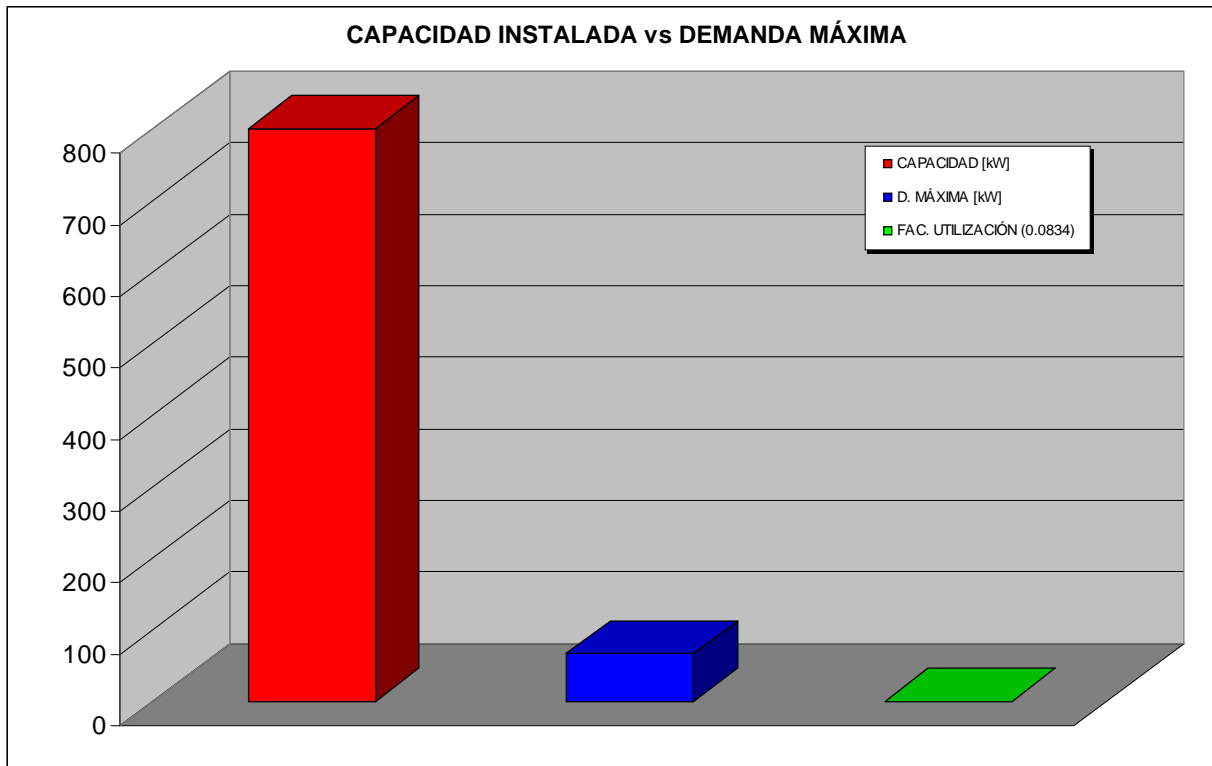





Figura A.7.10



## A.8 CAPACIDAD INSTALADA



 D. MÁXIMA [kW]	66.712
 CAPACIDAD [kW]	800
 FAC. UTILIZACIÓN (0.0834)	0.0834



## BIBLIOGRAFÍA

ARRIGADA MASS, Aldo Gary. Evaluación de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución.

BECERRIL I., Diego Onésimo Ing. “Instalaciones eléctricas prácticas”, 11a. edición.

BELOVE, Charles. Enciclopedia de la Electrónica Ingeniería y Técnica, Vol. 8, Ed. Océano/Centrum, pp. 2106 – 2122.

BOYLESTAD, Robert y Louis Nashelsky. Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Ed. Prince – Hall Hispanoamericana.

C. SANKARAN. Power Quality, Ed. CRS Press.

DEWAN, Sashi B. y Alan Straughen. Power Semiconductor Circuits.

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión, Ed. Limusa Noriega.

HARPER ENRÍQUEZ, Gilberto. La Calidad de la Energía en los Sistemas Eléctricos, Limusa Noriega Editores.

HERNÁNDEZ MORALES, Félix Armando. Mantenimiento a Transformadores de Potencia y Reguladores Automáticos de Voltaje, UNAM, Tesis, 2006.

L. KOSOW. Máquinas Eléctricas y Transformadores, Reverte.



MONTES DE OCA, Gerónimo Oscar. Importancia de la Calidad de la Energía Eléctrica para Cargas Críticas y de Comunicaciones. Tesis UNAM 2009.

OROZCO LÓPEZ, Enrique y Andrés Chávez Sañudo. “Manual de sistemas de tierras físicas”, División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM.

SIERRA MADRIEGAL, Víctor y Alfonso Sansores. “Manual técnico de cables de energía (Condumex)”, 2ª edición, Ed. McGraw-Hill.

## **MANUALES Y NORMAS**

“Confiabilidad de sistemas eléctricos”, Procobre, pp. 10-23

“Instalaciones Eléctricas (utilización)”, en Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Secretaría de Energía.

“Manual de normas de la NEMA” (National Electrical Manufacturers Association).

“Manual de operación e instalación de UPS APC modelo PW capacidad desde 100 hasta 225 kVA”.

“Manual de usuario Onguard”, series II y III.

“Manual técnico de instalación, operación, mantenimiento y servicio de plantas generadoras de energía eléctrica con el Sistema Dale 6200 (ottomotores)”.

“Resistencia de la tierra física”, Fluke Corporation.

“Sistemas de pararrayos”. Procobre, pp. 1-2.



“Tierras físicas”. Metas y Metrologos Asociados, pp. 2-8.

## **PÁGINAS EN INTERNET**

<http://fcgi.tij.uabc.mx/docentes/jjesuslg/Tema11.pdf>

[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electronica\\_y\\_electronica/regulaciondetension/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/regulaciondetension/)