



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROCESO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN SISTEMA
ELÉCTRICO HOTELERO EN GUATEMALA**

Hector David Mejía Alvarez
Asesorado por el Ing. David Cordón Cornel

Guatemala, septiembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN SISTEMA
ELÉCTRICO HOTELERO EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

HECTOR DAVID MEJÍA ALVAREZ
ASESORADO POR EL ING. DAVID CORDÓN CORNEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

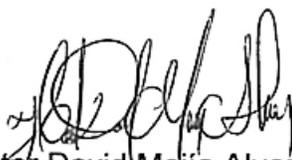
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archilla
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROCESO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN SISTEMA ELÉCTRICO HOTELERO EN GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 24 de noviembre de 2006.



Hector David Mejia Alvarez

Guatemala, 17 de abril de 2008.

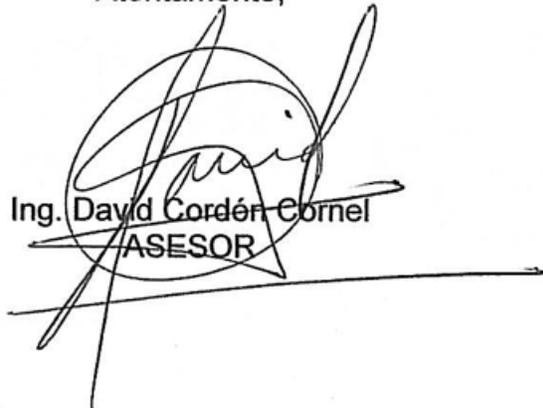
Ingeniero
Otto Andrino
Coordinador Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado: **Proceso para el ahorro energético en un sistema eléctrico hotelero en Guatemala**, elaborado por el estudiante Hector David Mejia Álvarez.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Ing. David Córdón-Cornel
ASESOR



Guatemala, 19 de agosto 2008.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
Proceso para el ahorro energético en un Sistema Eléctrico Hotelero en
Guatemala, del estudiante; Héctor David Mejía Alvarez, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

FECHA Y ENSEÑADA A TODOS


Ing. Otto Fernando Andriano González
Coordinador Área de Electrotécnica



OFAG/sro



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Héctor David Mejía Álvarez, titulado: PROCESO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN SISTEMA ELÉCTRICO HOTELERO EN GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR

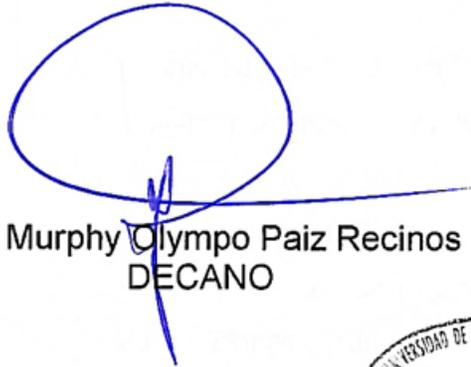


GUATEMALA, 21 DE AGOSTO 2008.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **PROCESO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN UN SISTEMA ELÉCTRICO HOTELERO EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Hector David Mejía Alvarez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, septiembre de 2008



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- MI DIOS:** por ser mi fortaleza espiritual, por ser mi referencia que con Él todo se puede, que mirar atrás y ver una sola huella en el camino no significa que yo ande solo, es, el llevarme en sus brazos en momentos de desmayos y tropiezos a lo largo de la vida.
- MI PADRE:** por ser una persona enviada por Dios, por cuidarme, por enseñarme los valores morales suficientes para enfrentar los retos trazados en la vida, por inculcarme el respeto a mis semejantes y sobre todo, por apoyarme en mis estudios.
- MI MADRE:** por darme la vida, por enseñarme a valorar y querer todo en nombre de Dios, por cuidarme, por hacerme sentir el amor único y sincero que toda madre pueda dar a su hijo.
- HERMANA:** por aguantarme todo el tiempo, por ser buena amiga, por no escatimar esfuerzo alguno con tal de ayudarme.
- MIS AMIGOS:** a los que encontré a lo largo de la carrera, en la colonia donde crecí, en el trabajo, gracias por compartir e intercambiar experiencias y el saber que el encontrar un amigo, es encontrar un gran tesoro.
- MI ASESOR:** gracias por brindarme su valioso tiempo y experiencia académica, por ser además un gran amigo.

DEDICATORIA A:

- MI DIOS:** porque a lo largo de mi vida estuviste, estás y estarás siempre a mi lado, que tu palabra me halla convertido en lo que soy y en lo que seré, que no basta con alimentar mi cuerpo, sino también mi alma.
- MI FAMILIA:** porque soy el reflejo del esfuerzo que se trazaron desde el primer día que fui a la escuela de la mano de mi madre desde entonces, a pesar de los tropiezos y desmayos, nunca pero nunca bajaron los brazos.
- MIS AMIGOS:** porque hay desafíos en los cuales un amigo siempre está cuando uno mas lo necesita.
- MI GUATEMALA:** por ser la tierra que me vio nacer, porque Dios me puso en esta tierra para amarla y respetarla, y que mejor hacerlo que ayudando a mis semejantes para que juntos seamos un país con gente de bien, para que nuestras próximas generaciones encuentren buenas bases morales, espirituales y académicas que faciliten su desarrollo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO	1
1.1 Tipología hotelera	2
1.2 Distribución del consumo energético	5
1.3 Índice energético	6
1.4 Descripción del sistema eléctrico	12
1.5 Tarifa eléctrica	17
2 CONCEPTOS BÁSICOS	19
2.1 Electricidad	19
2.1.1 Definición de electricidad	19
2.1.2 Corriente	20
2.1.3 Voltaje	20
2.1.4 Energía	22
2.1.5 Factor de potencia	25
2.1.5.1 Consecuencias de un bajo factor de potencia	26
2.2 Potencia eléctrica	31
2.2.1 Definición	31
2.2.2 Triángulo de potencia	31

2.2.3	Potencia aparente(KVA)	32
2.2.4	Potencia activa(KW)	32
2.2.5	Potencia reactiva(KVAR)	33
2.3	Medición de energía	35
3	MEDICIÓN DE PARÁMETROS	39
3.1	Medios técnicos	39
3.1.1	Analizador de redes AR5 de CIRCUTOR	42
3.1.2	Analizador de redes QNA de CIRCUTOR	44
3.1.3	Analizador de redes CVM de CIRCUTOR	47
3.1.4	Pinza Amperimétrica y Pinza Mili-amperimétrica	50
3.1.5	Multímetro	53
3.1.6	Cámara Termográfica	54
3.1.7	Cámara digital para fotografías	55
3.1.8	Herramientas de soporte y seguridad	56
3.2	Proceso de medición (medición en puntos estratégicos)	58
3.3	Análisis de mediciones	65
3.4	Análisis de graficas	76
3.4.1	Gráfica de tensión	76
3.4.2	Gráfica de intensidad o corriente	77
3.4.3	Gráfica de distorsión armónica	78
3.4.4	Gráfica de factor de potencia	79
3.4.5	Gráfica de frecuencia	81
3.4.6	Gráfica de potencia activa y reactiva	82
3.5	Medición de tierras	85
3.5.1	Sistema de puesta a tierra	85
3.5.2	Análisis de resultados de puesta a tierra	90
3.6	Medición en sistema de iluminación	91
3.6.1	Proceso	91

3.6.2	Análisis de resultados del sistema de iluminación	94
3.7	Inspección Termográfica	100
3.7.1	Procedimiento de la inspección	102
3.7.2	Criterios de aceptación	104
3.7.3	Análisis de resultados	105
4	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO	107
4.1	Balance de cargas	107
4.2	Corrección de factor de potencia	107
4.3	Método de facturación	108
4.4	Medición de puesta a tierra	109
4.5	Corrección de puntos calientes	110
4.6	Corrección del sistema de iluminación	110
4.6.1	Lámparas halógenas	112
4.6.2	Lámparas compactas fluorescentes	113
4.6.3	Lámpara incandescente	114
4.7	Corrección para el ahorro de bombeo de agua	118
4.8	Corrección para el ahorro en cocina y lavandería	120
4.8.1	Hornos de convección forzada	121
4.9	Corrección para el ahorro en ascensores	122
4.10	Implementación de energía solar	125
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Representación gráfica de hoteles de cero a cinco estrellas en Guatemala	3
2	Ejemplo de una habitación de hotel cinco estrellas	4
3	Ejemplo de una habitación de hotel cuatro estrellas	4
4	Gráfica porcentual del consumo de energía por sistemas	6
5	Gráfica lineal de número de visitantes extranjeros en Guatemala	7
6	Ocupación porcentual de habitaciones en hotel cinco estrellas	7
7	Curvas de carga durante los días laboral, fin de semana y festivo	11
8	Diagrama esquemático del transformador principal monofásico	14
9	Consumo Eléctrico Mensual Integración Horaria	18
10	Representación simple de un circuito eléctrico	19
11	Representación de una red eléctrica de grandes proporciones	21
12	Turbinas eólicas para generar energía eléctrica	23
13	Turbinas utilizadas en plantas hidroeléctricas	24
14	Industria sin compensador de factor de potencia	28
15	Industria con compensador de factor de potencia	29
16	Motor de inducción con pobre factor de potencia	30
17	Motor de inducción con buen factor de potencia	30
18	Triangulo de potencia	32
19	Tipos de bombillas incandescentes	33
20	Lámpara con balastro electromagnético	33
21	Lámparas para uso industrial	34
22	Motor de inducción	34
23	Medidores electromecánicos: A) tipo reloj y B) tipo ciclo métrico	35
24	Medidor o “contador” electrónico	35
25	Conexión de un medidor electromecánico al transformador de distribución	36
26	Parámetros afectados por perturbaciones en la red eléctrica	40

27	Ejemplos de señales de voltaje perturbadas	41
28	Analizador de redes AR5	42
29	Visualizaciones Standard del AR5	43
30	Analizador de redes QNA de CIRCUTOR	45
31	Suministro de energía de mala calidad	45
32	Analizador de redes QNA modelo 412	47
33	Analizador de redes CVM de CIRCUTOR	48
34	Variaciones detectadas por el analizador de redes CVM	48
35	Pinza amperimétrica	52
36	Utilización del amperímetro o mili-amperímetro	52
37	Multímetro digital	53
38	Cámara Termográfica	54
39	Cámara digital de 6 mega píxeles portátil	55
40	Herramienta de soporte	56
41	Equipo de seguridad	57
42	Identificación del tablero principal	58
43	Pinzas de medición de corriente	59
44	Formato de conexión de un CVM-BD, en una línea trifásica	60
45	Formato de conexión de un QNA, en una línea trifásica	61
46	Niveles de voltaje en interruptor principal	76
47	Niveles de corriente en interruptor principal	78
48	Distorsión armónica %V THD y %I THD	79
49	Gráfica de energía activa	80
50	Gráfica de energía inductiva y capacitiva	80
51	Gráfica de la frecuencia eléctrica	81
52	Potencia activa en las tres fases L1, L2 y L3	82
53	Gráfica de potencia reactiva inductiva	83
54	Gráfica de potencia reactiva capacitiva	83
55	Gráfica de potencia activa trifásica	84
56	Tipos de puestas a tierras	87
57	Uso de Megger para medición de una puesta a tierra	88
58	Representación simple de medición de una puesta a tierra	88

59	Gráfica de resistencia en función de la distancia del electrodo de potencial	89
60	Sistema de iluminación en habitaciones para huéspedes.	97
61	Iluminación en salones, sala de conferencia y reuniones.	100
62	Ejemplo de termograma en fusibles.	103
63	Gama de estilos en lámparas de iluminación.	111
64	Lámparas halógenas.	113
65	Tipos de lámparas CFL.	113
66	Lámpara incandescente.	115
67	Variador de frecuencia.	119
68	Producción de agua caliente sanitaria a base de energía solar.	126

TABLAS

I.	Distribución porcentual de consumo de energía por sistemas	6
II.	Listado de consumo medio, de acuerdo a la categoría del hotel	8
III.	Parámetros de eficiencia en hoteles, de acuerdo al número de habitaciones	10
IV.	Ejemplo de circuitos en un panel de distribución eléctrico en un hotel	16
V.	Análisis simultáneo internamente en un CVM-BD-128.	50
VI.	Mediciones realizadas en panel principal de un hotel de 239 habitaciones	63
VII.	Mediciones realizadas en torre de oficinas	65
VIII.	Fórmulas utilizadas para análisis de resultados	66
IX.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 1 al 3	67
X.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 4 al 6	68
XI.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 7 al 9	69
XII.	Resultados de parámetros en punto de medida 10	70
XIII.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 11 al 13	71
XIV.	Resultados de parámetros en punto de medida del 14 al 16	72

XV.	Resultados de parámetros en punto de medida del 17 al 19	73
XVI.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 20 al 22	74
XVII.	Resultados de parámetros en puntos de medida del 23 al 24	75
XVIII.	Valores finales de potencia activa, reactiva y aparente	84
XIX.	Parámetros de aceptación en subestaciones	90
XX.	Niveles de iluminación recomendadas para las diferentes áreas	92
XXI.	Comparación entre balastro convencional y electrónico	94
XXII.	Comparativas entre lámparas fluorescente compactas e incandescentes	114
XXIII.	Listado de recomendaciones para iluminación hotelera	116
XXIV.	Ejemplo variador de velocidad en bombeo de agua	120

LISTA DE ABREVIATURAS

INGUAT	Instituto Guatemalteco de Turismo.
ACS	agua caliente sanitaria.
W	Vatios.
V	voltio.
AMP	Amperio.
KWH	kilo-vatio-hora.
MTS ²	metros cuadrados.
MVA	mega-voltios-amperios.
KV	kilo-voltio.
KVA	kilo-voltio-amperio.
KW	kilo-vatios.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
FP	factor de potencia.
COMEGSA	Comercializadora Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.
AC	<i>Altern Current</i> : corriente alterna.
DC	<i>Direct Current</i> : corriente directa.
Hz	Hertz.
J	Joule.
KVAR	Kilo-voltio-amperio-reactivo.

GSM	<i>Global Sistem Movil</i> : sistema global para comunicaciones móviles.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> : Comisión Electrotécnica Internacional.
BYTE	secuencia de 8 bits continuos.
MBYTES	Mega-Bytes.
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> : instituto alemán de normalización.
PLC	<i>Programmable logic controller</i> : controlador lógico programable.
CPU	<i>Central Processor Unit</i> : unidad central de procesamiento.
L1, L2, L3	línea 1, línea 2, línea 3
A/C	aire acondicionado.
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución.
NTCSTS	Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones
THD	<i>Third Harmonic Distortion</i> : distorsión de tercera armónica.
EC	distancia total en línea recta entre el electrodo puesta a tierra bajo estudio y el electrodo de corriente.
NTDOID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.
LUX	unidad de Iluminancia.
^o K	Grados Kelvin.
^o C	Grados Celsius.
^o F	Grados Fahrenheit.
M/SEG	metros/segundos.
T _P	Temperatura de punto a medir.
T _F	Temperatura de punto de referencia.

HT	<i>High Temperature</i> : alta temperatura.
CFL	<i>Compact Fluorescent Lamp</i> : lámpara compacta fluorescente.
LM	Lumen: unidad de flujo luminoso.
KG	Kilogramo: unidad de masa.

GLOSARIO

Acometida:	Parte de la instalación de enlace que une la red de distribución de la empresa eléctrica con el interruptor principal de un usuario.
Ahorro energético:	Eficiencia energética practicada durante el consumo de energía que tiene por objeto procurar disminuir el uso de la energía con el mismo resultado final.
Armónico:	Componentes sinusoidales de una señal, su frecuencia es un múltiplo de la fundamental.
Bomba centrífuga:	Bomba hidráulica que transforma la energía mecánica en energía cinética y potencial requerida para impulsar líquidos, mediante un diseño especial de construcción.
Bomba de presión:	Elemento eléctrico cuya función es agregar fuerza mecánica al flujo de agua para que éste alcance alturas deseadas.
Bombas de calor eléctricas:	Máquina térmica capaz de transferir calor de una fuente fría a otra más caliente.
Balastro:	Dispositivo cuya función es mantener un flujo de corriente estable en lámparas, ya sean de tubo fluorescente, de vapor de sodio o vapor de mercurio.
Conexión aterrizada:	Acción de conectar todo dispositivo eléctrico a la tierra donde éste se encuentre.
Cogeneración:	Procedimiento en el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil.
Confort:	Sensación global que produce todo aquello bienestar y comodidad.
Consumo energético:	Acción de utilizar energía con el propósito de satisfacer una necesidad.

Comarca:	Pequeño territorio considerado homogéneo por diversos factores como condiciones naturales o la persistencia de demarcaciones históricas.
Capacidad nominal:	Valor en el cual cualquier equipo eléctrico funciona a un nivel óptimo.
Cargas eléctricas:	Partículas encargadas de transportar energía de un punto a otro.
Carcasa:	Parte exterior que cubre a un dispositivo eléctrico. Generalmente de fabricación metálica.
Cámaras frigoríficas:	Cuartos congelados donde se almacena todo producto perecedero. Generalmente dichos cuartos son para uso industrial.
Ciclo:	Referido a la menor distancia a partir de la cual una onda se repite.
Convección:	Transmisión de calor en un fluido por movimiento de capas desigualmente calientes.
Chiller:	Unidad encargada de enfriar líquidos a gran escala.
Display:	Llamado así al visualizador de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario.
Descarga Electro atmosférico:	Descargas de energía que ocurren durante una tormenta, a este fenómeno se le llama comúnmente rayo.
Desbalance de tensión:	Valor diferencial de voltaje que existe entre fases en un sistema trifásico.
Desbalance de corriente:	Valor diferencial de corriente que existe entre fases en un sistema trifásico.
Distorsión armónica:	Parámetro técnico utilizado para definir regularidades ocasionadas por equipos o circuitos en voltajes o en corrientes.
Dimmer:	Dispositivo usado para regular el brillo de la luz, mediante variación del voltaje.

Demanda de potencia:	Cantidad de energía eléctrica utilizada por un período de tiempo.
Electromagnética:	Que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.
Efecto invernadero:	Fenómeno por el que determinados gases de una atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por el sol.
Electromecánico:	Término utilizado a la aplicación de la electricidad a la mecánica.
Energía eléctrica:	Existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, que permite establecer una circulación de corriente eléctrica entre ambos.
Frecuencia:	Repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo.
Fluctuaciones:	Es el resultado de la resta resultante entre lo que se debería tener de existencia menos lo que realmente se tiene.
Flickers:	Son niveles de voltajes muy altos ocasionados por un rápido y elevado incremento de carga.
Hornos de convección forzada:	Dispositivo cuya función es generar calor para la cocción secado y precalentamiento de todo tipo de producto y para cualquier tratamiento térmico de hasta 650 °C que requiera uniformidad de temperatura con circulación de aire.
Inducción Electromagnética:	Fenómeno que origina un voltaje en un medio o un cuerpo expuesto a un campo magnético variable.
Longitud de onda:	Distancia entre dos crestas consecutivas en una señal sinusoidal.
Lámparas halógenas:	Elementos de iluminación con compuesto de cuarzo que soporta mejor el calor y en el filamento se encuentran gases en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del mismo y aumentando la vida útil.

Mantenimiento preventivo:	Revisión periódica de elementos importantes que componen un sistema, máquina, etc.
Microhmímetro:	Aparato de medición con el que se determina resistencias muy pequeñas.
Mantenimiento predictivo:	Técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base a un plan, justo antes que falle.
Micra:	Unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro.
Megger:	Instrumento que mide resistencia a aislamiento, cable, bobinas, puede ser respecto a tierra o entre fases.
Motor de inducción:	Máquina que utiliza campos magnéticos para crear una fuerza mecánica en el eje del mismo haciéndola rotar de manera que se pueda aprovechar este movimiento.
Plano equipotencial:	Nivel de referencia donde el valor de cada punto de dicho plano es el mismo.
Planta eléctrica:	Dispositivo electromecánico capaz de generar cantidades de energía. Generalmente es utilizado en trabajos donde la energía eléctrica no es constante o amerite un corte del mismo.
Pixel:	Unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.
Presurizar:	Mantener constante la presión de un espacio cerrado.
Placas de inducción:	Dispositivo eléctrico cuyo funcionamiento se basa en ondas magnéticas para producir calor, cuyo tiempo de cocción es inferior al resto de aparatos y su consumo es menor.
Potencia nominal:	Demanda de un aparato o sistema en condiciones de uso normales.

Ramal:	Técnicamente se refiere a los circuitos conectados que conforman el panel principal.
Radiación	Combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes
Radiométrico:	Dispositivo que mide la radiación electromagnética.
Regulación de tensión:	Monitoreo realizado al voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada en un dispositivo eléctrico.
Red de tierras:	Conexiones realizadas bajo suelo donde todo equipo eléctrico se encuentra aterrizado.
Reactancia:	Parte imaginaria de la impedancia existente al paso de la corriente alterna.
Sobre tensión:	Variación en el tiempo cuyo máximo valor es superior al valor pico de la tensión nominal del sistema analizado.
Semiciclo de tensión:	Es la representación de la mitad de un ciclo que conforma una onda sinusoidal de voltaje.
Subestación eléctrica:	Identificación a todo lugar donde se transforman los niveles de voltajes, para enviar o recibir de una forma más eficaz la energía eléctrica.
Transitorio:	Respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo cuando se varía el circuito o la excitación del mismo.
Termograma:	Imagen donde se representa la temperatura de los cuerpos analizados, mediante colores, donde cada color representa un nivel de temperatura.
Válvulas de estrangulamiento:	Dispositivos que ocasionan grandes reducciones de presión de fluido.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación trata acerca del proceso para el ahorro energético en un sistema eléctrico hotelero en Guatemala, dicho proceso está enfocado a todo elemento que necesite de energía eléctrica para su funcionamiento dentro de dichas instalaciones.

El ahorro energético es un tema bastante mencionado hoy en día, donde el consumo de energía resulta un gasto muy alto para sostener el nivel de confort que se quiere o se ofrece, máxime donde se rigen ciertas normas que, de no cumplirlas se corre el riesgo de sufrir penalizaciones y problemas en las instalaciones y como consecuencia elevados gastos de mantenimiento.

En el capítulo uno se encuentra el análisis previo a realizarse a cualquier sistema eléctrico, tomando en cuenta la clasificación que el hotel pueda tener, encontrará conceptos básicos, con el fin de guiar a cualquier persona que cuente con poco conocimiento eléctrico (véase el capítulo 2). En el capítulo tres se tiene la descripción de los equipos a utilizar, así como los parámetros a medir para luego procesarlos de acuerdo a criterios ya establecidos.

En el capítulo cuatro se encuentra las posibles mejoras, tomando en cuenta que todos los hoteles en Guatemala manejan un mismo formato de construcción y diseño, con ello, hacer que dichas mejoras sean aplicables a cualquier hotel. Es demás agregar que toda mejora implica un gasto recuperable, ya sea a corto o a largo plazo para bien de las instalaciones y sobre todo, influir positivamente en la economía del hotel.

OBJETIVOS

Generales

Dar a conocer un proceso de ahorro energético que sirva de manera general y aplicable a cualquier sistema eléctrico de cualquier hotel de grandes proporciones.

Específicos

1. Dar a conocer las ventajas en realizar un estudio energético al sector hotelero guatemalteco.
2. Considerar los parámetros importantes para el análisis posterior, para luego determinar las posibles soluciones de acuerdo al estado en que se encuentre la parte afectada.
3. Inyectar el habido de ahorro a las personas involucradas dentro de las instalaciones, ya que el factor humano es pieza clave para que toda mejora se lleve a cabo con éxito.

INTRODUCCIÓN

Generalmente, un hotel se ha caracterizado por ofrecer un ambiente propicio para descansar, sentirse confortable en cada rincón del mismo, la estadía en él se hace mas agradable cuando se reúnen todos los gustos y placeres que lleven a la persona a sentir confort, y para ello, se requiere de muchos elementos como el aire acondicionado, jacuzzi, entretenimiento, restaurante, cocina bien equipada, agua caliente, etc.

Para cumplir con estos elementos es indispensable contar con una buena instalación eléctrica que brinde una adecuada distribución de la energía necesaria para cada dispositivo, desde una simple lámpara de mesa, hasta una bomba de agua, los cuales ambos coinciden en el uso de energía para funcionar de manera eficiente.

Muchas veces se deja al olvido el mantenimiento constante de cada elemento que compone una distribución, surgiendo como consecuencia fugas de corriente, calentamiento de conductores, fallas en encendidos o apagados de ciertos elementos por no contar con el equipo adecuado y la falta de una supervisión constante. Además, el deterioro de los mismos ocasiona un incremento del consumo y por lo tanto, un incremento en la facturación mensual de energía eléctrica a la distribuidora.

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar en forma detallada la realización de un estudio de eficiencia energética, aplicado a un sistema eléctrico hotelero, con ello demostrar la importancia del ahorro energético en un hotel. Dicho estudio se basa en la obtención de datos para luego analizarlos con base a parámetros que conlleven a un listado de recomendaciones, para la mejora correspondiente. Para ello, se utilizan técnicas y equipos especiales para una mejor precisión.

1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sector turístico en general es uno de los sectores más dinámicos y que mayor crecimiento ha experimentado en las últimas décadas, de tal forma que por el volumen de empleo de recursos humanos y de ventas producidas, se puede decir que constituye uno de los motores significativos de la económica regional y, a nivel local, de muchos de los municipios de la comunidad guatemalteca.

En este ámbito, los establecimientos hoteleros constituyen una pieza clave de la industria turística guatemalteca, ya que aglutinan y acaparan la atención continua de una amplia gama de disciplinas técnicas dirigidas a optimizar sus recursos y configurar sus edificios e instalaciones en calidad y eficiencia.

Entre tantos recursos a utilizar, los establecimientos hoteleros consumen una notable cantidad de energía eléctrica para suministrar los servicios y el confort que ofrece a sus clientes. Es por ello que los imperativos de control de la demanda y el ahorro de energía se convierten en compromisos que debe asumir el sector hotelero, donde existe todavía un gran potencial para el ahorro energético.

Por lo general, estos establecimientos no realizan un control riguroso del consumo energético y en algunos casos no conocen al detalle las instalaciones energéticas. Por ello, aunque el consumo de energía es uno de los principales costos del establecimiento (aproximadamente 5% según estudios realizados), buena parte de los hoteles presentan niveles de eficiencia energética relativamente bajos.

A veces el hecho de no realizar medidas de ahorro energético va ligado a un desconocimiento, por parte de los profesionales del sector de las soluciones tecnológicas para la reducción del consumo, que en algunos casos son de gran sencillez.

1.1 Tipología hotelera

Los hoteles se clasifican atendiendo los siguientes criterios:

- Tipología del hotel o actividad principal que se desarrolla en el mismo. Según este criterio, los hoteles se han clasificado en hoteles de litoral, hoteles de interior y hoteles urbanos o de negocios.
- Por situación geográfica. Se han clasificado los hoteles, según la provincia y la comarca donde están ubicados.
- En función de la clase o categoría del hotel, especificada por el número de estrellas.
- Por el tamaño del hotel, en función del número de habitaciones.

A nivel mundial, en clasificación hotelera predomina la asignación por número de estrellas y en Guatemala no es la excepción, por la comercialización del confort y la elegancia, resulta fácil y cómodo identificar por este método el hotel requerido. Es beneficioso para el usuario y a la vez comprometedor para los dueños de hoteles, no solo en cumplir con lo ofrecido, sino que entrar en competencia con los demás hoteles de su categoría, conlleva a optimizar cada rincón de su estructura, tanto personal como a nivel energético.

La entidad encargada de llevar el control estadístico de hoteles en Guatemala es el INGUAT, el Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) tiene registrados hasta junio del 2005, 212 hoteles catalogados por número de estrellas. Dichos hoteles se encuentran concentrados en su mayoría en la ciudad capital seguido por Antigua Guatemala, Peten, Río Dulce del departamento de Izabal. En estos lugares se reúnen tantos atributos propicios a acaparar la atención del visitante, hace que los dueños de hoteles ofrezcan un servicio con categoría de estrellas.

Figura 1. Representación gráfica de hoteles de cero a cinco estrellas en Guatemala



Fuente: instituto guatemalteco de turismo (INGUAT)

Según el INGUAT, el hotel catalogado cinco estrellas presenta lujo y comodidad en cualquier parte del edificio, cada área debe estar climatizada de acuerdo a la temperatura del medio ambiente, si el inmueble cuenta con mas de dos pisos, por lo menos deberá de tener dos elevadores, uno para los huéspedes y el otro para el personal de servicio. Entre tantos detalles, resalta el tamaño de las habitaciones, por ejemplo, el baño de cada habitación debe de tener las dimensiones mínimas de 4 mts². Además, la habitación no podría medir menos de 15 mts² la sencilla y 18 mts² la doble.

Con respecto a los hoteles catalogados de cuatro a una estrella, la diferencia radica en las dimensiones de cada habitación, tanto para la sencilla como la doble. Cabe mencionar que las condiciones de cada establecimiento deben ser similares a la anterior clasificación, tomando en cuenta que la calidad varía proporcionalmente a la clasificación.

Figura 2. Ejemplo de una habitación de hotel cinco estrellas



Figura 3. Ejemplo de una habitación de hotel cuatro estrellas



1.2 distribución del consumo energético

Los gastos de energía de una instalación hotelera oscilan entre 3% y un 8% de los gastos totales de explotación, por lo que el ahorro de energía puede contribuir de manera significativa a la reducción de los costos de un hotel.

Generalmente, los hoteles consumen, por una parte, energía eléctrica, para su consumo en alumbrado, ascensores, bombeo de agua, aire acondicionado, maquinaria eléctrica de cocinas, restaurante, lavandería, etc. También se están implantando, cada vez con mayor frecuencia, las bombas de calor eléctricas, que permiten el suministro de calefacción durante los meses fríos. Por otra parte, los hoteles consumen algún combustible que se utiliza para la producción de agua caliente para calefacción (si no se dispone de bomba de calor), para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), para la calefacción de la piscina cubierta (si se dispone de ella) y también para el suministro de la cocina.

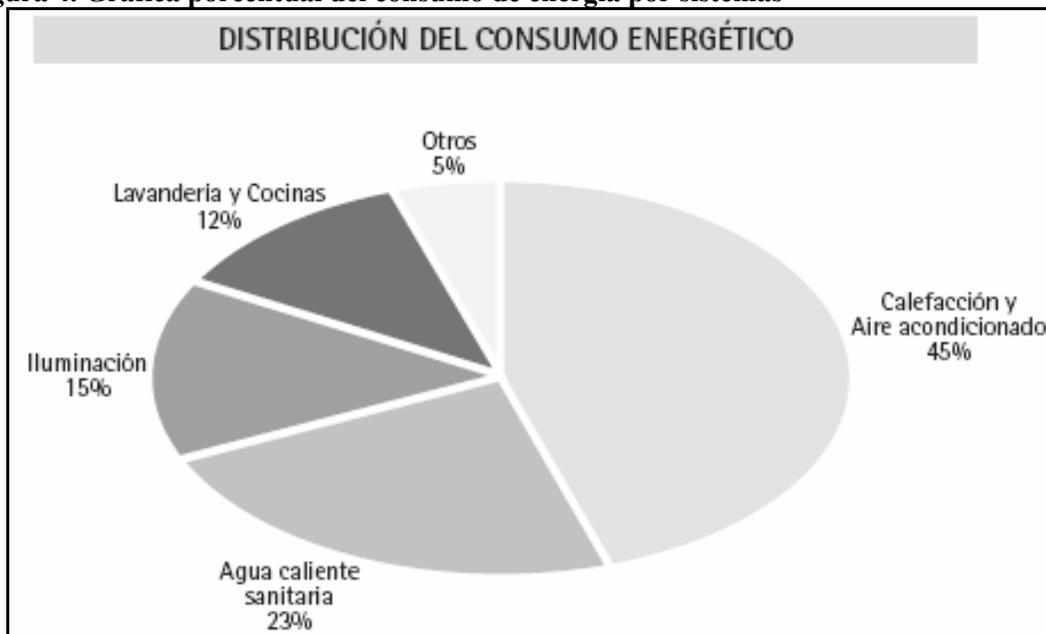
En el momento de realizar la distribución del consumo energético en el sector hotelero, se observa que, debido a la gran variedad de tipos de establecimientos, número de habitaciones, categoría, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en los hoteles, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra un hotel, debido a estos factores.

No obstante y de manera indicativa, la tabla I muestra cómo se reparte la demanda energética entre los principales equipos consumidores, en una distribución típica para un hotel. Al igual que en la tabla I, la figura 4 refleja en forma gráfica el considerable uso de calefacción y aire acondicionado en un hotel.

Tabla I. Distribución porcentual de consumo de energía por sistemas

SISTEMA	PORCENTAJE
Calefacción y aire acondicionado	45%
Agua caliente sanitaria	23%
Iluminación	15%
Lavandería y cocinas	12%
Otros	5%

Figura 4. Gráfica porcentual del consumo de energía por sistemas



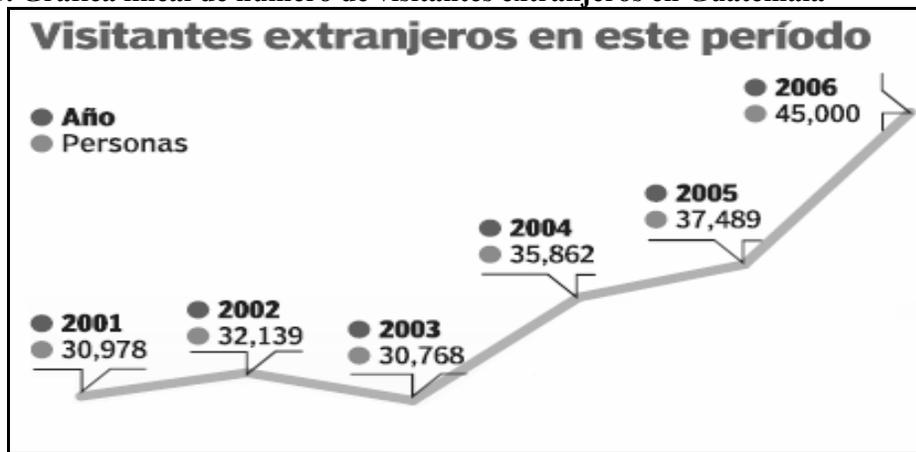
1.3 Índice energético

En Guatemala, la creciente demanda de visitantes extranjeros a través de los últimos años ha motivado a una mejora en el servicio hotelero, y en los hoteles catalogados de uno a cinco estrellas no es la excepción. Estos harían todo lo necesario para satisfacer las exigencias del cliente sin sobrepasar su consumo promedio de energía (KWh).

La figura cinco presenta la creciente demanda de visitantes extranjeros sólo en el período de semana santa en los últimos 6 años, ¿el motivo?, en Guatemala se vive con gran devoción los eventos procesionales que se realizan en diferentes puntos del país no

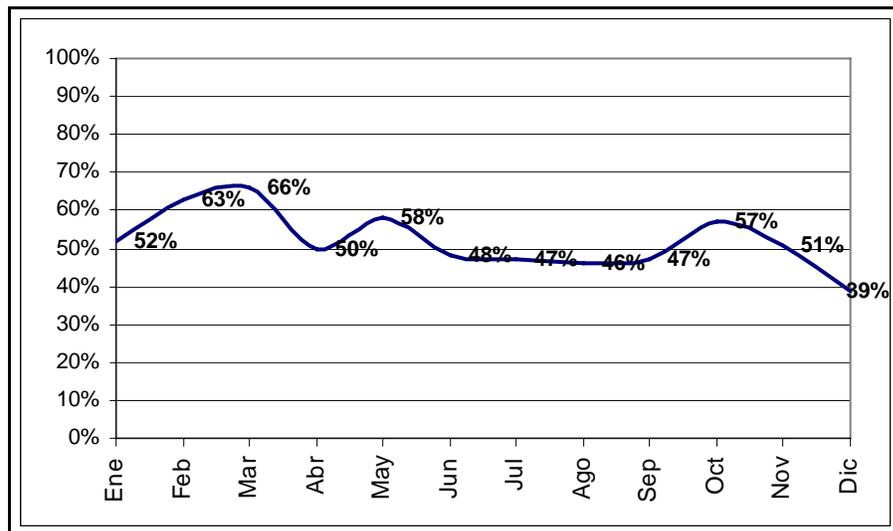
sin antes mencionar otros atractivos como las ruinas de Tikal, el lago de Atitlán, el municipio de Chichicastenango entre otros, se convierten en una gran fuente de atracción para turistas extranjeros en esas fechas. La figura 6 refleja el comportamiento anual de habitaciones utilizadas en su mayoría por extranjeros cuyo incremento considerable se manifiesta entre los meses de marzo a abril, período en donde la semana santa se hace presente.

Figura 5. Gráfica lineal de número de visitantes extranjeros en Guatemala



Fuente: instituto guatemalteco de turismo (INGUAT)

Figura 6. Ocupación porcentual de habitaciones en hotel cinco estrellas



Se pone énfasis en los turistas extranjeros debido a que la mayoría escoge comodidad durante su estadía en Guatemala, y que me mejor en un lugar agradable como lo brinda un hotel que reúna las exigencias en confort, para que cada centavo invertido por el visitante sea remunerado por un buen servicio.

Como todo establecimiento, preocupado por tener sus servicios en óptimas condiciones necesitará parámetros que le indiquen las debilidades que posee. En este caso un hotel se debe basar en normativas de consumo sirviendo estos como fuente de referencia para determinar si la sumatoria total de su energía utilizada equivale a un consumo aceptable. La tabla II muestra los parámetros aceptables de consumo anual para las distintas clasificaciones de hoteles.

Tabla II. Listado de consumo medio, de acuerdo a la categoría del hotel

CONSUMO MEDIO ENERGÉTICO DE HOTELES

<i>Categoría de hotel</i>	<i>Consumo medio (KWh.)</i>
Hotel 1 estrella	230,700
Hotel 2 estrellas	470,000
Hotel 3 estrellas	1,276,700
Hotel 4 estrellas	1,914,500
Hotel 5 estrellas	2,460,900

Para obtener el promedio anual de consumo energético, se debe de reunir las últimas doce lecturas de potencia activa realizadas al medidor que lleva dicha lectura (como la lectura del medidor esta dada en KWh., prácticamente es la lectura de la

energía del hotel) sumarlas y luego comparar de acuerdo a la categoría correspondiente el consumo promedio en KWh. (mayor referencia a cerca de potencia y consumo energético consultar capítulo dos, conceptos básicos).

Por su particular finalidad, un hotel es un edificio creado para descansar y sentirse confortable. La energía, en sus distintas formas, es utilizada en muchas de las aplicaciones para contribuir a crear un ambiente confortable.

Por otra parte, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort. Se conseguirá un grado de eficiencia óptima cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.

La tabla III muestra tres clasificaciones de los hoteles en función del grado de eficiencia energética, en la cual se observa el amplio margen de consumo que se puede presentar en un hotel. Dicha tabla es aplicable a cualquier hotel que cumpla con la existencia o no de los servicios que menciona la tabla, junto a ello su respectivo número de habitaciones. Las dimensionales de estos valores de la tabla III están dados por la energía (Kwh.) dividido entre la multiplicación de área (mts^2) y periodo (años).

Como muestra de ello, según un estudio realizado a un hotel capitalino y por ser uno de los hoteles más grandes de Guatemala (con 239 habitaciones para huéspedes), el índice energético del Hotel Real Internacional Guatemala, sin diferenciar las dos líneas de servicios (hospedaje y eventos), es el siguiente:

- Consumo anual de electricidad: 5,367,621 KWh.
- Consumo anual de combustibles: No Disponible
- Superficie total: $11,575 \text{ mts}^2$ ($= 2,015 \text{ mts}^2 + 9,560 \text{ mts}^2$)
- Índice energético (eléctrico): $464 \text{ KWh./mt}^2\text{-año}$

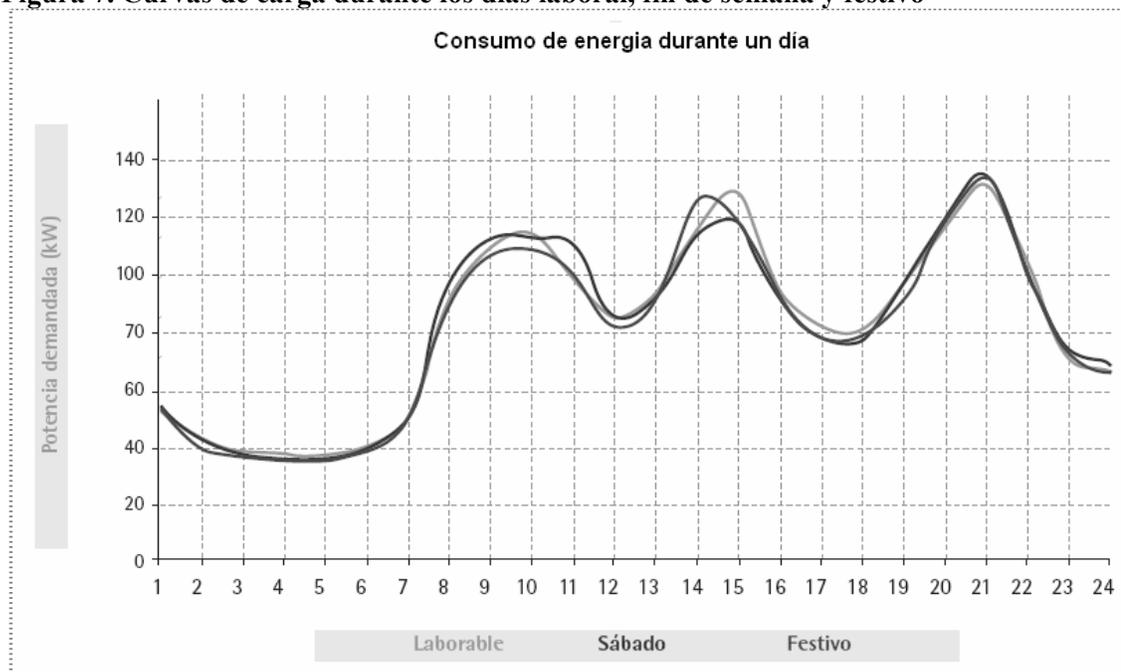
Tabla III. Parámetros de eficiencia en hoteles de acuerdo al número de habitaciones

PARÁMETROS DE EFICIENCIA EN HOTELES				
RELACIÓN DE EFICACIA	EXCELENTE	BUENA	POBRE	DEFICIENTE
A) hoteles grandes (mas de 150 hab.) con aire acondicionado, lavandería y piscina cubierta				
<i>electricidad (KWh./mts².año)</i>	<165	165-200	200-250	>250
<i>combustibles (KWh./mts².año)</i>	<200	200-240	240-300	>300
<i>TOTAL (KWh./mts².año)</i>	<365	365-440	440-550	>550
<i>agua (mts²/huesped.año)</i>	<220	220-280	280-320	>320
B) hoteles de tamaño medio (50 - 150 hab.) sin lavandería, con calefacción y aire acondicionado en algunas dependencias				
<i>electricidad (KWh./mts².año)</i>	<70	70-90	90-120	>120
<i>combustibles (KWh./mts².año)</i>	<190	190-230	230-260	>260
<i>TOTAL (KWh./mts².año)</i>	<260	260-320	320-380	>380
<i>agua (mts²/huésped.año)</i>	<160	160-185	185-220	>220
C) hoteles de tamaño pequeño (< 50 hab.) sin lavandería, con calefacción y aire acondicionado en algunas dependencias				
<i>electricidad (KWh./mts².año)</i>	<60	60-80	80-100	>100
<i>combustibles (KWh./mts².año)</i>	<180	180-210	210-240	>240
<i>TOTAL (KWh./mts².año)</i>	<240	240-290	290-340	>340
<i>agua (mts²/huesped.año)</i>	<120	120-140	140-160	>160

El índice energético de este hotel es 464KWh/m²-año, si se compara dicho valor con el reflejado en la tabla III se observa que presenta una eficiencia bastante baja. Otro dato que confirma el hecho que el Hotel Real Intercontinental experimenta un consumo excesivo de energía eléctrica es que los hoteles de cinco estrellas por media, tienen un consumo de 2, 460,900Kwh/año, y este sobrepasa con 5, 367,621Kwh/año del promedio aceptable (ver referencia en tabla II).

Con respecto a la demanda eléctrica a lo largo del día, en Guatemala se toma como referencia los tres períodos donde se tienen más actividad y estos son los tiempos de comida; desayuno, almuerzo y cena. Para satisfacer estos tiempos de comida es necesario utilizar toda clase de dispositivos para la elaboración de los mismos como estufas eléctricas, licuadoras, batidoras, etc.... además del alumbrado y la climatización del lugar a utilizarse, en este caso, el restaurante del hotel, en pocas palabras representan el período donde hay mayor movimiento de personal y por lógica mayor consumo de recursos.

Figura 7. Curvas de carga durante los días laboral, fin de semana y festivo



Como muestra la figura siete, el comportamiento de las demandas para los días laborales, fin de semana y festivos varían de acuerdo al horario de los tiempos de comida, y es cuando la cocina está en su pleno funcionamiento. Por el contrario, las demandas bajas se dan en las horas nocturnas.

1.4 Descripción del sistema eléctrico

Dicho de otra manera, toda instalación requiere de una minuciosa inspección, ya que, en la mayoría de casos, pequeños detalles pasados por alto conllevan a una fuga de energía que a largo plazo representa una pérdida significativa para el hotel, no solo en el gasto de consumo diario sino que en el deterioro acelerado del dispositivo o conexión afectada.

En Guatemala, al igual que en otros países en vías de desarrollo, no se tiene la costumbre de seguir de cerca el proceso de una instalación eléctrica, la parte principal es, sin duda, el mantenimiento que se lleva a cabo después de la conclusión de dicha instalación y, sobre todo, la constante actualización de dispositivos cada vez más eficientes, no solo en funcionamiento sino que en tamaño, además de nuevas técnicas de ahorro energético.

Regularmente una instalación de menor capacidad utiliza la acometida tradicional que consiste en tres conductores (cables) conectados a las salidas de los transformadores de distribución instalados en los postes, pero un hotel de grandes proporciones donde requiere mayor control de voltajes, utiliza una pequeña subestación eléctrica. Es muy importante resaltar que en las acometidas ordinarias o tradicionales (pequeños y medianos consumidores) solo se obtiene dos niveles de voltaje, 120 y 240 voltios.

Como ejemplo se ha mencionado con anterioridad, la capacidad de carga que posee el hotel Intercontinental, está el utilizar una subestación en su sistema eléctrico. Cuando se inspecciona una instalación de esta magnitud se debe de enfocar en la subestación del hotel, la ubicación en muchos casos, va ligado al espacio y nivel de ruido que este genera.

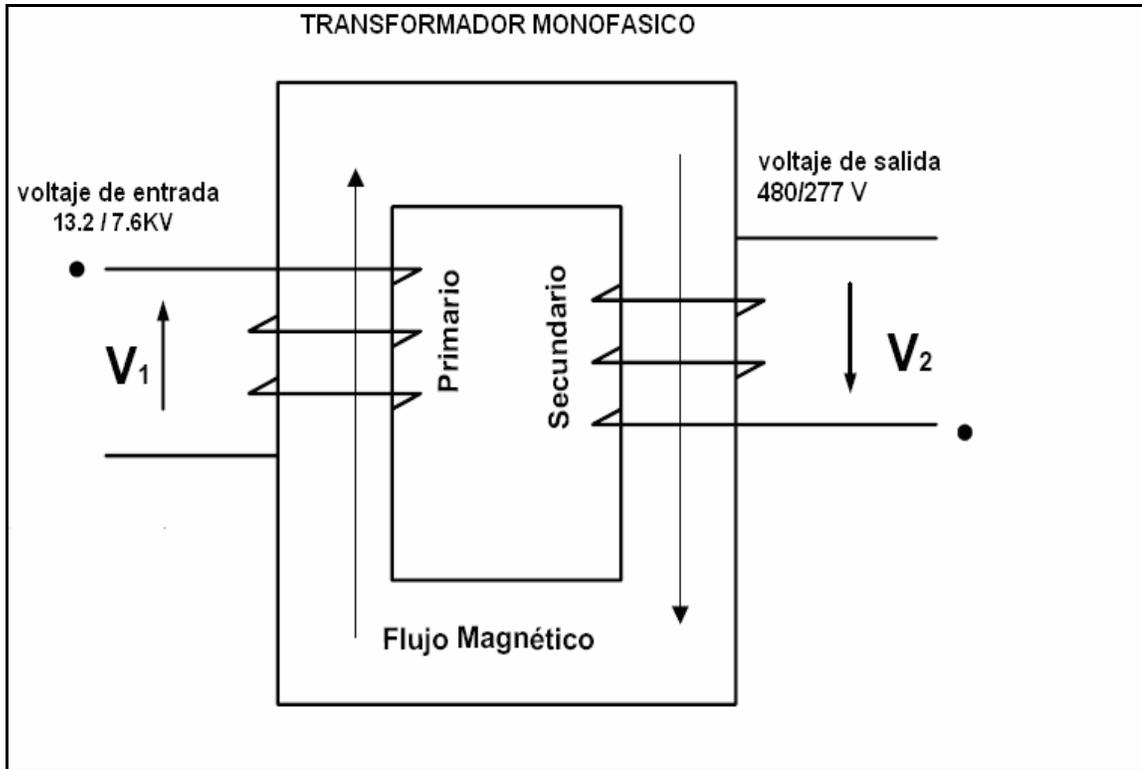
Generalmente se recurre a un espacio en los sótanos que posee el hotel, debido al fácil acceso y lo hermético del lugar para que el ruido no se propague e influir negativamente en el confort, es por ello que dicha área es propicia a la instalación de una subestación. Cabe resaltar que la mayoría de hoteles capitalinos se encuentran concentrados en zonas urbanizadas donde el espacio es muy limitado. En cambio un hotel del interior de la República o, sin ir muy lejos, el hotel Quinta Real ubicado en el kilómetro 8.5, carretera a El Salvador se encuentra fuera de dicho problema.

Con la subestación localizada y estando en ella, se debe de verificar el nivel de voltaje de entrada a los transformadores primarios, por norma se tiene establecido que para una red de distribución, el nivel de voltaje es 13.8 KV. Para ello, en muchas subestaciones se tiene instalado un sistema de medición indirecta (generalmente instalado en el primario del transformador principal) en formato digital para una mejor precisión de lectura.

Es importante determinar la capacidad de los transformadores, ya que éstos nos reflejan la potencia máxima a proporcionar. Por ejemplo, el Banco de Transformación Principal de la subestación del hotel Intercontinental, cuya conexión muestra la existencia de 3 transformadores monofásicos (representado esquemáticamente en la figura 8) con capacidad nominal de 1.66 MVA cada uno, haciendo un total de 5 MVA y relación de transformación 13,200 a 480/277 voltios. El voltaje de salida para cada fase no es aplicable a cargas de uso común. Dichas cargas manejan niveles de voltaje de 220/110 voltios.

Esto no da a entender que los transformadores colocados en las subestaciones de hoteles tengan siempre niveles de voltaje de salida inusuales. Las razones quedan a criterio del diseñador de la subestación. Puede suponerse muchos factores pero no es de sumo interés, lo importante es detectar los niveles de voltaje que se tiene como salida y los dispositivos que requieran de estos niveles de voltaje.

Figura 8. Diagrama esquemático del transformador principal monofásico



De acuerdo al diseño y carga a energizar por parte de esta subestación se implementó (a criterio de terceras personas) transformadores en el secundario del transformador principal. En la subestación se encuentran 3 transformadores secundarios y son los siguientes:

- 2 Transformadores trifásicos con capacidad nominal de 1 MVA para cada uno y una relación de transformación de 480 a 208/120 voltios.
- 1 Transformador trifásico con capacidad nominal de 750 KVA y una relación de transformación de 480 a 208/120 voltios.

Todos los transformadores que se encuentran en la subestación tienen conexión Delta Estrella Aterrizada. Un hotel de esta magnitud no puede darse el lujo de dejar de prestar todas las comodidades que ofrece y en este caso, un corte de energía eléctrica

ocasionaría la ausencia de las mismas, esto produciría pérdidas no solo en calidad e imagen del mismo hotel, sino en los productos perecederos que ameritan refrigeración, como la seguridad de sus huéspedes, como medida de prevención y adicional a los transformadores en mención se utiliza una planta eléctrica de diesel para dicha emergencia, la capacidad va ligada a los dispositivos o elementos “importantes” cuyas funciones ameritan que la energía sea ininterrumpida.

En el caso de la planta de generación eléctrica instalada en el hotel Intercontinental tiene una capacidad de 1,496 Kw. a 480 voltios con conexión Estrella Aterrizada. Con respecto a la conexión aterrizada este se caracteriza por tener una buena respuesta a las corrientes armónicas ocasionadas por las corrientes que alimentan a las cargas, la ausencia de esta conexión ocasiona inestabilidad en cualquier sistema eléctrico, por tal motivo, se debe poner mucho énfasis en ello.

Como siguiente paso, es determinar la ubicación del panel principal del hotel, debido a que en él se puede ubicar los circuitos o ramales existentes. Para el caso de la subestación mencionada, en ella se tiene un panel principal con 10 circuitos o ramales de distribución, los cuales alimentan a todo el edificio. Como referencia de análisis, es necesario recorrer todas sus instalaciones y llevar un inventario de los elementos que de una forma u otra intervienen en el consumo de energía eléctrica.

Por ejemplo, dicho hotel está dividido en dos edificios, uno es el hotel en si que consta de un espacio de 16 niveles y 5 sótanos, dispone de 239 habitaciones para huéspedes, 2,015 mts² para eventos múltiples, 1 restaurante, 1 café y 1 bar, 3 niveles para 15 salones (con capacidad de 10 hasta 1,000 invitados), un área de pre-función, lobby y galerías, 13 niveles para hospedaje, 2 Cocinas, 1 panadería y 11 cuartos fríos, 1 piscina, 1 jacuzzi y 1 gimnasio, 1 lavandería-tintorería; 2 oficinas administrativas, talleres y almacén, 1 centro de negocios.

Como facilidades tiene 5 sótanos para estacionamiento, 6 ascensores (3 para huéspedes y 3 para servicios), 2 casas de máquinas (azotea-aire acondicionado, sótano 1 -calderas-), 1 planta de emergencia (1,500 Kw.), una Subestación eléctrica de transformación y distribución (5 MVA en niveles de voltaje de 480, 240 y 120v), todo esto refleja la carga considerable que poseen los hoteles 5 estrellas.

La facilidad con que se lleve a cabo la recaudación de datos depende una buena parte de la topología con que se encuentran los ramales previamente. Es de buena práctica consultar con el jefe de mantenimiento si el sistema eléctrico ha sufrido cambios después de haberse puesto en marcha y si es posible el motivo de dichos cambios para ser tomado como referencia durante el desarrollo del mismo.

La tabla IV muestra un ejemplo en forma detallada de circuitos en un tablero principal, con ello se obtiene una mejor referencia de la distribución eléctrica.

Tabla IV. Ejemplo de circuitos en un panel de distribución eléctrico en un hotel

RAMAL	IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITO
No. 1	Circuito del hotel
No. 2	Circuito del edificio de oficinas
No. 3	transformador T2P 1 MVA edificio de oficinas
No. 4	transformador T1P 1 MVA hotel
No. 5	climatizador, bomba centrífuga, bomba de presión y CCM sótano 1
No. 6	elevadores hotel
No. 7	elevadores edificio de oficinas
No. 8	transformador T3P 750 KVA hotel
No. 9	generador principal
No. 10	iluminación de sótanos

1.5 Tarifa eléctrica

Los grandes hoteles tienen una tarifa de energía, según lo regulado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), y este es de tipo horario y están definidas como energía Valle, Diurno y Pico (figura 9), por lo que la facturación en hoteles donde predomina mucho este tipo de consumo se realiza en tres bloques:

- Bloque 1:** El consumo de energía eléctrica en **Banda de Valle** comúnmente llamado “período de demanda mínima” que comprende de las 22:00 a 06:00 horas del día, tiene un costo que oscila entre **US\$ 0.081906 a 0.110814 /KWh.** (facturado en concepto de Energía Valle).
- Bloque 2:** El Consumo de energía eléctrica en **Banda Intermedia** comúnmente llamado “período de demanda media” que comprende de las 06:00 a 18:00 horas del día, tiene un costo de **US\$ 0.081906 a 0.110814 /KWh.** (facturado en concepto de Energía Diurno).
- Bloque 3:** El consumo de energía eléctrica en **Banda de Punta** comúnmente llamado “período de máxima demanda” que comprende de las 18:00 a 22:00 horas del día, tiene un costo de **US\$ 0.081906 a 0.110814 /KWh.** (facturado en concepto de Energía Pico).

La potencia de demanda Máxima tiene un costo que oscila **US\$ 11.8 a 15.9 por Kw-mes** (Facturado en concepto de Potencia Máxima).

Se establece una penalización para el factor de potencia, si este se encuentra por debajo del límite estipulado por la CNEE en las NTSD, igual a 0.90, a un costo que oscila entre **US\$ 11.8 a 15.9 por Kw-mes** (facturado en concepto de Ajuste), que es calculado de la siguiente manera:

Penalización por bajo factor de potencia:

AJUSTE:

$$kW_{ajuste} = kW_{MES} (1 - (FP_{CNEE} / FP_{MEDIDO}))$$

DONDE:

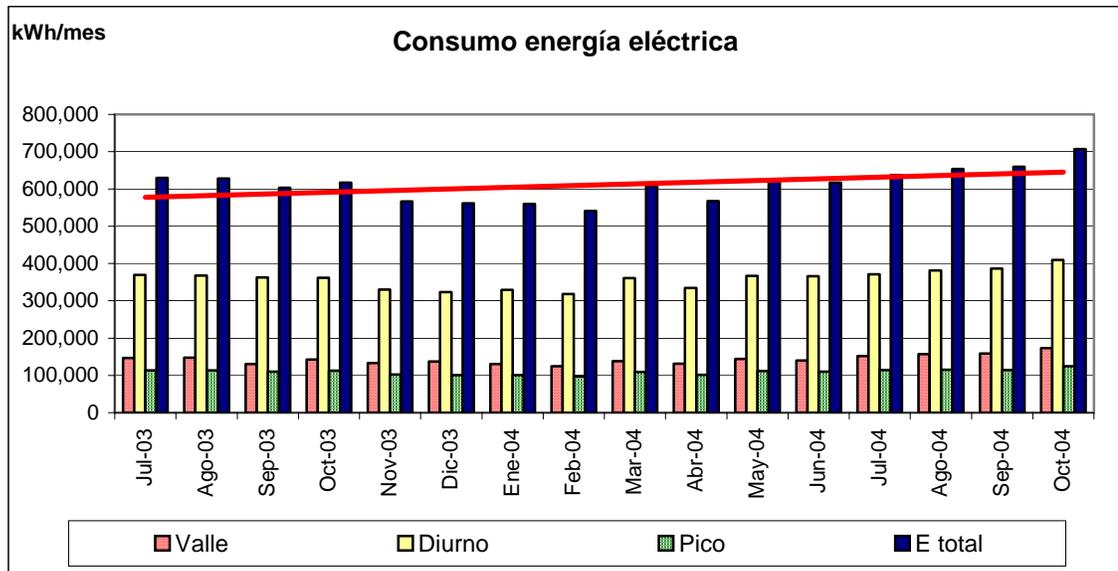
kW_{MES} = Potencia Total Máxima Registrada

FP_{CNEE} = Es el valor estipulado por la CNEE de 0.90

FP_{MEDIDO} = $\cos(\tan^{-1}(\text{Energía KVAR} / \text{Energía KWh.}))$

En la boleta de desglose de **COMEGSA**, la penalización por bajo factor de potencia está en el rubro “AJUSTE” y, en la factura, se presenta el cobro sumado con la “Potencia Total Máxima”.

Figura 9. Consumo Eléctrico mensual integración horaria



La figura nueve representa el consumo energético durante un período seleccionado al azar, cuyos valores son proporcionados por personal del hotel, para luego procesarlos en una hoja de Excel, con el fin de representar gráficamente como lo muestra la figura referida.

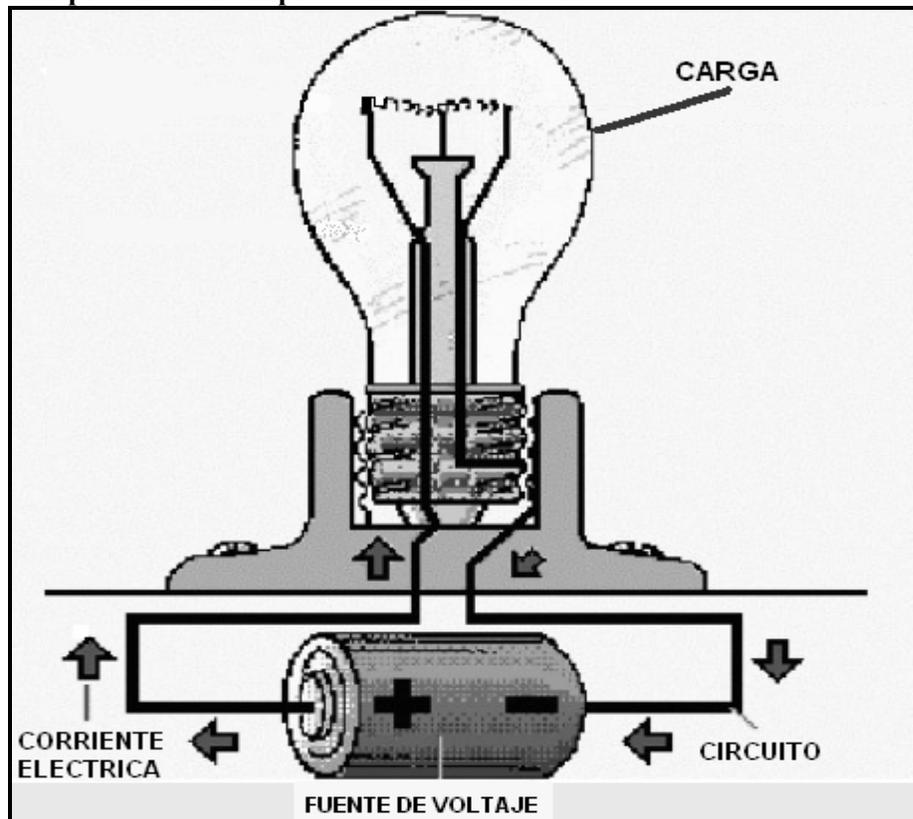
2 CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Electricidad

2.1.1 Definición de electricidad

La electricidad es un fenómeno natural controlado para el uso del género humano, dicho fenómeno físico proviene de la interacción de cargas eléctricas. Para que esta interacción se lleve a cabo, se necesita una fuerza que los haga mover de un punto a otro, esta fuerza es comúnmente llamada voltaje (mayor referencia en sección 2.1.3). Cuando un circuito está siendo alimentado por una fuente de voltaje, se dice que hay un flujo de corriente que sale de una Terminal (parte positiva de la batería) de la fuente, pasa a través de todo el circuito y luego regresa por la otra Terminal (parte negativa de la batería) de dicha fuente, a esta corriente es comúnmente llamada corriente convencional.

Figura 10. Representación simple de un circuito eléctrico



Como lo muestra la figura 10, el circuito está compuesto por tres elementos básicos; fuente de voltaje, el conductor (comúnmente llamado cable) donde circula la corriente y el último elemento la carga, este último puede ser un motor eléctrico, aparatos electrodomésticos, una bombilla, etc.... con todo esto se puede concluir que un circuito eléctrico o un red eléctrica es una interconexión de elementos entre sí con una trayectoria cerrada de forma que pueda fluir continuamente una corriente eléctrica.

2.1.2 Corriente

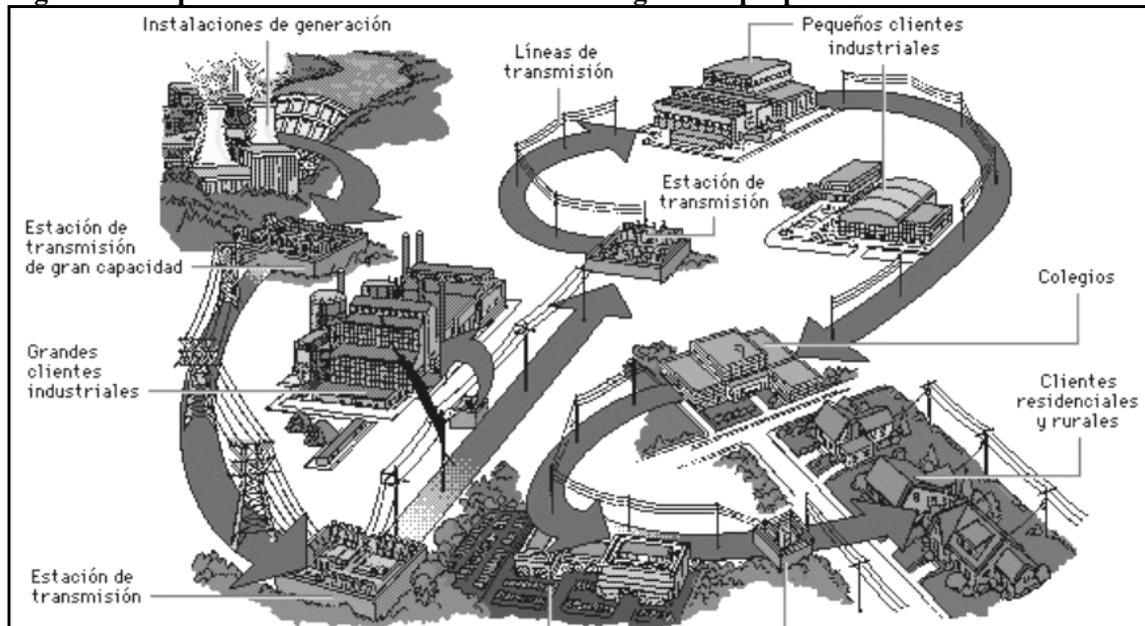
La corriente eléctrica no es más que el flujo de cargas eléctricas que circulan a través de un circuito conectado a las terminales de una fuente de voltaje. La corriente hace posible el funcionamiento de cualquier aparato que necesite energía eléctrica. Para grandes cargas es necesario utilizar corriente alterna (AC), esto da a entender que la polaridad de la corriente va cambiando de positivo a negativo y viceversa a una frecuencia de 60 Hertz.

La corriente directa (DC) se utiliza para pequeñas cargas como por ejemplo radios portátiles, discman, computadoras portátiles, linternas, etc.... y ésta se encuentra almacenada en fuentes llamadas baterías que son más que almacenamiento de energía química a la disposición de suministrar energía eléctrica. Las unidades que identifican a la corriente es el Amperio, por ejemplo si se dice que un circuito consume 5 Amp quiere decir que necesita 5 Amperios para poder trabajar de forma eficiente.

2.1.3 Voltaje

Como se ha mencionado en un principio, es la fuerza para mover carga eléctrica de un punto a otro, en este caso desde la Terminal positiva hacia la Terminal negativa. Tanto la corriente alterna (AC) como la corriente directa (DC) van ligadas al comportamiento del voltaje, es decir, en un voltaje alterno, existe corriente alterna, y en un voltaje directo, existe corriente directa.

Figura 11. Representación de una red eléctrica de grandes proporciones



La figura 11 presenta una red eléctrica que muestra las etapas de generación, transporte y distribución del voltaje alterno (AC). En cada parte de la red se encuentran diferentes niveles de voltaje. Por ejemplo, en la etapa de generación en sus salidas se utiliza los niveles 138 KV y 230 KV. Luego para la etapa de transporte se utilizan los niveles 69 KV, 138 KV y 230 KV.

De último se encuentra la etapa de distribución que es la etapa final del circuito destinado a llevar el voltaje 13.8KV, por las zonas urbanas. Cabe resaltar que para el cambio de un nivel de voltaje a otro, se necesita de subestaciones colocados de acuerdo al estudio previo. Para grandes clientes industriales necesitan una gran cantidad de energía, por lo tanto necesitan de las generadoras altos niveles voltajes, el motivo es contrarrestar las perdidas ocasionadas por calentamiento de conductores (esto se debe a que cuando existe una amplitud de voltaje bastante alta se tiene en las líneas de conducción una corriente pequeña, y viceversa, por tal motivo, en transmisión se tienen presentes voltajes altos) en las líneas de transmisión, posteriormente, dichos clientes se encargan de disminuir el nivel de voltaje a base de subestaciones construidas en sus

instalaciones con el fin de obtener niveles de voltajes de acuerdo al equipo que necesitan hacer funcionar.

Estos clientes pueden ser cementeras, fundidores, procesadoras de alimentos, ensambladoras de vehículos, etc..., dentro de los pequeños clientes industriales se encuentran hoteles (generalmente los de mayor tamaño), restaurantes, condominios, etc..., a estos últimos se utiliza la red de distribución de 13.8KV para hacerles llegar la energía que necesitan.

2.1.4 Energía

La energía es la capacidad de un sistema físico para realizar un trabajo, cualquier materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. Por ejemplo, la radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación.

La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial. Un ejemplo, viene siendo un péndulo que oscila, este tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido; en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas.

Figura 12. Turbinas eólicas para generar energía eléctrica



La energía se encuentra en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica química, eléctrica, radiante o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. Por ejemplo en las hidroeléctricas se utiliza la energía cinética y potencial del agua para hacer girar turbinas y con ello crear energía eléctrica. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

Figura 13. Turbinas utilizadas en plantas hidroeléctricas



Otro ejemplo, un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. Un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en calor y luz si se inflama.

Al disparar un fusil, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede a su vez almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico.

Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para

realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento, y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor.

Las observaciones empíricas de siglos pasados llevaron a la conclusión que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir. Este concepto, conocido como principio de conservación de la energía, constituye uno de los principios básicos de la mecánica clásica. Al igual que el principio de conservación de la materia, sólo se cumple en fenómenos que implican velocidades bajas en comparación con la velocidad de la luz. Las dimensionales que identifican a la energía es el Joule (J) y en eléctrica es mas conocida como kilovatios*hora (kWh.)

2.1.5 Factor de potencia

Es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en Vatios (W) o kilovatios (Kw), a la potencia aparente obtenida de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA). Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc.

Este carácter reactivo obliga a que junto al consumo de potencia activa (Kw.) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias.

Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

En las cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la potencia reactiva (KVAR) para trabajar en forma eficiente. Para dichas cargas lo importante es determinar el tipo de conductor a utilizar, debido a que una de las formas de provocar pérdidas de energía es por medio del calor que produce la corriente cuando esta fluye en conductores con calibres inapropiados.

2.1.5.1 Consecuencias de un bajo factor de potencia

El hecho que exista un bajo factor de potencia en una industria este produce los siguientes inconvenientes:

Al suscriptor:

- Aumento de la intensidad de corriente
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de voltaje

- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los cables
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

A la empresa distribuidora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

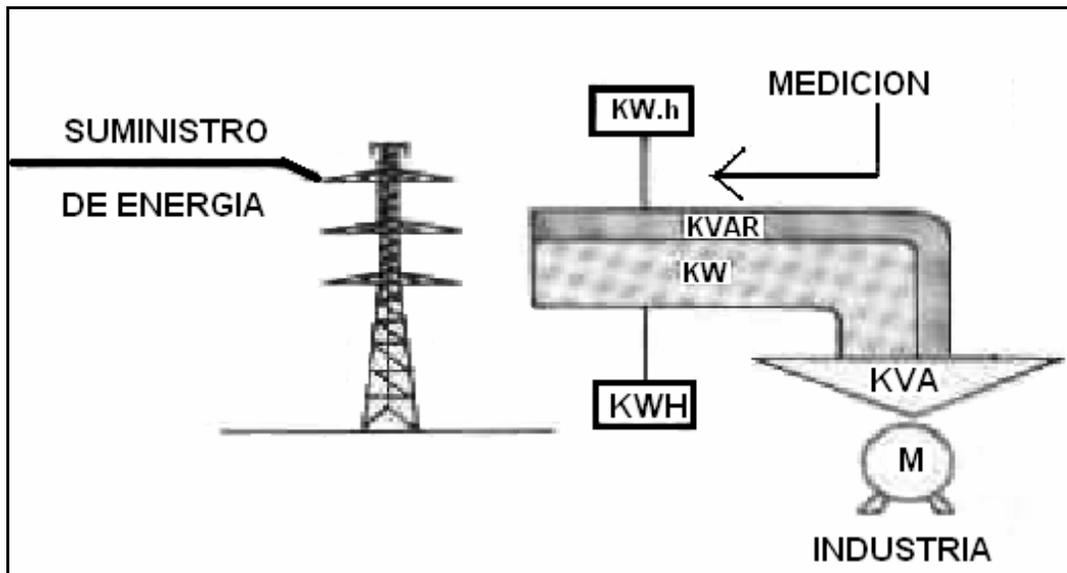
Una forma bien atinada por parte de las empresas de electricidad a nivel nacional e internacional de hacer reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda, facturado en US\$./KVA, es decir cobrándole por capacidad suministrada en KVA. Factor donde se incluye el consumo de los KVAR que se entregan a la industria.

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria (algo menos económico si no se dispone de ellos). En realidad los motores sincrónicos tienen cierta ventaja, ya que se utiliza la energía mecánica que proveen para ser aprovechado con diferentes fines de la empresa que lo posee, mientras que los capacitores estáticos no.

El consumo de potencia activa (Kw.) y potencia reactiva (KVAR) en una industria se mantienen inalterables antes y después de la compensación reactiva (instalación de los condensadores), la diferencia estriba en que al principio la potencia

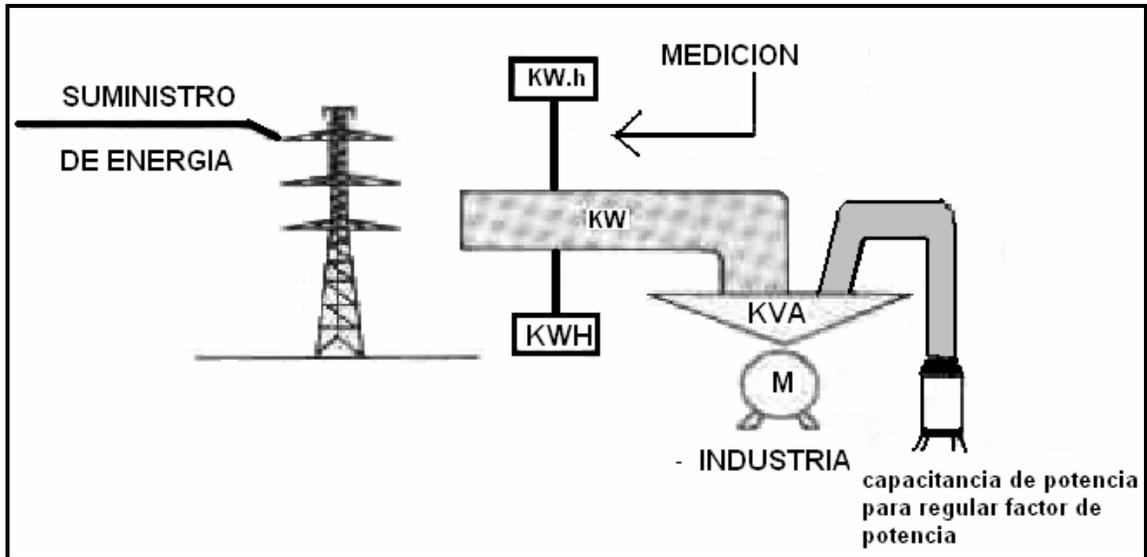
reactiva (KVAR) que una planta estaba requiriendo, debían ser producidos, transportados y entregados por la empresa de distribución de energía eléctrica, lo cual como se presentó en un principio, le produce consecuencias negativas.

Figura 14. Industria sin compensador de factor de potencia



Pero, esta potencia reactiva puede ser generada y entregada de forma económica, por cada una de las industrias que lo requieran, a través de los bancos de capacitores y/o motores sincrónicos, evitando a la empresa de distribución de energía eléctrica, el generarla transportarla y distribuirla por sus redes. La figura 14 muestra una industria sin ninguna compensación para la potencia reactiva (KVAR), lo que ocasionaría un factor de potencia inestable y sobre todo con riesgo de recibir penalizaciones de acuerdo a las leyes emitidas por la comisión nacional de energía eléctrica (CNEE).

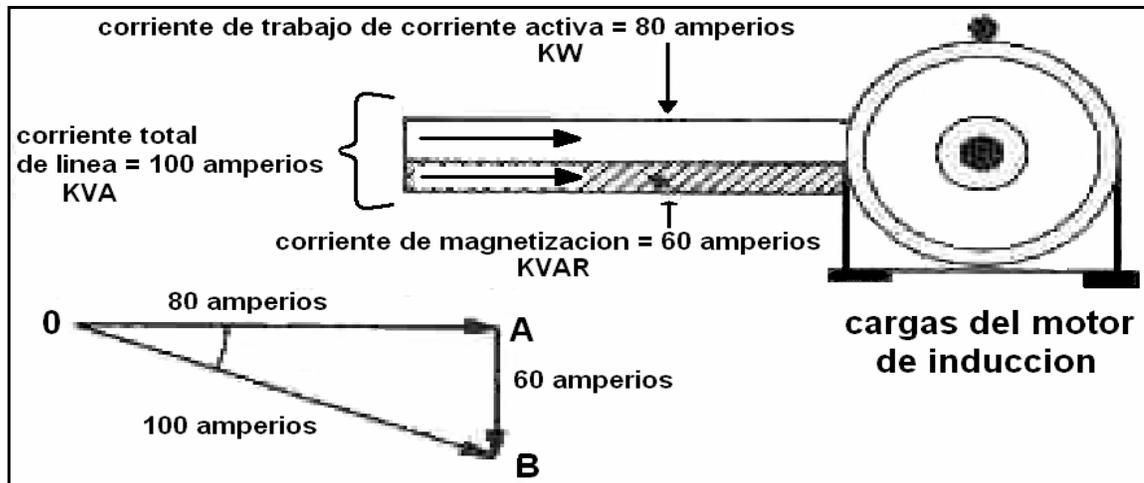
Figura 15. Industria con compensador de factor de potencia



Como ejemplo aparece un capacitor instalado en el mismo circuito de un motor de inducción, este tiene como efecto un intercambio de corriente reactiva entre ellos. La corriente de adelanto almacenada por el capacitor compensa a la corriente de retraso requerida por el motor de inducción. Como resultado, una mejor respuesta del factor de potencia.

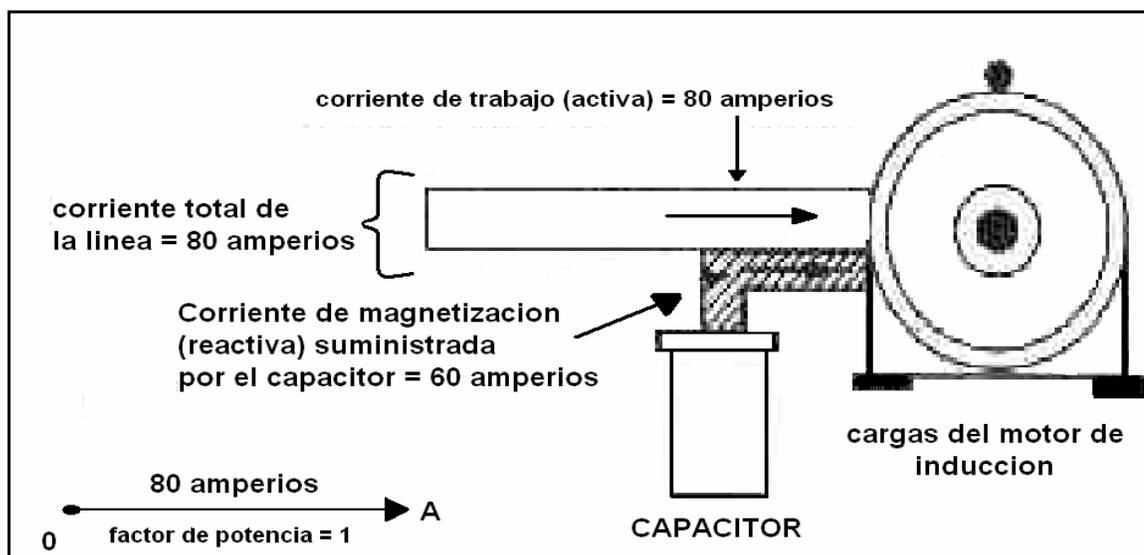
La figura 16 muestra un motor de inducción sin corrección de factor de potencia. El motor consume sólo 80 Amp para su carga de trabajo. Pero la corriente de magnetización que requiere el motor es de 60 Amp, por lo tanto el circuito de alimentación debe conducir: $\sqrt{(80^2 + 60^2)} = 100$ Amp. (Para mayor referencia ver triangulo de potencia, subíndice 2.2.2).

Figura 16. Motor de inducción con pobre factor de potencia



Por la línea de alimentación fluye la corriente de trabajo junto con la corriente no útil o corriente de magnetización. Después de instalar un capacitor en el motor para satisfacer las necesidades de magnetización del mismo, como muestra la figura 17, el circuito de alimentación sólo tiene que conducir y suministrar 80 Amp para que el motor efectúe el mismo trabajo. Ya que el capacitor se encarga de entregar los 60 amp. Restantes.

Figura 17. Motor de inducción con buen factor de potencia



El circuito de alimentación conduce ahora únicamente corriente de trabajo. Esto permite conectar equipo eléctrico adicional en el mismo circuito y reduce los costos por consumo de energía como consecuencia de mantener un buen factor de potencia.

2.2 Potencia Eléctrica

2.2.1 Definición

La potencia es la cantidad de energía entregada o absorbida en un diferencial de tiempo. Por ejemplo, el rendimiento útil o luminosidad de un bombillo eléctrico puede expresarse en términos de potencia. Se sabe que un bombillo de 300 W proporciona más luz que uno de 100 W. La potencia está relacionada con el voltaje y la corriente de cualquier carga eléctrica. La unidad que identifica a la potencia es el Vatio (W).

La potencia está ligada con la energía, por ejemplo, si se tiene una carga constante de 300 W y se quiere saber cuánta energía consume en un diferencial de tiempo, solo se multiplica la potencia con este diferencial y obtenemos la energía. La unidad que representa a la energía es el Joule (W * hora).

2.2.2 Triángulo de potencia

El Teorema de Pitágoras relaciona los tres lados de un triángulo rectángulo, este teorema establece que el cuadrado del lado mayor (hipotenusa) es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados (catetos). El teorema de Pitágoras permite calcular uno de los lados de un triángulo rectángulo si se conocen los otros dos. Así, permite calcular la hipotenusa a partir de los dos catetos, o bien, calcular un cateto teniendo conocidos la hipotenusa y el otro cateto. Además el ángulo que forma entre los catetos con respecto a la hipotenusa sirve como otra alternativa de cálculo.

Con base al teorema de Pitágoras y aplicando a las potencias eléctricas se tiene:

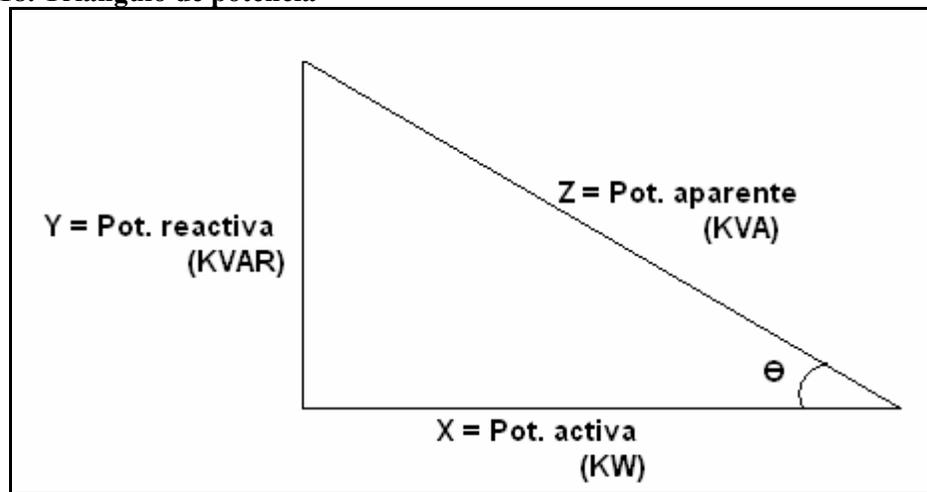
$$Z^2 = Y^2 + X^2$$

$$X = Z * \text{COS} (\Theta)$$

$$Y = Z * \text{SEN} (\Theta)$$

Donde (Z) representa la hipotenusa, (X) representa el cateto adyacente y (Y) representa al cateto opuesto, Θ (teta) representa el ángulo que es muy utilizado en eléctrica para representar el factor de potencia.

Figura 18. Triángulo de potencia



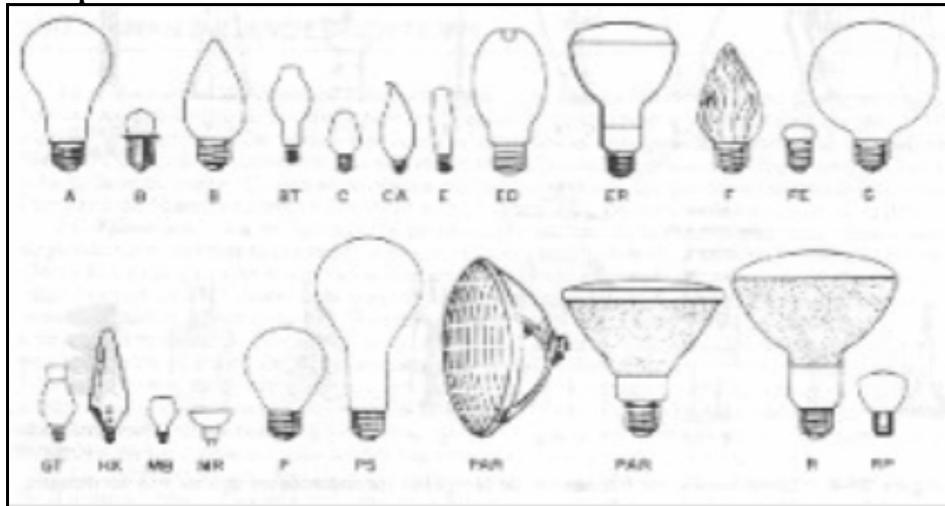
2.2.3 Potencia aparente (KVA)

La potencia aparente como se a mencionado, es la suministrada por los distribuidores, tal es el caso en Guatemala Unión FENOSA y EEGSA. Este tipo potencia es la sumatoria vectorial de la POTENCIA REACTIVA (KVAR) y POTENCIA ACTIVA (KW). Para ello se utiliza un teorema bastante conocido y muy útil para el análisis de las potencias mencionadas. En ingeniería eléctrica a este triangulo se le llama TRIÁNGULO DE POTENCIA.

2.2.4 Potencia activa (KW)

Es la potencia utilizada por dispositivos resistivos, como por ejemplo, luz incandescente, calentadora para duchas, estufas eléctricas, planchas, etc....

Figura 19. Tipos de bombillas incandescentes



Esta potencia es muy común en el consumo diario de muchísimos hogares en donde la carga que prevalece es la resistiva, se podría decir que es en donde se puede encontrar el factor más aceptable (aproximadamente igual a la unidad).

2.2.5 Potencia reactiva (KVAR)

Como se ha mencionado, es la corriente que se necesita para magnetizar dispositivos inductivos o capacitivos, con ello la potencia reactiva se hace presente. Entre los dispositivos que consumen este tipo de potencia se encuentran; lámparas con balastos electromagnéticos, lámparas para uso industrial, motores, sistema de refrigeración, aire acondicionado, etc.

Figura 20. Lámpara con balastro electromagnético

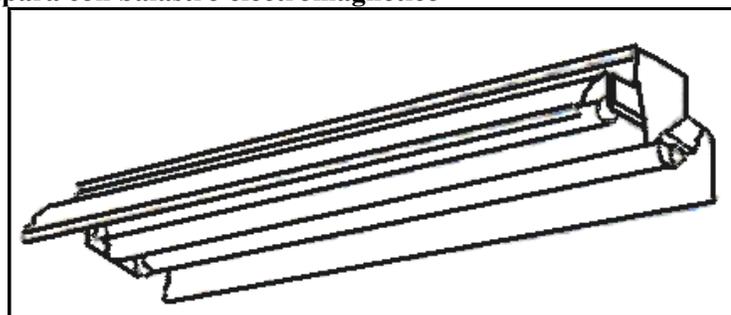


Figura 21. Lámparas para uso industrial

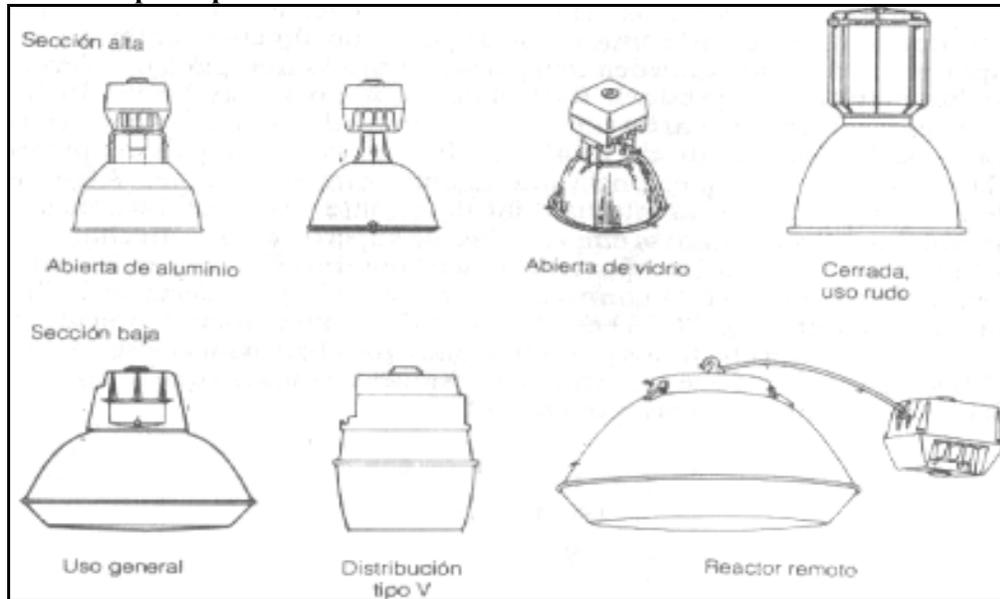
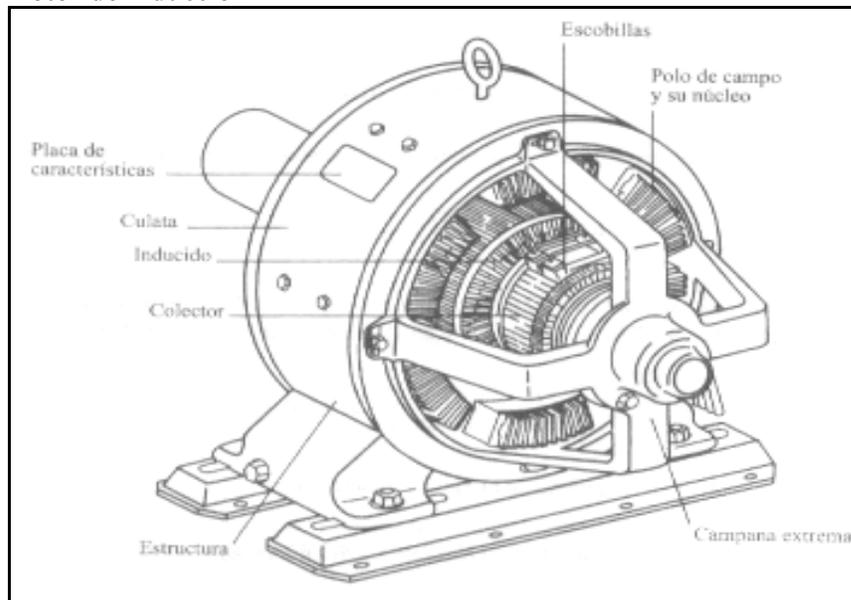


Figura 22. Motor de inducción



2.3 Medición de energía

Las distribuidoras utilizan medidores electromecánicos de funcionamiento sencillo llamados comúnmente “contadores”. Estos medidores proporcionan una lectura de energía acumulada en cualquier instante para que las residencias reflejen su consumo mensual por medio de estos dispositivos de medición.

Figura 23. Medidores electromecánicos: A) tipo reloj y B) tipo ciclo métrico

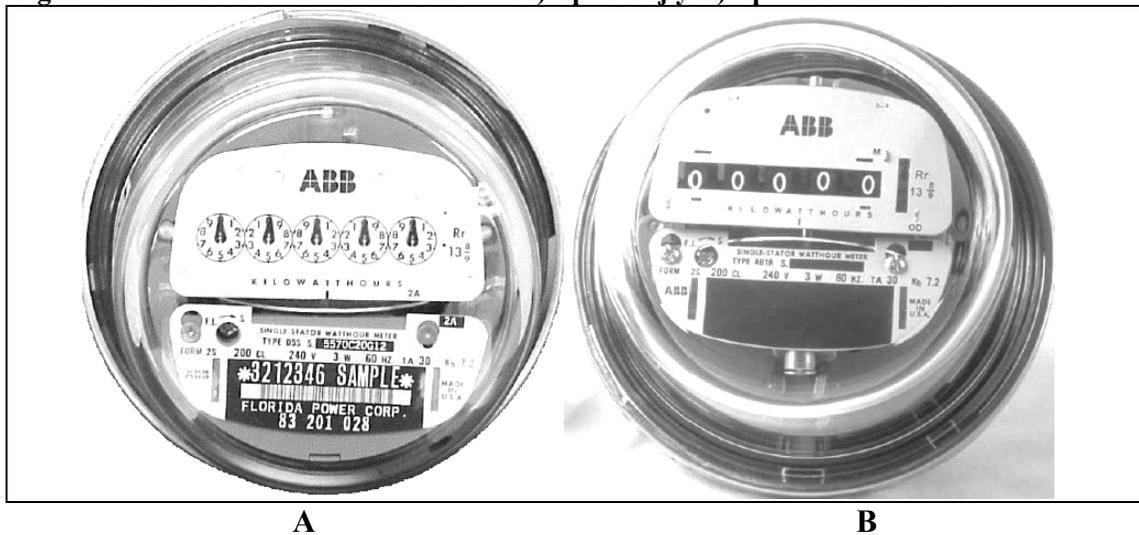


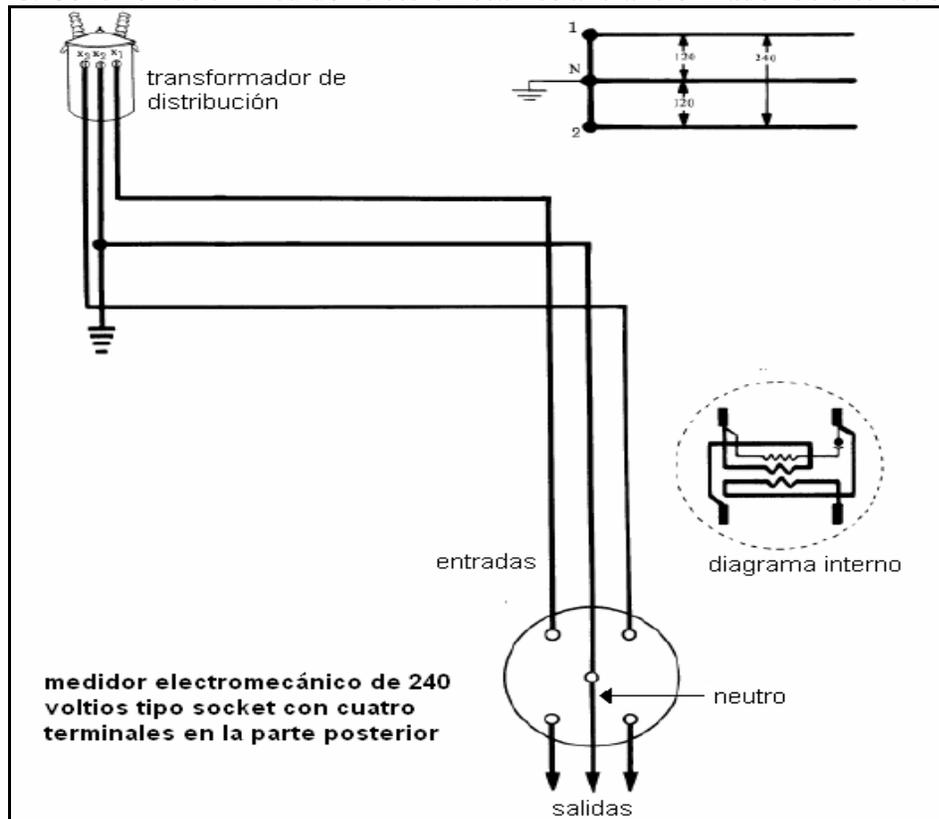
Figura 24. Medidor o “contador” electrónico



Los medidores utilizados para uso domiciliario se encuentran en la figura 23, de estos son fabricados para proporcionar una lectura a base de un movimiento mecánico producido por la interacción de campos magnéticos en bobinas colocadas internamente. Existe un campo magnético que depende de la carga del cliente, por ello lo hace muy indispensable en el funcionamiento del mismo.

Para clientes que requieran la lectura de las tres potencias mencionadas se utiliza el medidor electrónico. En este su funcionamiento interno es bastante complejo, ya que muestrea en una forma determinada por el fabricante la información para luego procesarla en base a los parámetros establecidos y luego desplegarlas en el display instalados en la parte frontal. Un ejemplo se encuentra en la figura 24.

Figura 25. Conexión de un medidor electromecánico al transformador de distribución



La figura 25 muestra los medidores utilizados comúnmente para proporcionar la Potencia Activa con la observación de que dichos medidores trabajan en base a tiempo, por lo tanto las lecturas que reflejan tienen unidades igual a Kwh (esto representa energía, de nuevo se recalca que energía es igual a potencia (Kw) multiplicado por el tiempo (hrs.))

Para la conexión del medidor, la persona encargada puede referirse al diagrama que trae impregnado en la parte posterior con el fin de evitar daños y permitir un buen funcionamiento del mismo. La mayoría de medidores utilizados son de 240 voltios, conectando en sus terminales de salida cargas que consuman 240 voltios (para dicha conexión se necesita las dos fases y neutro, este último de acuerdo a la carga) o 120 voltios (para dicha conexión se necesitan una de las fases y neutro). La figura 25 ejemplifica una conexión típica de un medidor para uso domiciliario.

3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS

3.1 Medios técnicos

Un tema que preocupa a muchos usuarios y a las propias compañías suministradoras es la “calidad” de suministro de la energía eléctrica”. La “calidad” debe entenderse siempre de la onda de tensión en el punto de suministro de la compañía a cada usuario como estable y constante.

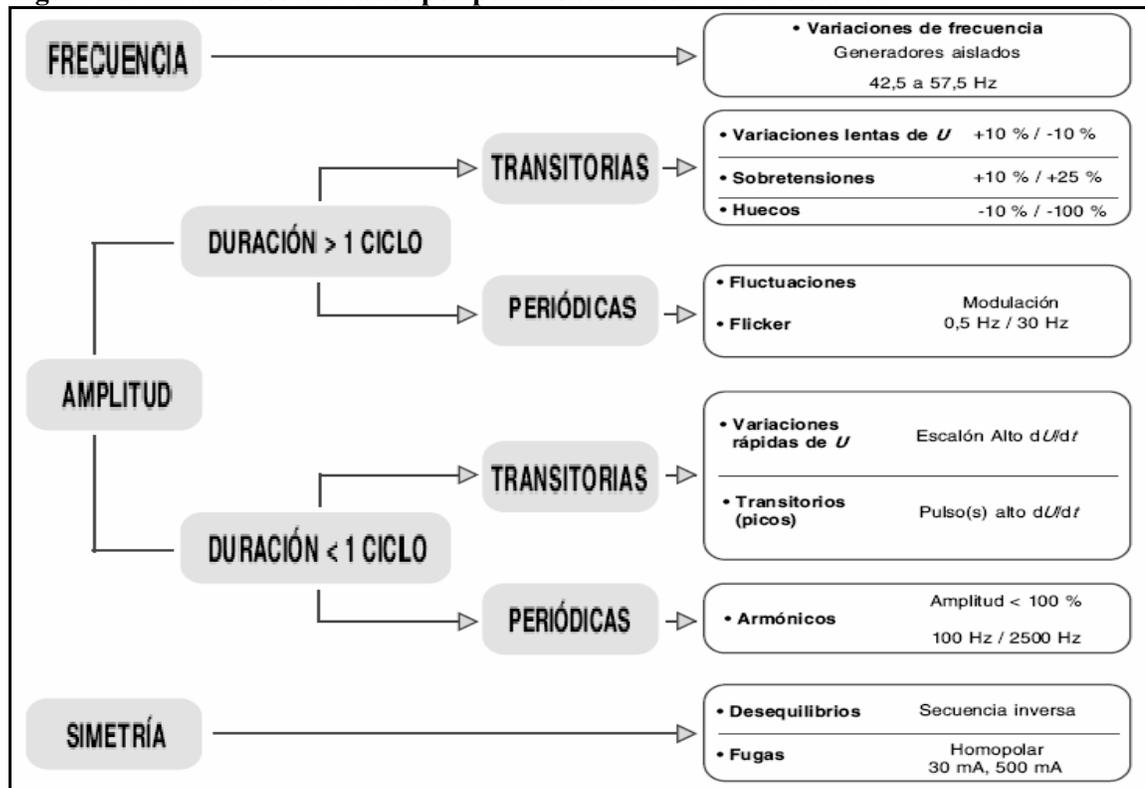
Los problemas de “no calidad” son un factor más dentro de los costos de la energía eléctrica. Es frecuente cuantificar el ahorro obtenido con determinadas mejoras de rendimiento, pero hasta cierto punto se olvidan, a veces, de imputar como factor de costo el derivado de la “no calidad de suministro” (interrupción de servicio, disparo intempestivo de protecciones, etc.). Por ello uno de los pasos importantes para poder diagnosticar este tipo de problemas es medirlos utilizando instrumentos que permitan registrar y tratar mediante software adecuado, distintas desviaciones de la calidad de suministro.

Los principales parámetros de la red que pueden verse alterados por algún tipo de perturbación son: Frecuencia, Amplitud, Forma de onda y Simetría del sistema trifásico. Todos ellos, pueden verse afectados de forma transitoria o repetitiva. Por otro lado, la duración puede ser de fracciones de ciclo o de varios ciclos, o incluso períodos de varios segundos o minutos.

La figura 26 muestra los parámetros afectados por las perturbaciones propias de una red eléctrica. Para la frecuencia se tiene establecido el rango posible donde se considera defectuosa. La amplitud es otro parámetro que sufre perturbaciones y tiene mayores probabilidades de sufrir debido al gran número de fenómenos que puedan influir en ella. Estos fenómenos son mostrados en el cuadro de la figura 26 como son

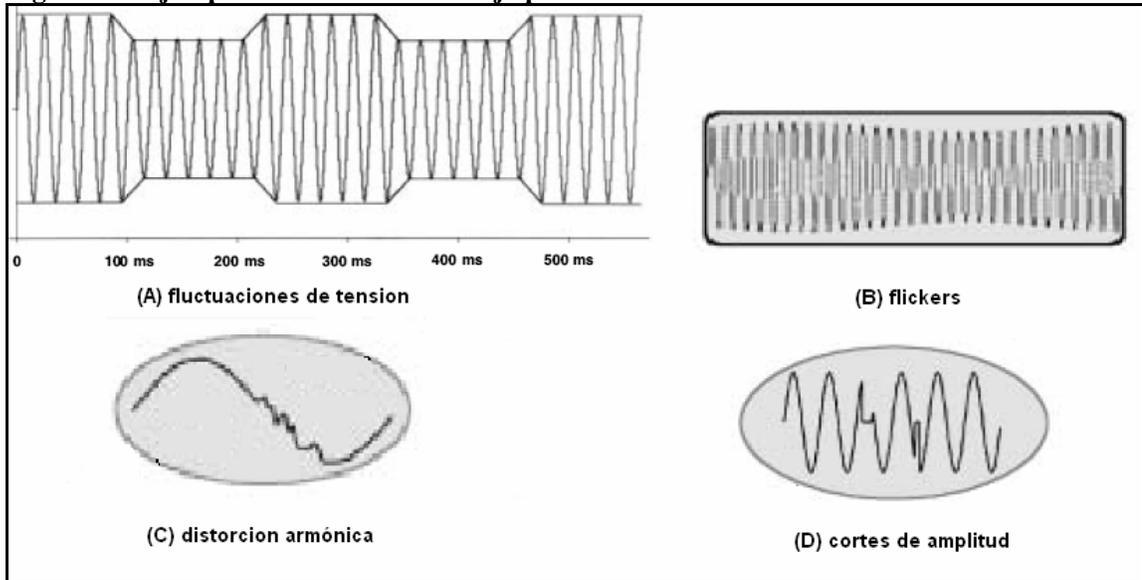
variaciones lentas de tensión (U), sobre tensión, huecos, fluctuaciones, *flickers*, etc... tanto transitorias como periódicas.

Figura 26. Parámetros afectados por perturbaciones en la red eléctrica



La figura 27 ofrece ejemplos de cómo estos fenómenos afectan de forma la señal de voltaje, se observa que las fluctuaciones varían la amplitud, la perturbación llamada *flicker* da la impresión que una señal envolvente varía la amplitud, mientras que los cortes y armónicos hacen que la señal sea impura.

Figura 27. Ejemplos de señales de voltaje perturbadas



Para la realización de mediciones, es necesario utilizar equipo adecuado y de alta calidad para que el margen de error no estropee los resultados finales. Dichos equipos se detallan a continuación:

- Analizador de redes AR5 de CIRCUTOR.
- Analizador de redes QNA de CIRCUTOR.
- Analizador de redes CVM de CIRCUTOR.
- Pinza Amperimétrica.
- Pinza Mili-amperimétrica.
- Multímetro digital.
- Cámara de Termografía.
- Cámara digital para fotografías.
- Herramientas de soporte y seguridad

3.1.1 Analizador de redes AR5 de CIRCUTOR

Los analizadores de la Serie AR.5 son instrumentos de medida programables que miden y registran en memoria todos los parámetros eléctricos de la red de alimentación. El aparato está dotado de tres canales de tensión y tres de corriente y permite, por tanto, la medida de cualquier parámetro relativo a redes trifásicas equilibradas o no.

El aparato muestra los resultados de medida en una pantalla gráfica de 160 x 160 píxeles, pero al mismo tiempo registra dichos resultados en la memoria interna, organizada en forma de ficheros configurables. Los registros pueden incluir valores promedio, máximos y mínimos de tensiones, corrientes y potencias, formas de onda, energía acumulada, perturbaciones, etc.).

Figura 28. Analizador de redes AR5

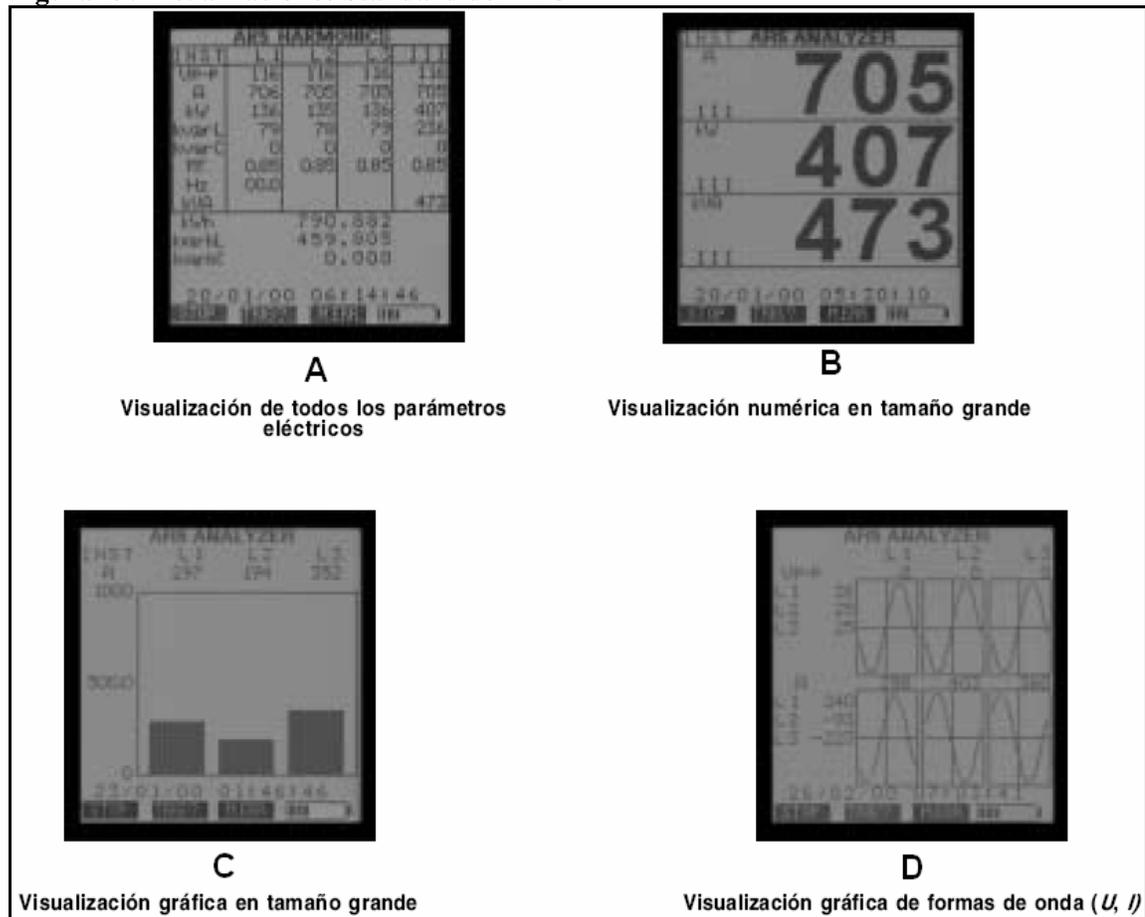


Este equipo despliega las representaciones visuales más comunes que viene de fábrica (figura 29). La ventaja de este dispositivo es la facilidad con que se le adaptan

programas de acuerdo a la necesidad. Por ejemplo el programa para medir armónicos al igual que *flickers*, son dos parámetros indispensables a medir. La figura 29a. muestra los valores numéricos de tensión, corriente, potencias y demás parámetros eléctricos por fase y trifásicos.

Para una mejor lectura, el AR5 muestra en su pantalla los valores en números grandes en forma individual (figura 29b) o si se prefiere en gráficos, este muestra barras para datos estadísticos (figura 29c). Por último la representación de valores alternos (AC) mediante formas de onda en las fases medidas (figura 29d). Una de las ventajas es que posee una memoria cuyo objetivo es almacenar valores medidos, para luego descargarlos y procesarlos en una computadora.

Figura 29. Visualizaciones Standard del AR5



3.1.2 Analizador de redes QNA de CIRCUTOR

Los analizadores fijos de la familia QNA son equipos especialmente diseñados para el análisis de la calidad de suministro de la energía eléctrica. Las principales características que diferencian al QNA son:

- Análisis de todos los semiciclos de tensión.
- Elevado grado de inmunidad a transitorios, descargas atmosféricas, perturbaciones radiadas, etc.
- Sistema de auto escalado brindando una mayor precisión en cualquier rango de medida de tensión y corriente (según tipo).
- Memoria interna (duración mínima 15 días).
- Batería interna que permite registrar eventos aunque su alimentación quede interrumpida.
- Posibilidad de realizar análisis en redes de 3 ó 4 hilos.
- Posibilidad de comunicación con PC a través de comunicaciones RS-232 / RS-485, GSM o módem.
- Es programable.

Hay que resaltar en el QNA la capacidad de realizar las medidas de calidad en redes de 3 y 4 hilos. Si se configura el QNA como de 3 hilos, la medida se realiza midiendo las tensiones entre fases. Con la configuración de 4 hilos, la calidad de suministro se comprueba realizando las medidas entre fase y neutro.

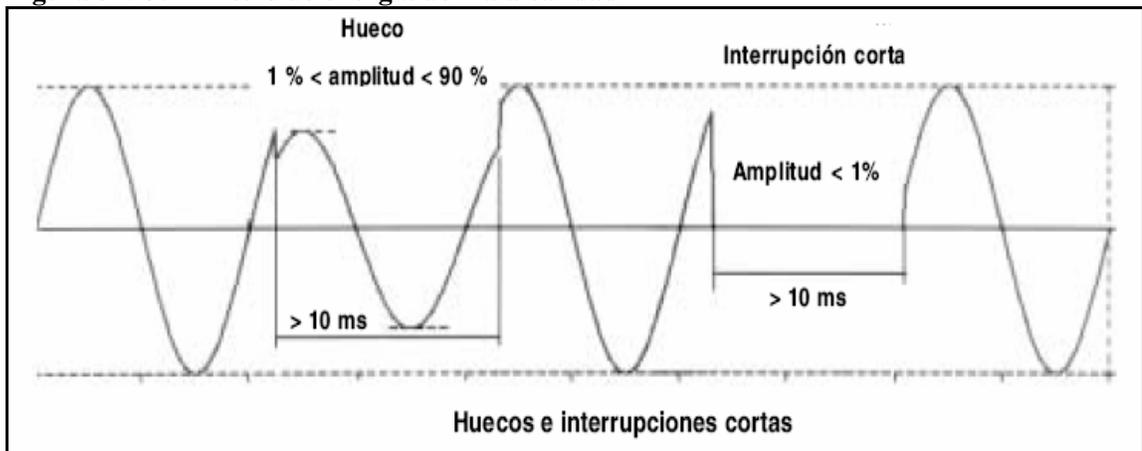
El elevado margen de alimentación y su batería interna hace que este equipo sea idóneo para ser utilizado como equipo de calidad. La batería permite mantener el equipo en funcionamiento continuo hasta 4 horas Sin alimentación. El tiempo durante el cual el analizador debe seguir registrando ante una ausencia de tensión puede ser programable.

De esta forma se puede economizar la batería del QNA y detectar cortes intermitentes independientemente del tiempo que tenga de recarga.

Figura 30. Analizador de redes QNA de CIRCUTOR



Figura 31. Suministro de energía de mala calidad

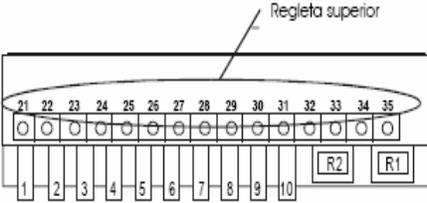
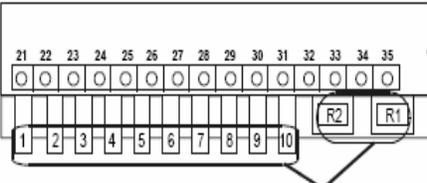


Para las mediciones a realizar es recomendable utilizar el QNA-412 cuyas características son las siguientes:

- Medición de armónicos según norma IEC 61000-4-7
- Medición de *flicker* según norma IEC 61000-4-15
- Medición de los principales parámetros eléctricos:
 - a. Tensión, corriente, potencia, FP (factor de potencia)
 - b. Distorsión armónica de Tensión y Corriente.
 - c. Corriente de Neutro y Tensión Neutro-Tierra
- Medición en los 4 cuadrantes (Consumo y generación)
- *Flicker* según IEC 61000-4-15
- Elevado nivel de protección frente a condiciones eléctricas severas:
 - a. Con un amplio margen de tensión de alimentación y medida.
 - b. Elevado grado de protección ante sobre tensiones y transitorios.
- Posibilidad de conexión en redes de 3 y 4 hilos.
- Amplio margen de tensión de alimentación: 63 – 520 V(AC)
- Batería interna. El equipo puede seguir registrando frente ausencia de tensión de alimentación
- Memoria Interna de 4 *Mbytes* donde se registrarán todos los parámetros medidos por el QNA-412.
- Comunicación GSM / RS-232 / RS-485 (Según modelo)
- Montado en caja auto-extinguible de dimensiones y puntos de fijación de acuerdo a la norma DIN 43857.

El analizador de calidad QNA-412 es un equipo especialmente diseñado para el control de la calidad de suministro eléctrico según norma IEC 61000-4-30. Este modelo es muy utilizado por tener gran capacidad de almacenamiento ya que en su circuito tiene incorporado lo más sofisticado en tecnología para realizar mediciones de alta precisión.

Figura 32. Analizador de redes QNA modelo 412

		Nº Bornas	Descripción bornas
	 <p>Regleta superior</p>	Regleta Superior	
		21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 R2 R1	21 Medida VL1 22 Común L1 23 Medida VL2 24 Común L2 25 Medida VL3 26 Común L3 27 Neutro 28 Tierra 29 No conectado 30 No conectado 31 No conectado 32 No conectado 33 No conectado 34 No conectado 35 No conectado
	 <p>Regleta inferior</p>	Regleta inferior	
	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 R2 R1	1 Medida corriente IL1 S1 2 Medida corriente IL1 S2 3 Medida corriente IL2 S1 4 Medida corriente IL2 S2 5 Medida corriente IL3 S1 6 Medida corriente IL3 S2 7 Medida corriente Neutro S1 8 Medida corriente Neutro S2 9 Entrada tensión alimentación. 10 Entrada tensión alimentación. R1 RS-232 R2 RS-485 / Antena GSM (Según modelo)	

3.1.3 Analizador de redes CVM de CIRCUTOR

A menudo ocurren en las empresas cortes en el suministro eléctrico, disparo de diferenciales, paros en sus máquinas y equipos, reset de los PLC, etc., teniendo como consecuencia una pérdida importante de tiempo y dinero. Estos problemas pueden ser debidos a las perturbaciones que tenga en la red eléctrica (falta de calidad eléctrica). Perturbaciones que, o bien son provocadas por la misma instalación, o bien son debidas

a un suministro eléctrico defectuoso. El CVM-Q es uno de los equipos de CIRCUTOR que permite analizar la calidad de suministro eléctrico.

Figura 33. Analizador de redes CVM de CIRCUTOR

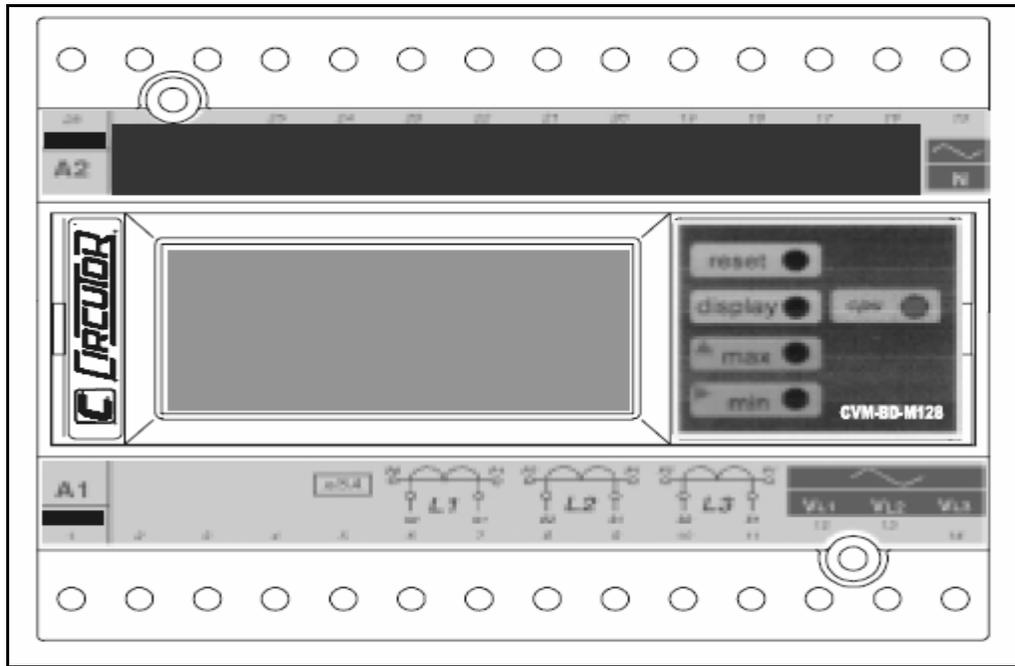
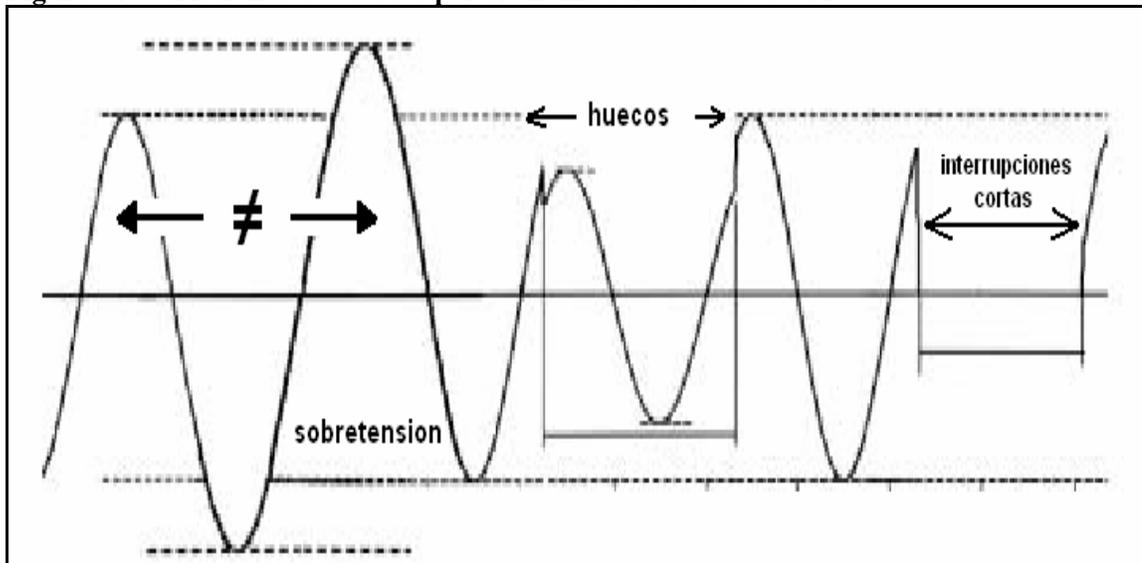


Figura 34. Variaciones detectadas por el analizador de redes CVM



El analizador de redes CVM ha sido diseñado especialmente para darle seguimiento (como lo muestra la figura 34) a la calidad de suministro eléctrico, para detectar cualquier perturbación que ocurra en su instalación, como:

- **Variaciones lentas de tensión:** Aumento o disminución del valor eficaz. Duración > 10s
- **Interrupción:** Bajadas de tensión hasta un valor inferior al 1 % del valor eficaz. Duración entre medio ciclo y 1 min.
- **Hueco:** Disminuciones del valor eficaz, comprendidos entre el 90 % y el 1 %. Duración entre medio ciclo y 1 min.
- **Sobre tensión:** Son aumentos del valor eficaz, superiores a un 110 %. Duración desde medio ciclo hasta 1 min.

La memoria del analizador de redes CVM permite el almacenamiento continuo de datos durante un largo período de tiempo. Un ejemplo aproximado de la duración de esta memoria sería si se programa 15 variables cada 10 min., su duración aproximada sería de 56 días, (registrando además 10 000 incidencias). La duración de la memoria siempre viene determinada por el tiempo programado entre un registro y otro.

Para las mediciones a realizarse en un hotel es recomendable utilizar el CVM-BD-128 cuyas características son las siguientes:

- Es un instrumento de dimensiones reducidas montaje carril DIN
- Medición en verdadero valor eficaz.
- Medición en los cuatro cuadrantes (equivalente al CVM-4C).
- Incorpora máxima demanda.
- Memorización de los valores máximos y mínimos
- Leds luminosos para indicar funcionamiento de la CPU y las comunicaciones
- Comunicación tipo RED: salida RS-232 para ordenador PC.

- Memoria Interna para poder almacenar hasta 30 parámetros medidos o calculados. Los valores de potencias y energías, solo se registrarán sus valores positivos (2 cuadrantes).

La tabla V muestra los parámetros que el procesador interno analiza en forma simultánea.

Tabla V. Análisis simultáneo internamente en un CVM-BD-128

<i>parámetro</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>Promedio</i>	<i>Suma</i>
Tensión simple	X	X	X	X	
Tensión compuesta	X	X	X	X	
Intensidad	X	X	X	X	
Potencia activa	X	X	X		X
Potencia Reactiva L	X	X	X		X
Potencia Reactiva C	X	X	X		X
Factor de potencia	X	X	X	X	
Potencia aparente					X
Frecuencia	X				

3.1.4 Pinza Amperimétrica y Pinza mili-amperimétrica

Un inconveniente que presenta un medidor de amperios tipo común, a pesar de parecer obvio, es la necesidad de abrir el circuito para implantarse éste siendo entonces preciso “apagar” el circuito para hacerlo. Una manera ingeniosa de realizar la medida es utilizar el campo magnético que genera la corriente que pasa por el cable del circuito para obtener indirectamente la medida. De esta manera se puede medir corriente con el amperímetro sin contacto con el circuito, pudiéndose utilizar sin interrumpir el funcionamiento del mismo. La pinza amperimétrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir el voltaje para colocar un amperímetro clásico.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente que genera. Recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente se quiere medir. Es sumamente seguro para el operario que realiza la medición, por cuanto no es necesario un contacto eléctrico con el circuito bajo medida ya que, en el caso de cables aislados, ni siquiera es necesario levantar el aislante que lo protege.

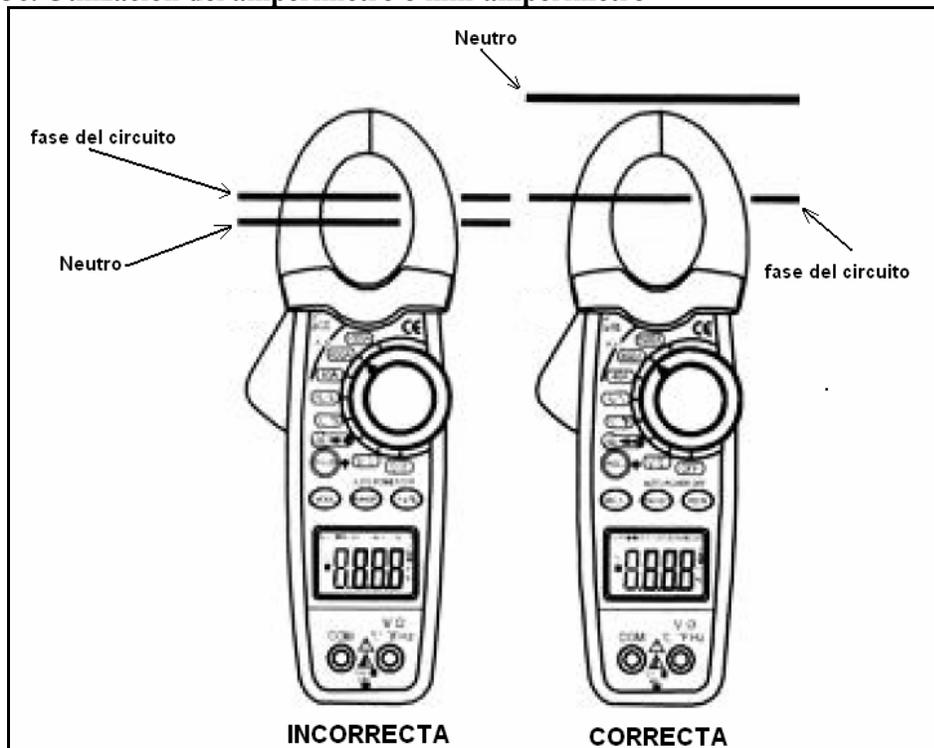
Tanto la pinza Amperimétrica como la mili-Amperimétrica tienen la misma función con la diferencia de que con la primera se miden corrientes con magnitudes arriba de 1 amperio, mientras que con la última se miden corrientes con magnitudes pequeñas (generalmente abajo de milésimas).

La figura 35 muestra una pinza Amperimétrica digital, aunque todavía existen tipo análogo, estos últimos representan baja precisión en lectura. Es indispensable utilizar este tipo de medidor de marcas reconocidas, ya que representan mayor eficiencia, durabilidad y sobre todo mayor precisión al momento de una medición. Su uso es sumamente sencillo como lo muestra la figura 36, solo se debe de identificar la fase del circuito a medir.

Figura 35. Pinza amperimétrica



Figura 36. Utilización del amperímetro o mili-amperímetro



3.1.5 Multímetro

Un multímetro, a veces también denominado polímetro o tester, es un instrumento electrónico de medida que combina varias funciones en una sola unidad. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro que se encargan de medir voltajes, corrientes y resistencia respectivamente.

Figura 37. Multímetro digital

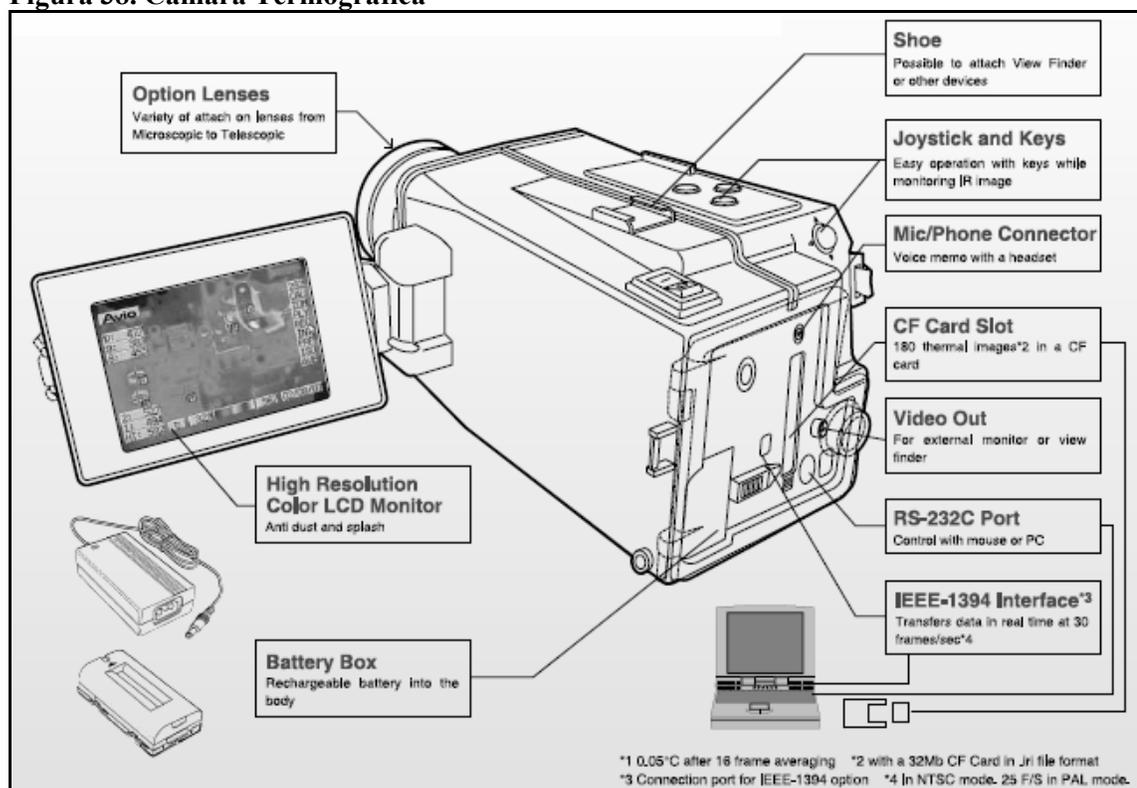


Es muy importante leer el manual de operación de cada multímetro en particular, pues en él, el fabricante fija los valores máximos de corriente y tensión que puede soportar y el modo más seguro de manejo, tanto para evitar el deterioro del instrumento como para evitar accidentes al operario. Se recalca una vez más la utilización de un Multímetro de prestigio, con el fin de obtener datos de medición precisos.

3.1.6 Cámara Termográfica

Una cámara termográfica es un instrumento radiométrico portátil para la medición de la distribución de temperaturas en la superficie de cualquier cuerpo. La portabilidad, facilidad de manejo y eficiencia hacen que la cámara Termográfica sea ideal para trabajos de mantenimiento preventivo y predictivo, control de calidad o diseño de nuevos productos. Las imágenes termográficas, junto a la información sobre la distribución de temperaturas se almacenan en la memoria interna de la cámara, pudiendo posteriormente descargar todas ellas en un ordenador PC.

Figura 38. Cámara Termográfica



Como lo muestra la figura 38, la cámara Termográfica es identifica a una cámara común de video, con todos sus accesorios que son: batería recargable, cable de comunicación a PC cargador, etc., además vienen equipados con una memoria interna

para almacenar toda imagen con sus respectivos parámetros de medición como lo son fecha, temperatura de referencia, etc.

3.1.7 Cámara digital

En toda inspección es indispensable portar una cámara fotográfica con la capacidad de almacenar con buena resolución todos los detalles de imágenes que sirvan como respaldo para el análisis y reporte final. Debido a que el personal del hotel estará interesado en poseer una documentación que le haga identificar anomalías de la forma más fácil y concisa.

En el mercado actual se puede encontrar una gran variedad, no solo en marcas, sino que en calidad de imagen. Para este caso una cámara con una resolución mínima de 6 mega píxeles viene siendo el adecuado, que tenga la suficiente capacidad de memoria y que incluya los accesorios indispensables, cable de comunicación a PC, baterías recargables, cargador de baterías, mira láser, estuche, etc.

Figura 39. Cámara digital de 6 mega píxeles portátil



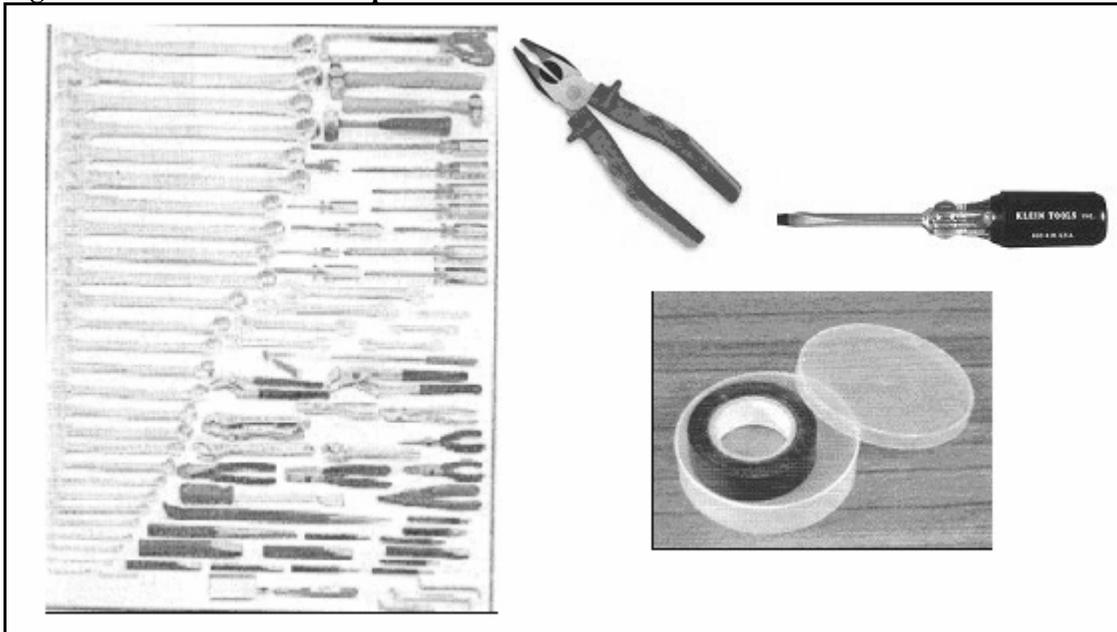
3.1.8 Herramientas de soporte y seguridad

Herramientas de soporte

Para realizar cualquier trabajo en una instalación eléctrica, es indispensable tener al alcance toda herramienta necesaria para la manipulación de terminales, empalmes, borneras, etc., se debe de tomar en cuenta que el tamaño de las herramientas varia de acuerdo al equipo o dispositivo a trabajar. Es de considerar la calidad de aislamiento que ofrecen las herramientas, debido a que la manipulación a realizar se hará bajo carga, es decir, que la energía eléctrica no dejará de fluir por todo el sistema eléctrico.

Como muestra la figura 40, las herramientas indispensables deben ser alicates, desarmadores así como cinta de aislar, llaves hexagonales de diferentes tamaños entre otros. Hay situaciones en que no se encuentre una medida exacta de una herramienta adecuada, es de buena práctica tener una gran variedad para evitar contratiempos.

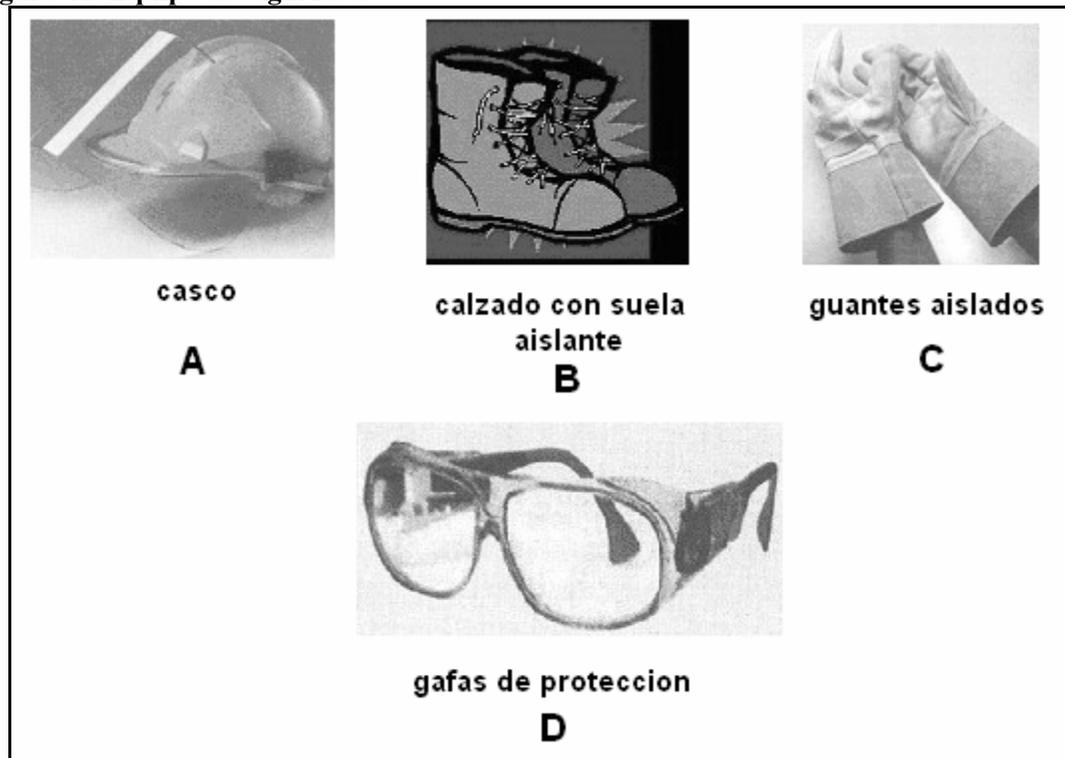
Figura 40. Herramienta de soporte



Equipo de seguridad

El uso de equipo para seguridad personal es parte de la herramienta de trabajo, máxime manipulaciones en un sistema eléctrico donde el servicio eléctrico será ininterrumpido. Con este equipo se busca aislar el cuerpo humano de todo contacto en especial a descargas eléctricas, dichas descargas pueden ocasionar lesiones de consideración o incluso hasta la muerte.

Figura 41. Equipo de seguridad

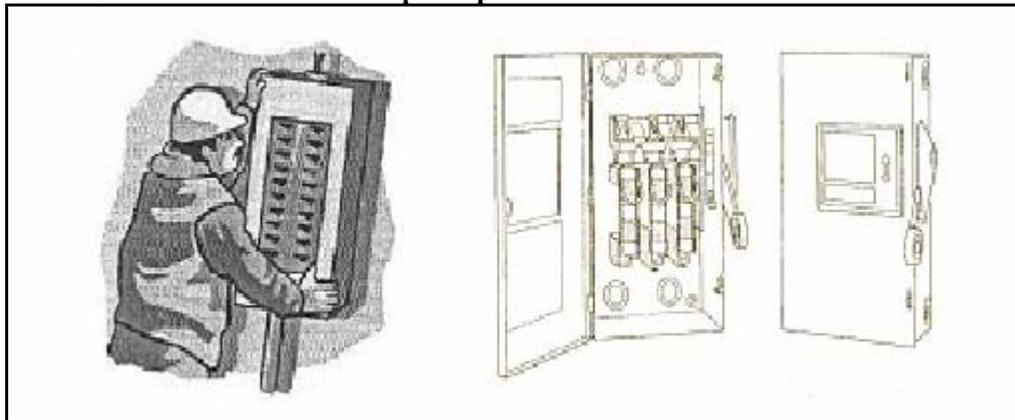


Las protecciones necesarias son; casco, calzado con suela aislante, guantes aislados, gafas de protección, entre otros. No cabe de más mencionar el uso de overol para cuando se trabaja a la intemperie o en lugares donde la carcasa de equipos esté a temperaturas que provoquen quemaduras en la piel.

3.2 Proceso de medición (puntos estratégicos)

Para recavar la información mediante el uso de equipos identificados como analizadores de redes, es indispensable colocarlos en puntos previamente identificados en el circuito eléctrico del hotel a analizar. Este paso fue mencionado en el capítulo 1, sección 1.4. En el cual se menciona con la ayuda de la tabla IV los circuitos plenamente identificados en el panel de distribución principal (figura 42).

Figura 42. Identificación del tablero principal



Con la ayuda del multímetro se verifica si las borneras de cada circuito tienen voltaje, previo a la conexión del equipo de medición en cada una de ellas. Utilizando las herramientas de seguridad se procede a la instalación de los analizadores de redes en cada uno de los circuitos, tomando en cuenta la configuración de las entradas de estos analizadores en especial los que utilizan el efecto inductivo (estas son pinzas de medición de corriente) para trasladar la información hacia el procesador y memoria del medidor.

Como lo muestra la figura 43, existen varios tamaños de estas pinzas de acuerdo al nivel de corriente al que se estará midiendo. Es importante colocar el adecuado, ya que la corriente que pasará a través de la pinza necesitará vencer el umbral que indica el inicio del registro de datos y posteriormente al almacenamiento de los mismos. Se recalca una

vez más la correcta colocación de las pinzas, esto es indicado por medio de una flecha grabada en cada una de ellas, el cual indica la dirección en el que se debe de colocar la pinza de acuerdo a la dirección del flujo de corriente en el conductor a medir.

Figura 43. Pinzas de medición de corriente

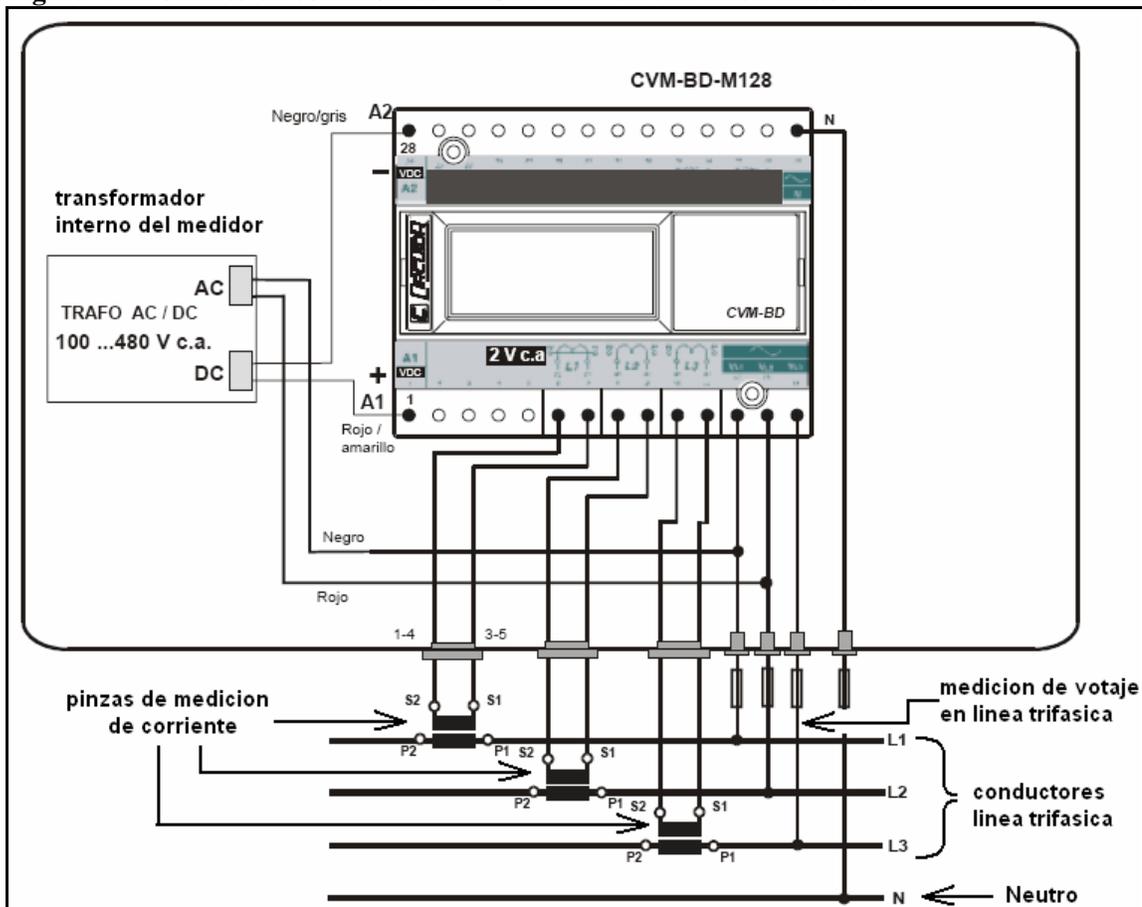


En algunos casos en los tableros principales tienen identificado el nivel de voltaje que se alimenta a cada uno de los circuitos existentes por medio de etiquetas, aun así se cerciora que el voltaje sea el indicado. Se debe de abarcar a todos los circuitos existentes durante la fecha de inicio de la medición, ya que los analizadores de redes estarán conectados a cada uno de los circuitos durante el mismo período de medición.

Mientras mas grande sea el intervalo de tiempo en que los analizadores estén instalados, significa más muestreos y por lógica mayor precisión en los resultados finales. Se recomienda que el equipo esté conectado durante una semana, dicho tiempo es propuesto por el fabricante de estos analizadores de redes. En el momento del ingreso de datos en el programa que contiene cada uno de los equipos se procede el ingreso de la

fecha y hora de inicio, luego, cuando se finaliza la medición automáticamente queda registrado la fecha y hora del retiro del equipo.

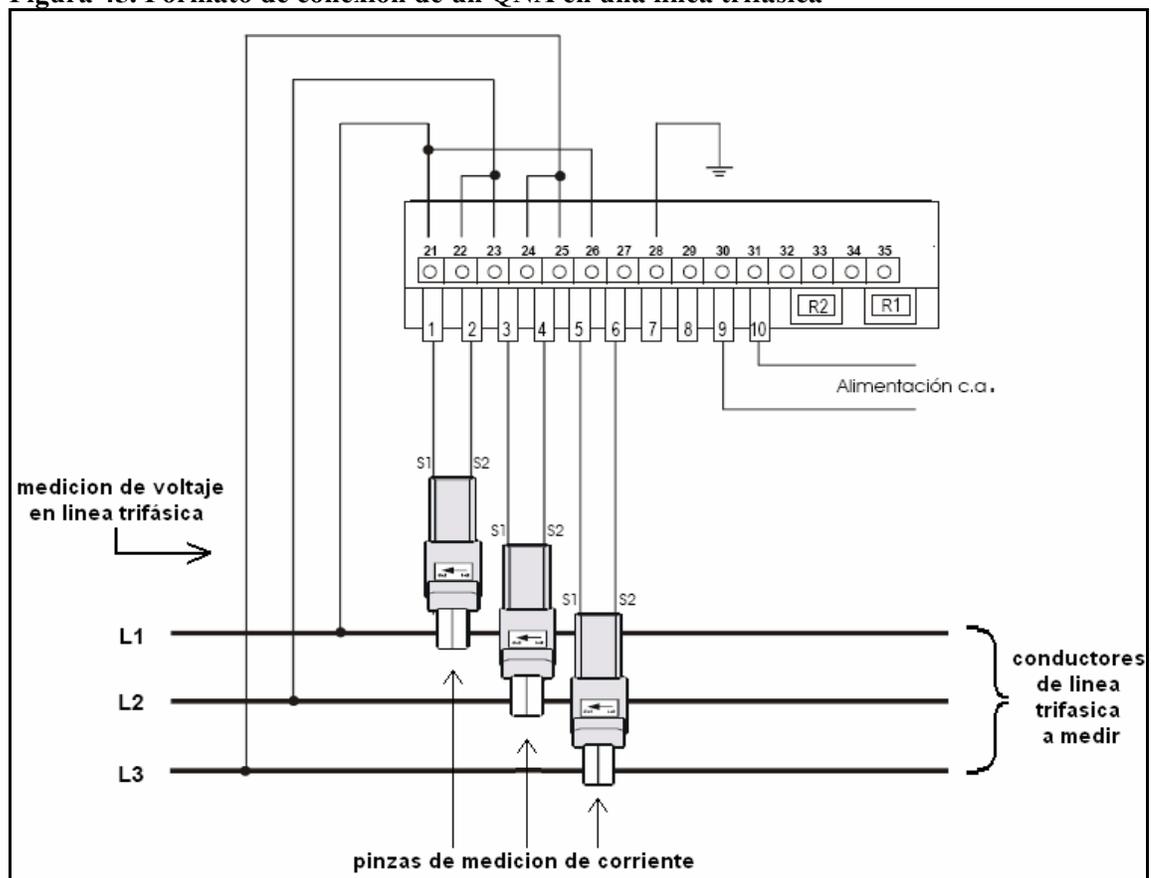
Figura 44. Formato de conexión de un CVM-BD en una línea trifásica



La figura 44 muestra la conexión del analizador CVM-BD en una línea trifásica. Se observa que no solo se mide corriente eléctrica en cada fase, también se mide el nivel de voltaje en cada una de las mismas utilizando conectores comúnmente llamados en nuestro medio “lagartos”. Dichos conectores para la medición de voltaje se colocan directamente a la bornera donde está conectado el ramal, en cambio, las pinzas de medición de corriente se colocan en cualquier sección del conductor de cada fase que conforma el ramal.

Si el ramal no fuese trifásica, es decir que solamente consta de un fase o dos, entonces se procede a escoger la(s) necesaria(s) y especificar en el programa interno el numero de fases a medir, esto es aplicado tanto para las pinzas de medición de corriente como para los conectores de medición de voltaje, generalmente por la gran demanda de corriente es mas probable encontrar ramales de conexión trifásica.

Figura 45. Formato de conexión de un QNA en una línea trifásica



Existen determinadas formas de conexión para el analizador QNA, pero de acuerdo al tipo de medición a realizarse (para este caso dentro de un hotel) la figura 45 muestra la forma correcta. Se logra observar la bornera del equipo QNA, las cuales utilizan para las entradas tanto de medición de voltaje como las entradas de medición de corriente de la línea trifásica.

En la parte inferior de la figura 45 se muestra la flecha que indica en cada pinza la dirección donde fluye la corriente en cada una de las fases (L1, L2 y L3) que conforma el circuito. Para la medición de voltaje los conectores utilizados son similares a los usados en el analizador CVM-BD los “lagartos” son colocados en la bornera correspondiente al ramal a medir, mientras que las pinzas de medición de corriente se colocan en cualquier sección del conductor de cada fase que conforma el ramal.

Con respecto a la conexión del analizador de redes AR5 este se asemeja a las conexiones del CVM-BD y el QNA debido a que debe registrar el flujo de corriente y niveles de voltaje en cada una de las fases que conforman el ramal. Al igual que los otros analizadores de redes, el AR5 utiliza pinzas para la medición de corriente y los “lagartos” para el registro de datos.

Cabe resaltar que no todos los analizadores necesitan un período prolongado de conexión, es decir que para recabar información solo el CVM-BD y el QNA necesitan estar conectados durante la semana sugerida por el fabricante. Debido a que las perturbaciones a detectar no se presentan de forma continua, o mejor dicho, son impredecibles, esto obliga a prolongar la conexión tanto para el CVM-BD como para el QNA.

De acuerdo al ejemplo presentado en el capítulo uno, donde se menciona los ramales encontrados en el tablero principal de un hotel de 239 habitaciones, convirtiéndose en el punto principal de medición. Con el equipo de protección en uso se procede a colocar los medidores de acuerdo al análisis a realizar, se ingresan todos parámetros en el programa en cada analizador de redes, luego se debe buscar alguna protección para que cualquier persona no autorizada pueda manipular y estropear la medición. Generalmente estos equipos vienen dentro de una caja especial que brinda protección especialmente contra golpes. Además incluye una cerradura para poder dejar el equipo bajo llave.

Tabla VI. Mediciones realizadas en panel principal de un hotel de 239 habitaciones

punto de medida	Ubicación	Tensión Nominal	equipo utilizado	fecha inicio	fecha fin
No. 1	interruptor General	480/277 voltios	QNA		
No. 2	Derivación hotel	480/277 voltios	CVM		
No. 3	Derivación edificio de oficinas	480/277 voltios	CVM		
No. 4	transformador T2P 1 MVA edificio de oficinas	480/277 voltios	CVM		
No. 5	transformador T1P 1 MVA hotel	480/277 voltios	CVM		
No. 6	climantador, bomba centrifuga, bomba de presión y CCM sótano 1	480/277 voltios	CVM		
No. 7	elevadores hotel	480/277 voltios	CVM		
No. 8	elevadores edificio de oficinas	480/277 voltios	CVM		
No. 9	transformador T3P 750 KVA hotel	480/277 voltios	CVM		
No. 10	iluminación de sótanos	480/277 voltios	CVM		
No. 11	alimentación extractores panel azotea	480/277 voltios	AR5		
No. 12	alimentación chilers panel azotea	480/277 voltios	AR5		
No. 13	alimentación elevadores panel azotea	480/277 voltios	AR5		

La tabla VI muestra las mediciones realizadas en los puntos ubicados como ramales en el tablero principal que está ubicado en el sótano 1 de dicho hotel. Se observa que no aparece una medición en el generador, debido a que todas las mediciones se enfocan en la energía que viene de la distribuidora. En la tabla VI aparece como referencia la tensión nominal existente en cada punto seguido del equipo utilizado en cada punto medido.

Se observa que el único QNA utilizado se ubica en base a los parámetros de medición que éste analizador de redes registra, principalmente enfocándose en el punto de entrada principal de un circuito eléctrico, en este caso el interruptor principal representa dicha entrada. Se recalca la colocación del QNA debido a que éste analizador de redes tiene como función principal controlar la calidad de energía de en una entrada, proveniente de un suministro.

En cada uno de los puntos de medida del 2 al 10 se utiliza analizadores de redes CVM. A diferencia del QNA, el CVM-BD-128 analiza los parámetros establecidos previamente mediante programación cada cierto tiempo de forma simultánea. Se observa que estos puntos representan circuitos independientes y cada uno puede hacer variar los parámetros eléctricos de forma diferente.

Posteriormente, para los puntos identificados del 11 al 13 se utiliza los analizadores de redes AR5. A diferencia del QNA y el CVM, el AR5 está equipado con un programa que permite efectuar estudios detallados de compensación de energía reactiva, de consumos energéticos y obtener gráficos de valores medios, máximos y mínimos de un promedio de 20 parámetros básicos. Las cargas conectados en los ramales 11, 12 y 13 están conformadas con dispositivos inductivos proporcionando potencia reactiva a todo el sistema.

Para la tabla VII se tiene 11 mediciones en circuitos que conforman la carga total del edificio de oficinas. En esta tabla se tiene el mismo formato como lo tiene la tabla VI. La mayoría de la carga está formada por aire acondicionado junto a iluminación dispersado por todo el edificio. Para este tipo de carga no es necesaria una prolongada medición, y para ello se utiliza el analizador AR5 para cada derivada.

Estos ramales que forman la carga total de la torre de oficinas se encuentran en otro tablero que viene siendo el tablero principal de dicha torre y se encuentra dentro de la misma, en cuyo interior se colocan los medidores bajo la misma observación de

protección con el fin de no sufrir alteraciones durante la conexión por personas no autorizadas.

Tabla VII. Mediciones realizadas en torre de oficinas

punto de medida	ubicación	Tensión Nominal	Equipo Utilizado	fecha inicio	fecha fin
No. 14	panel principal A/C Nivel 02	480/277 voltios	AR5		
No. 15	panel principal A/C Nivel 05	480/277 voltios	AR5		
No. 16	panel principal A/C Nivel 11	480/277 voltios	AR5		
No. 17	panel principal A/C Nivel 17	480/277 voltios	AR5		
No. 18	panel principal elevadores nivel 18	480/277 voltios	AR5		
No. 19	panel principal elevadores nivel 04	480/277 voltios	AR5		
No. 20	panel iluminación nivel 04	480/277 voltios	AR5		
No. 21	panel iluminación nivel 07	480/277 voltios	AR5		
No. 22	panel iluminación nivel 12	480/277 voltios	AR5		
No. 23	panel iluminación nivel 16	480/277 voltios	AR5		
No. 24	panel iluminación nivel 18	480/277 voltios	AR5		

3.3 Análisis de mediciones

Para el análisis de los valores que brindan los analizadores de redes es necesario utilizar parámetros ya establecidos por las entidades correspondientes, solo así se podrá dar un dictamen a cerca del rendimiento de la instalación eléctrica hotelera. La tabla VIII indica las fórmulas de cálculo de los parámetros eléctricos medidos para cada punto y los valores permitidos, basados en las Normas Técnicas del Servicio de Distribución

NTSD y las Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones NTCSTS, emitidas por la CNEE:

Tabla VIII. Fórmulas utilizadas para análisis de resultados

Parámetro	Fórmula	Valor permisible (tolerancia)
Regulación de Tensión	$\Delta V (\%) = (V - V_n / V_n) \times 100$	Urbano BT: $\Delta V \leq 8$ % Rural BT: $\Delta V \leq 10$ %
Desbalance de Tensión	$\Delta DTD (\%) = 3(V_{\max} - V_{\min}) / (V_a + V_b + V_c) \times 100$	$\Delta DTD \leq 3$ %
Desbalance de Corriente	$\Delta DIP (\%) = 3(I_{mp}) / (I_a + I_b + I_c) \times 100$	$\Delta DIP \leq 10$ %
Distorsión armónica en la Tensión THDv	$THDv = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^m V_n^2}}{V_1} \times 100$	THDv (BT) ≤ 8 %
Distorsión armónica en la Corriente THDi	$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^m I_n^2}}{I_1} \times 100$	THDi (BT) ≤ 20 %
Factor de potencia	$fp = \cos (\tan^{-1} P / Q)$	$fp \geq 0.90$
Frecuencia		60 Hz ± 0.5 %

Después de haber descargado los resultados de cada memoria de los analizadores de redes (utilizados en el Paneles Principales del Hotel ubicados en diferentes puntos) a una computadora se procede a tabularlos en los siguientes cuadros. Para ello se consideran los siguientes parámetros:

- **Máx.:** máximo valor registrado.
- **Min.:** mínimo valor registrado.
- **Prom.:** valor promedio del parámetro.
- **PromIII:** valor trifásico promedio del parámetro.
- **Nom:** nominal.
- **% Útil:** porcentaje de utilización.

Tabla IX. Resultados de parámetros en puntos de medida del 1 al 3

			Punto de Medida No.1 QNA de Circutor			Punto de Medida No.2 CVM de Circutor			Punto de Medida No.3 CVM de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	8,00	4,61	2,92	3,19	2,42	2,35	2,20	2,67	2,35	2,09
	Prom		0,69	1,61	1,02	0,65	1,01	0,93	0,66	0,94	0,85
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	2,10			1,84			1,81		
	Prom		1,36			1,11			1,11		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	30,78			100			200		
	Prom		27,51			8,74			34,97		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	8,00	4,20	4,00	3,70						
	Prom		1,60	1,96	1,64						
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00	4,50	4,50	4,50						
	Prom		2,29	4,50	4,50						
Factor de Potencia	PromIII		0,88			0,87			0,58		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,13			60,10			60,10		
	Prom		60,00			60,00			60,00		
	Min		59,70	59,85			59,80			59,80	
Potencia (kW)	MaxIII		950,0			449,2			77,2		
	PromIII		643,5			265,5			34,6		
	Prom		224,3	388,2	31,1	100,7	72,2	92,6	18,4	4,1	12,1
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		480,0			218,4			100,0		
	PromIII		355,3			149,7			48,8		
	Prom		209,6	254,6	310,3	47,0	72,7	30,0	19,9	20,2	8,6
Potencia Aparente (kVA)	Max		1531,6			505,0			130,6		
	PromIII		1083,6			311,6			62,7		
	Prom		307,0	464,6	312,0	111,3	102,7	97,6	27,2	20,7	14,9
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	% Util		18,4	27,9	18,7	6,7	6,2	5,9	1,6	1,2	0,9
Voltaje Nominal Línea-Neutro			277	277	277	277	277	277	277	277	277
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Interruptor General 480/277v			Hotel 480/277v			A/C Oficinas Torre 480/277v		

Tabla X. Resultados de parámetros en puntos de medida del 4 al 6

			Punto de Medida No.4 CVM de Circutor			Punto de Medida No.5 CVM de Circutor			Punto de Medida No.6 CVM de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	8,00	1,95	2,35	2,27	2,53	2,35	2,13	2,64	2,27	2,06
	Prom		0,53	1,03	0,93	0,65	0,98	0,86	0,67	0,91	0,80
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,82			1,76			1,77		
	Prom		1,14			1,09			1,10		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	14,20			100			200		
	Prom		7,30			71,77			21,19		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	8,00									
	Prom										
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00									
	Prom										
Factor de Potencia	PromIII		0,96			0,97			0,74		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,10			60,10			60,10		
	Prom		60,00			60,00			60,00		
	Mín	59,70	59,80			59,80			59,80		
Potencia (kW)	MaxIII		232,5			213,2			81,9		
	PromIII		143,3			141,6			20,3		
	Prom		45,1	45,1	53,1	67,0	68,0	6,7	6,7	7,2	6,4
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		61,5			133,6			57,0		
	PromIII		42,8			36,9			18,6		
	Prom		10,4	22,8	9,7	0,0	50,2	34,2	5,7	7,6	5,3
Potencia Aparente (kVA)	Max		240,8			340,2			101,3		
	PromIII		152,1			186,5			27,6		
	Prom		46,7	51,0	54,4	67,0	84,6	34,9	8,8	10,5	8,3
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	% Util		2,8	3,1	3,3	4,0	5,1	2,1	0,5	0,6	0,5
Voltaje Nominal Línea-Neutro			277	277	277	277	277	277	277	277	277
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Iluminación Oficinas Torre Trafo T2P, 1MVA			Oficinas Hotel Trafo T1P, 1MVA			Climantador, B. Centrif. 480/277v		

Tabla XI. Resultados de parámetros en puntos de medida del 7 al 9

			Punto de Medida No.7 CVM de Circutor			Punto de Medida No.8 CVM de Circutor			Punto de Medida No.9 CVM de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	8,00	2,49	2,38	2,13	2,64	2,35	2,09	2,64	2,35	2,09
	Prom		0,65	0,98	0,85	0,65	0,98	0,85	0,66	0,97	0,82
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,77			1,77			1,77		
	Prom		1,09			1,09			1,11		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	200			200			34,19		
	Prom		8,65			8,98			28,49		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	8,00									
	Prom										
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00									
	Prom										
Factor de Potencia	PromIII		0,52			0,89			0,73		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,10			60,10			60,10		
	Prom		60,00			60,00			60,00		
	Min		59,90			59,80			59,80		
Potencia (kW)	MaxIII		27,8			28,4			246,8		
	PromIII		13,3			9,8			39,3		
	Prom		4,1	4,6	4,6	4,9	3,6	1,3	16,9	6,6	15,8
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		50,6			34,0			104,4		
	PromIII		22,2			8,8			37,2		
	Prom		7,0	8,1	7,1	0,1	4,0	5,4	11,7	11,5	14,0
Potencia Aparente (kVA)	Max		57,6			53,6			272,3		
	PromIII		25,9			15,9			55,5		
	Prom		8,1	9,3	8,5	4,9	5,4	5,6	20,7	13,4	21,4
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	%Util		0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	1,2	0,8	1,3
Voltaje Nominal Línea-Neutro			277	277	277	277	277	277	277	277	277
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Elevadores Hotel 480/277v			Elevadores Torre 480/277v			Hotel Trafo. T3P, 750KVA		

Tabla XII. Resultados de parámetros en punto de medida 10

			Punto de Medida No.10 CVM de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	8,00	1,92	3,17	3,50
	Prom		0,50	1,21	1,23
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,87		
	Prom		1,09		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	21,50		
	Prom		14,94		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	8,00			
	Prom				
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00			
	Prom				
Factor de Potencia	PromIII		1,00		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,10		
	Prom		60,00		
	Min		59,70		
Potencia (kW)	MaxIII		31,0		
	PromIII		26,7		
	Prom		7,0	13,1	6,6
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		2,7		
	PromIII		-0,6		
	Prom		9,7	3,1	0,0
Potencia Aparente (kVA)	Max		37,0		
	PromIII		32,0		
	Prom		12,0	13,5	6,6
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66
	%Util		0,7	0,8	0,4
Voltaje Nominal Línea-Neutro			120	120	120
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Iluminación sótanos 208/120v		

Tabla XIII. Resultados de parámetros en puntos de medida del 11 al 13

Parámetro	Valor	Tolerancia	Punto de medida No.11 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.12 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.13 AR-5 de Circutor		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	8.00	1.44	1.44	2.53	3.61	3.61	5.05	5.42	3.97	3.97
	Prom		0.46	0.45	1.39	2.57	2.81	4.15	4.62	3.11	3.19
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3.00	1.83			1.88			1.88		
	Prom		1.55			1.50			1.57		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10.00	2.81			9.09			10.74		
	Prom		2.28			8.42			6.20		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	8.00	2.60	2.90	2.80	2.10	2.30	2.20	2.20	2.40	2.10
	Prom		2.32	2.66	2.42	1.80	2.10	1.91	1.88	2.03	1.78
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20.00	17.70	18.50	17.20	3.20	4.20	4.80	69.80	56.00	56.40
	Prom		14.92	16.44	15.20	2.75	3.62	4.18	30.99	29.12	29.08
Factor de Potencia	PromII		0.08			0.85			0.54		
Frecuencia (Hz)	Máx	60.30	60.00			60.10			60.00		
	Prom		60.00			60.00			60.00		
	Min	59.70	59.90			60.00			60.00		
Potencia (kW)	MaxIII		9.0			362.0			27.0		
	PromII		9.0			285.9			19.9		
	Prom		4.0	3.0	2.0	104.3	85.7	95.8	6.0	6.6	7.3
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		146.0			219.0			43.0		
	PromII		135.9			177.7			31.3		
	Prom		46.8	45.0	44.1	64.3	62.9	50.5	10.1	11.1	10.1
Potencia Aparente (kVA)	Max		9.0			421.5			49.7		
	PromII		9.0			336.6			37.1		
	Prom		4.0	3.0	2.0	122.6	106.3	108.3	11.8	13.0	12.4
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
	% Util		0.2	0.2	0.1	7.4	6.4	6.5	0.7	0.8	0.7
Voltaje Nominal Linea-Neutro			277	277	277	277	277	277	277	277	277
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Extractores Azotea 480/277v			Alimentación Chillers 480/277v			Elevadores Hotel (Asotea) 480/277v		

Tabla XIV. Resultados de parámetros en punto de medida del 14 al 16

			Punto de medida No.14 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.15 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.16 AR-5 de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	±,00	1,44	1,44	1,08	1,44	1,44	1,44	1,08	1,08	2,17
	Prom		0,84	0,92	0,56	0,94	0,94	0,51	0,54	0,48	1,87
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,79			1,45			1,46		
	Prom		1,48			1,44			1,40		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	12,50			16,81			11,38		
	Prom		12,04			16,39			10,11		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	±,00	2,40	2,60	2,30	2,30	2,80	2,50	2,30	2,60	2,40
	Prom		2,01	2,34	2,03	2,21	2,60	2,37	2,04	2,39	2,21
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00	7,40	7,80	7,00	6,00	8,70	8,30	6,10	7,50	7,40
	Prom		6,11	6,34	5,81	5,76	6,49	6,69	5,01	5,96	6,31
Factor de Potencia	PromIII		0,83			0,78			0,78		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,00			60,00			60,00		
	Prom		60,00			60,00			60,00		
	Min	59,70	60,00			60,00			60,00		
Potencia (kW)	MaxIII		10,3			12,2			21,1		
	PromIII		5,9			9,7			19,0		
	Prom		1,7	2,2	1,9	3,9	2,6	3,2	6,9	6,7	5,4
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		0	6,8	0	0	9,8	0	0	17,0	0
	PromIII		0	3,9	0	0	7,8	0	0	15,1	0
	Prom		1,1	1,2	1,5	3,0	2,9	1,9	4,4	5,9	4,9
Potencia Aparente (kVA)	Max		0	12,3	0	0	15,5	0	0	27,0	0
	PromIII		0	7,0	0	0	12,4	0	0	24,3	0
	Prom		2,1	2,6	2,4	4,9	3,9	3,7	8,2	9,0	7,3
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,67	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	%Util		0,12	0,15	0,14	0,29	0,24	0,22	0,49	0,54	0,44
Voltaje Nominal Linea-Neutro			277	277	277	277	277	277	277	277	277
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Panel A/C Nivel 02 480/277v			Panel A/C Nivel 05 480/277v			Panel A/C Nivel 11 480/277v		

Tabla XV. Resultados de parámetros en punto de medida del 17 al 19

			Punto de medida No.17 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.18 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.19 AR-5 de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	±,00	1,81	1,08	1,08	1,81	1,08	0,72	2,92	1,25	2,92
	Prom		1,26	0,34	0,38	1,19	0,64	0,50	2,18	0,56	1,88
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,82			2,16			2,10		
	Prom		1,67			1,83			1,68		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	15,93			3,86			10,31		
	Prom		13,94			3,06			6,94		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	±,00	2,50	2,70	2,40	2,80	2,60	3,10	5,00	4,70	4,60
	Prom		2,39	2,61	2,23	2,42	2,34	2,71	3,26	3,21	2,98
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00	7,90	6,40	7,10	43,30	56,90	48,60	57,30	60,80	58,10
	Prom		6,74	5,45	5,78	25,23	28,02	28,14	34,39	39,26	29,88
Factor de Potencia	PromIII		0,78			0,68			0,38		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,00			60,00			60,10		
	Prom		60,00			60,00			60,00		
	Mín	59,70	60,00			60,00			60,00		
Potencia (kW)	MaxIII		41,3			24,9			8,6		
	PromIII		34,9			18,9			6,1		
	Prom		10,7	13,6	10,7	6,7	6,1	6,1	2,1	1,6	2,4
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		0	34,6	0	0	23,7	0	0	22,1	0
	PromIII		0	28,2	0	0	20,3	0	0	14,9	0
	Prom		10,1	10,1	8,0	6,6	7,0	6,6	4,6	5,2	5,2
Potencia Aparente (kVA)	Max		0	53,9	0	0	33,7	0	0	23,7	0
	PromIII		0	44,9	0	0	27,8	0	0	16,1	0
	Prom		14,7	16,9	13,3	9,4	9,3	9,0	5,0	5,5	5,7
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	%Util		0,88	1,01	0,80	0,56	0,56	0,54	0,30	0,33	0,34
Voltaje Nominal Línea-Neutro			277	277	277	277	277	277	240	240	240
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Panel A/C Nivel 17 480/277v			Panel Elevadores Nivel 18 480/277v			Panel Elevadores Nivel 04 240/120v		

Tabla XVI. Resultados de parámetros en puntos de medida del 20 al 22

			Punto de medida No.20 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.21 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.22 AR-5 de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	±,00	2,50	3,33	3,33	2,50	3,33	3,33	3,33	4,17	4,17
	Prom		1,41	2,24	2,69	2,18	3,33	3,08	1,94	3,47	3,19
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	1,71			1,71			2,56		
	Prom		1,31			1,19			1,57		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	31,18			41,49			37,45		
	Prom		27,08			36,06			26,79		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	±,00	3,00	2,90	3,20	3,10	3,40	3,10	3,20	3,60	3,20
	Prom		2,79	2,69	3,08	2,92	3,20	2,91	2,98	3,31	3,00
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00	20,60	27,30	7,20	24,10	29,00	21,90	23,20	0,21	23,90
	Prom		17,80	25,75	6,19	20,79	27,15	18,07	20,18	0,16	19,97
Factor de Potencia	PromIII		1,00			1,00			1,00		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,10			60,00			60,00		
	Prom		60,01			60,00			60,00		
	Min	59,70	60,00			60,00			60,00		
Potencia (kW)	MaxIII		16,5			27,0			31,7		
	PromIII		15,5			23,2			26,8		
	Prom		5,4	3,7	6,4	10,6	5,2	7,4	6,5	10,8	9,5
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		0	1,7	0	0	0,7	0	0	1,9	0
	PromIII		0	1,4	0	0	0,4	0	0	0,6	0
	Prom		0,4	0,4	1,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,6	0,0
Potencia Aparente (kVA)	Max		0	16,6	0	0	27,0	0	0	31,7	0
	PromIII		0	15,6	0	0	23,2	0	0	20,1	0
	Prom		5,4	3,8	6,4	10,6	5,2	7,4	4,9	8,1	7,1
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	%Util		0,32	0,23	0,39	0,63	0,31	0,45	0,29	0,49	0,43
Voltaje Nominal Línea-Neutro			120	120	120	120	120	120	120	120	120
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Panel ilumin. Nivel 04 208/120v			Panel ilumin. Nivel 07 208/120v			Panel ilumin. Nivel 12 208/120v		

Tabla XVII. Resultados de parámetros en puntos de medida del 23 al 24

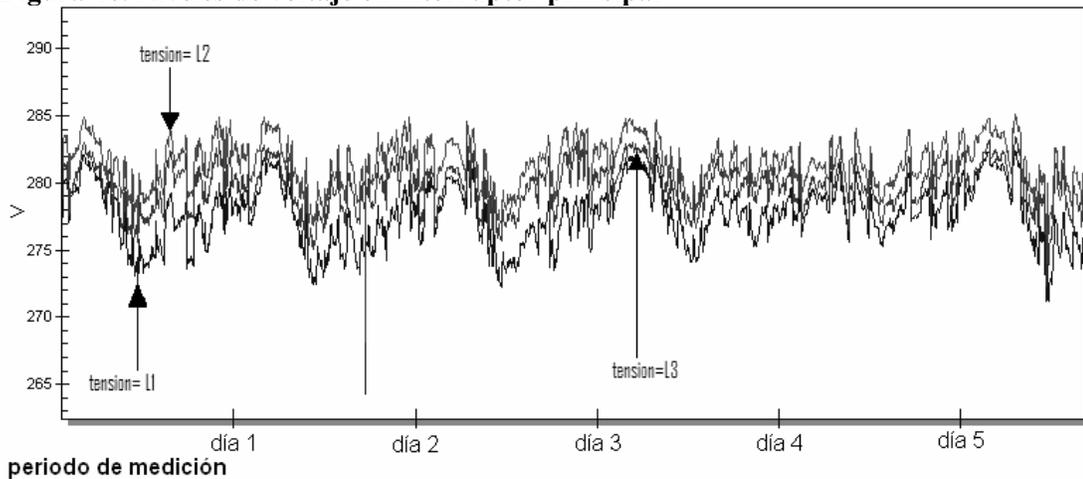
			Punto de medida No.23 AR-5 de Circutor			Punto de medida No.24 AR-5 de Circutor		
Parámetro	Valor	Tolerancia	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Regulación de Tensión (%)	Máx	±,00	4,17	3,33	4,17	3,33	3,33	1,67
	Prom		3,97	2,50	3,53	2,86	2,86	1,09
Desbalance de Tensión (%)	Máx	3,00	2,58			2,56		
	Prom		1,52			1,81		
Desbalance de Corriente (%)	Máx	10,00	14,59			100,00		
	Prom		9,41			100,00		
Distorsión Armónica en Tensión THDv (%)	Máx	±,00	3,40	2,90	3,00	3,50	3,40	3,30
	Prom		3,15	2,79	2,78	3,28	2,96	3,07
Distorsión Armónica en Corriente THDi (%)	Máx	20,00	±,90	±,80	±,90	0,00	32,70	33,00
	Prom		8,17	7,95	7,07	0,00	29,05	29,37
Factor de Potencia	PromIII		1,00			1,00		
Frecuencia (Hz)	Máx	60,30	60,10			60,10		
	Prom		60,01			60,01		
	Min	59,70	60,00			60,00		
Potencia (kW)	MaxIII		51,9			19,5		
	PromIII		49,0			17,2		
	Prom		14,9	16,4	17,7	0,0	9,6	7,6
Potencia Reactiva (kVAR)	MaxIII		0	4,3	0	0	1,2	0
	PromIII		0	3,2	0	0	0,7	0
	Prom		0,6	2,6	0,1	0,0	0,3	0,4
Potencia Aparente (kVA)	Max		0	52,1	0	0	19,5	0
	PromIII		0	49,1	0	0	17,2	0
	Prom		14,9	16,6	17,7	0,0	9,6	7,6
Capacidad del banco (MVA)	Nom		1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	%Util		0,89	1,00	1,06	0,00	0,58	0,45
Voltaje Nominal Linea-Neutro			120	120	120	120	120	120
UBICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN			Panel ilumin. Nivel 16 208/120v			Panel ilumin. Nivel 18 208/120v		

3.4 Análisis de gráficas

3.4.1 Gráficas de tensión

Luego de haber transcurrido el período de medición se procede a descargar la información a una PC donde esté instalado el software compatible para procesar los datos recabados por los analizadores. Este software como ya se mencionó, tiene entre sus funciones principales, el despliegue en forma grafica de las muestras para los distintos parámetros, en este caso los niveles de tensión para las tres fases (L1, L2 y L3). La figura 46 muestra como ejemplo, tres gráficas que cada una representa el comportamiento del nivel de voltaje para las fases medidas.

Figura 46. Niveles de voltaje en interruptor principal



Como se observa, el eje vertical de la gráfica representa el nivel de voltaje, mientras que el eje horizontal representa el periodo de medición. La ventaja de este tipo de despliegue es que se puede determinar con más precisión el día en que ocurre (si en caso hubiera) una disminución significativa del nivel de voltaje. Se observa que la gráfica inferior representa la fase L1, la gráfica superior representa la fase L2 y la gráfica de en medio representa la fase L3.

Los niveles de voltaje en una gráfica pueden ser mediciones de fase a neutro como mediciones de fase a fase, esto queda sujeto al criterio del operador. Los valores de regulación de tensión registrados durante el periodo de medición, tanto de fase a fase como de fase a neutro deben de estar dentro de los límites de tolerancia establecidos por las normas técnicas del suministro de distribución NTSD.

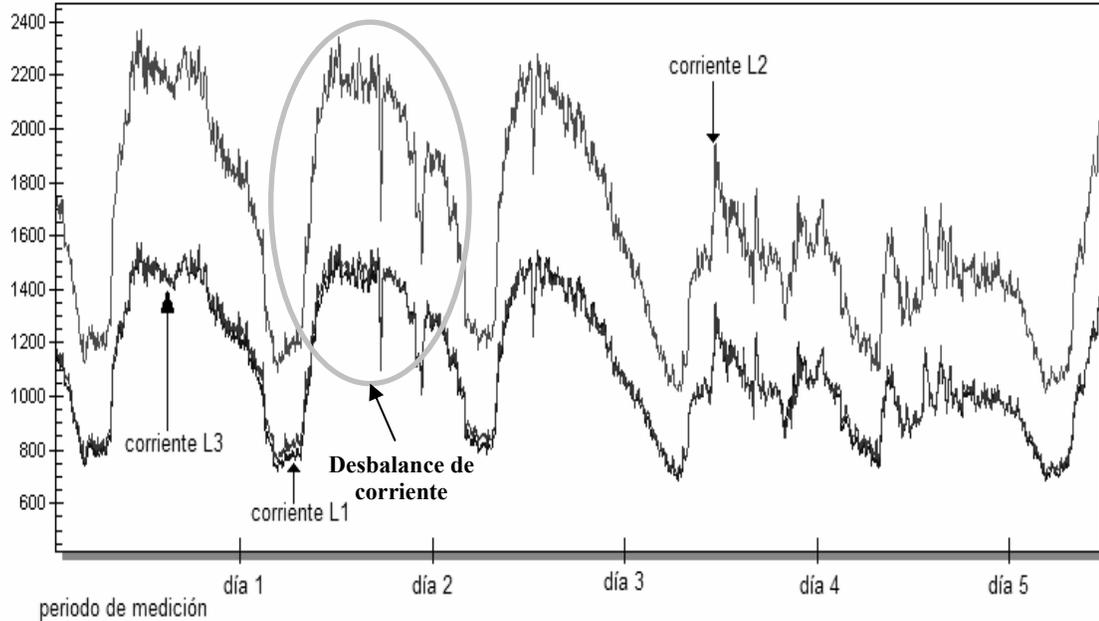
Por ejemplo, para estas gráficas cuyos parámetros se encuentran en la tabla IX punto de medición No. 1 muestran una regulación aceptable ya que el valor promedio máximo registrado se sitúa en 1.61% en la fase L2 y como valor promedio de desbalance se sitúa en 1.36%, este último como valor máximo de desbalance de tensión no excede la tolerancia permitida por las normas técnicas del suministro de distribución NTSD (3%), por lo que se dictaminaría como aceptable.

3.4.2 Gráfica de intensidad o corriente

Siguiendo con el análisis de gráficos, la gráfica que se encuentra en la figura 47 ejemplifica niveles de corriente eléctrica de los datos tabulados para las tres fases mencionadas. Las tabulaciones presentadas en la tabla VIII, punto de medida No. 1, el parámetro de desbalance de corriente aparece con valores que van desde 20.51% (equivalente al valor promedio) hasta un 30.78% (equivalente al valor máximo), sobrepasando los valores establecidos en las normas técnicas de suministro de distribución NTSD (10%).

El eje vertical representa a las amplitudes de corriente (amperios) mientras que el eje horizontal representa el período de la medición. En dicha gráfica se resalta por medio de un círculo el desbalance tan considerable entre la fase L2 y las dos fases restantes (L1 y L3). Dicho desbalance puede ser producido por una mala distribución de cargas en las instalaciones del hotel, ocasionando un posible desbalance igualmente en los niveles de voltaje para cada fase.

Figura 47. Niveles de corriente en interruptor principal



3.4.3 gráfica de distorsión armónica

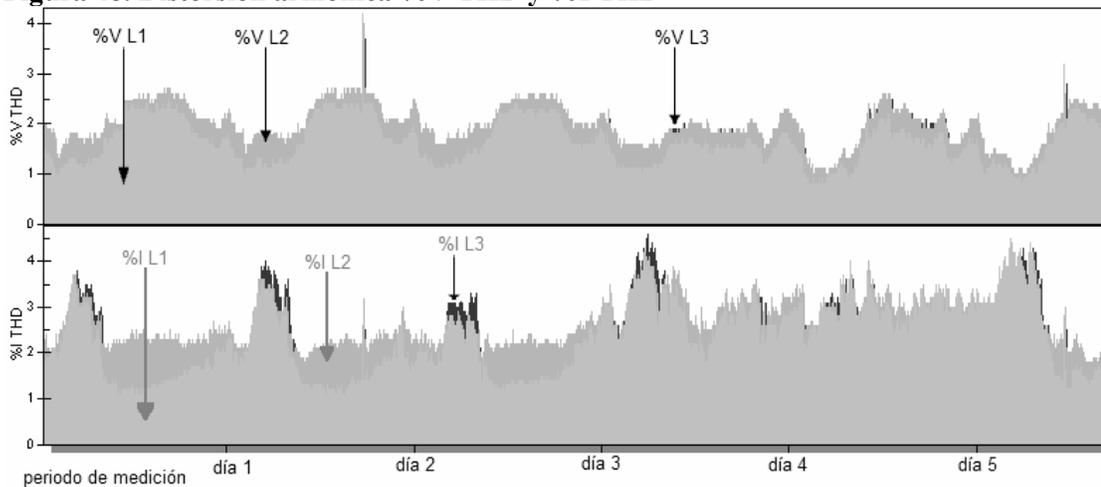
Siguiendo con el uso de los valores tabulados que propinó el QNA conectado en el interruptor principal, se logra determinar que para la distorsión Armónica en Tensión THDv tiene un valor máximo de 4.2%, mientras que en la Distorsión Armónica en corriente THDi tiene un valor máximo de 4.5%, siendo estos los valores máximos permitidos por las Normas técnicas de suministro de distribución NTSD de 8 % para THDv y 20% para THDi, lo cual indica que los valores desplegados por el analizador QNA se encuentran en el rango aceptable.

Lo anterior se refleja en la figura 48, cuyas gráficas corresponden al comportamiento de este fenómeno eléctrico en el periodo de medición establecido durante la programación. La gráfica superior de la figura 48 pertenece a la distorsión armónica de tensión THDv y la gráfica inferior pertenece a la distorsión armónica de intensidad. Se refleja que en la gráfica de THDv el comportamiento es simétrico para las tres fases, con la salvedad de que en la fase L2 la amplitud de este fenómeno sobrepasa

de las otras fases restantes, aunque para los valores de la fase L3 sobrepasan de las otras durante los últimos dos días de medición.

Continuando con el comportamiento de la distorsión armónica, ahora para la intensidad, se observa que el comportamiento es simétrico para las tres fases (L1, L2 Y L3). Para la fase L3 refleja un leve ascenso en su amplitud en los días 1, 2 y 3 para luego estabilizándose con respecto a las demás fases entre los días 4 y 5. Al igual que en las anteriores graficas, el eje vertical representa el porcentaje del THD para voltaje y corriente, y el eje horizontal representa el periodo en que fue realizada la medición.

Figura 48. Distorsión armónica %V THD y %I THD



3.4.4 Factor de potencia

Como siguiente paso, corresponde analizar el factor de potencia de acuerdo a los datos tabulados, las potencias que son utilizadas para determinar dicho parámetro son: potencia activa (P), y potencia reactiva (Q) de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$FP = \cos [\tan^{-1} (Q / P)]$$

Si se utilizan los valores tabulados:

$$FP = \cos [\tan^{-1} ((355.3) / (643.5))] = 0.886$$

De acuerdo a los límites aceptables por las normas técnicas del suministro de distribución NTSD (0.90) este valor de factor de potencia igual a 0.875 no es aceptable y esto es motivo de sanción económica por parte de la Comisión nacional de energía eléctrica (CNEE).

Las figuras 49 y 50, presentan el consumo acumulado durante el período de medición de las energías activa, reactiva y capacitiva.

Figura 49. Gráfica de energía activa

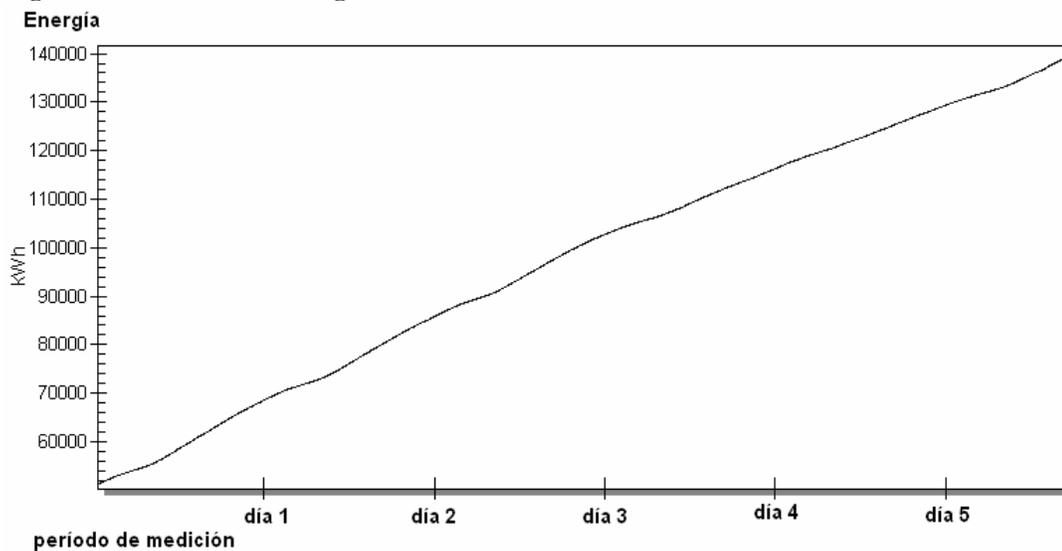
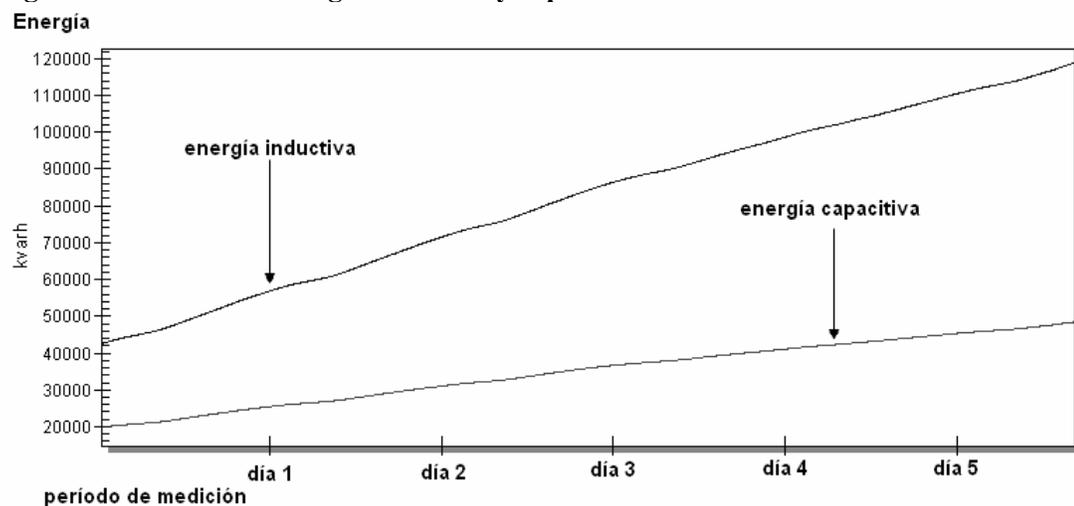


Figura 50. Gráfica de energía inductiva y capacitiva

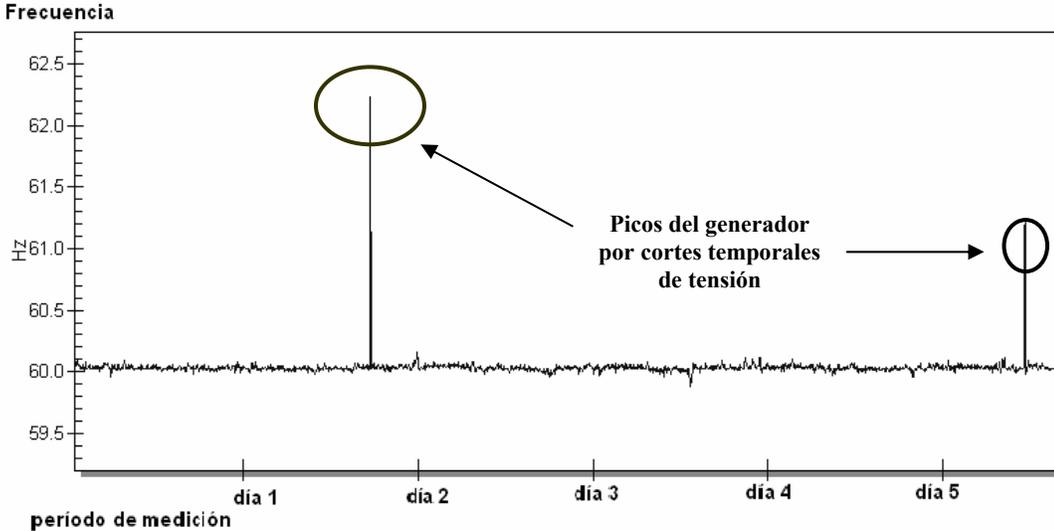


3.4.5 Gráfica de frecuencia

El turno para el análisis gráfico es la frecuencia del sistema. En los valores que desplegó el QNA en el interruptor principal, el valor máximo y mínimo fueron 60.13 Hz. Y 59.85 Hz. Respectivamente, siendo los valores establecidos por las normas técnicas de suministro de distribución NTSD de 60.30 Hz. Y 59.7Hz. Dando como resultado valores aceptables, dichos valores se encuentran dentro del rango reglamentado ($60 \text{ Hz} \pm 0.5 \%$).

Se observa en la gráfica de la figura 51, dos representaciones de enganche de generador. Es común este fenómeno provocado por el arranque del mismo, provocando un leve aumento la frecuencia del sistema, posteriormente estabilizarse en cuestión de milisegundos.

Figura 51. Gráfica de la frecuencia eléctrica

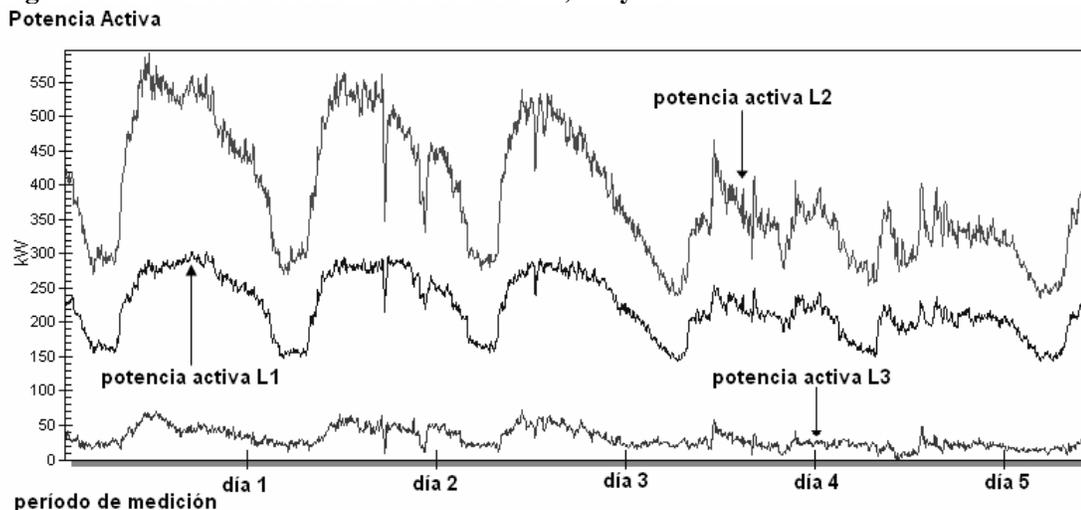


3.4.6 Gráfica de potencia activa y reactiva

Gráfica de potencia activa

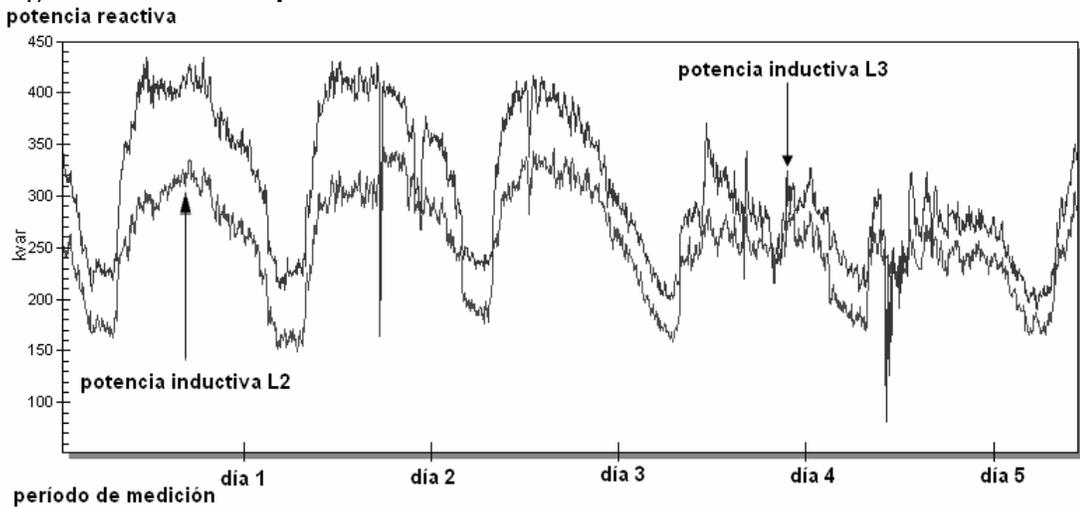
El QNA despliega el muestreo de la potencia consumida para cada fase durante el período programado. La gráfica de la figura 52 muestra como resultado del muestreo correspondiente, donde se encuentra como valor máximo en la fase L1 igual a 303 Kw., para la fase L2 tenemos 592 Kw. y en la fase L3 tenemos un valor igual a 72 Kw. Esto demuestra una vez más el desbalance que existe entre las fases. Un desbalance considerable que hace reflejar picos altos en una fase y bajos en otras.

Figura 52. Potencia activa en las tres fases L1, L2 y L3



Para la potencia reactiva, según la gráfica que muestra la figura 53, muestra una presencia en la fase L1 con un valor máximo igual a 00 KVAR, en la fase L2 un valor máximo de 347 KVAR y en la ultima fase L3 un valor igual a 434 KVAR.

Figura 53. Gráfica de potencia reactiva inductiva



Para la potencia reactiva capacitiva solamente se tiene presente en la fase L1 con un valor de 313KVAR mientras que en las dos fases L2 y L3 se tiene valores de 00 KVAR.

Figura 54. Gráfica de potencia reactiva capacitiva

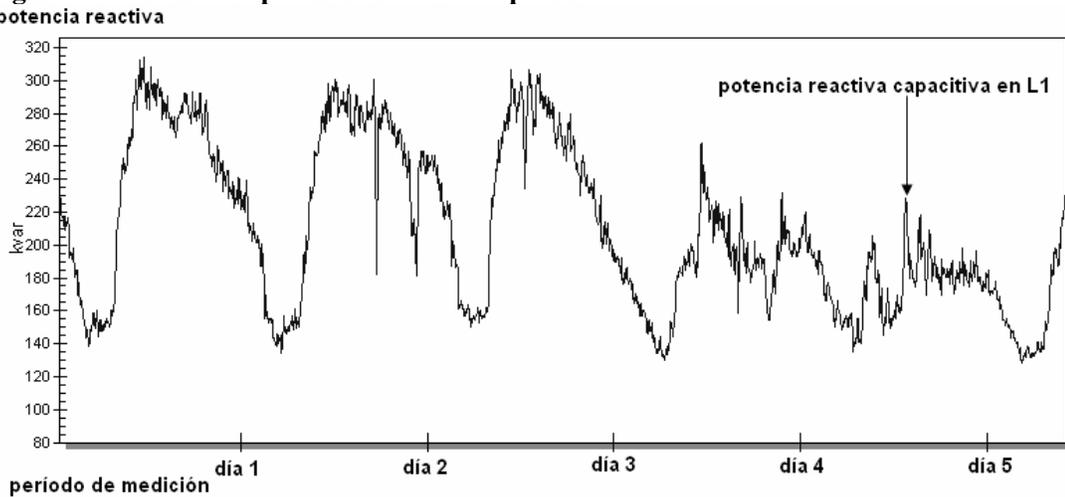
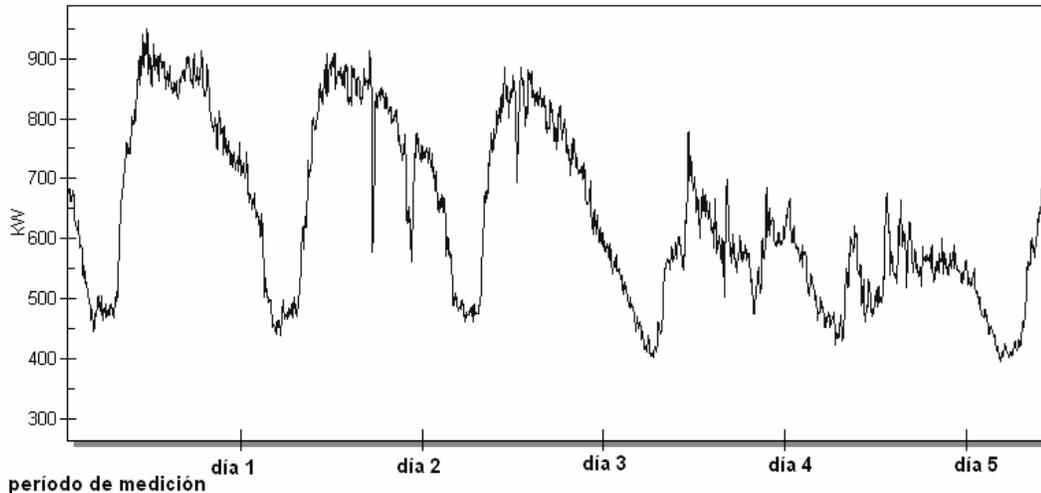


Figura 55. Gráfica de potencia activa trifásica
potencia activa Kw



Los valores de Potencia Reactiva (Q) se obtienen en el instante en el que se da el máximo consumo de Potencia Activa (P), ya que éste valor es el que se toma para el cálculo de facturación. Como lo muestra la gráfica de la figura 55, la potencia activa máxima que entregó el centro de transformación fue de 950KW. Para calcular el porcentaje de utilización del Banco de transformadores se utilizan los valores promedio de consumo de Potencia, para cada transformador monofásico.

Tabla XVIII. Valores finales de potencia activa, reactiva y aparente

FASE	POTENCIA ACTIVA P (kW.)	POTENCIA REACTIVA Q (kVAR)	POTENCIA APARENTE S (kVA)	POTENCIA TOTAL BANCO DE TRANSFORMADORES (kVA)
FASE 1	224	209	306	1,082
FASE 2	388	254	464	
FASE 3	31	310	312	

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

La potencia del banco de transformadores es de $S = 3 \times 1,666 \text{ KVA} = 5,000 \text{ KVA}$. La carga a la que se están sometiendo cada una de las fases es de:

$$\text{FASE 1} = 18.36 \% \text{ de su capacidad nominal}$$

FASE 2 = 27.85 % de su capacidad nominal

FASE 3 = 18.73 % de su capacidad nominal

La carga a la que se está sometiendo el Banco de Transformadores en la instalación es, en promedio de 21.64% de su capacidad nominal, lo que es un valor **acceptable** para su funcionamiento.

3.5 Medición de red de tierra

3.5.1 Sistema de puesta a tierra

Son tres razones por las cuales sistemas y circuitos deben ser puestos a tierra. Las responsabilidades del sistema de tierra son:

- Limitar el voltaje causado por descargas atmosféricas, o por contacto accidental de los conductores de suministro con conductores de mayor voltaje.
- Estabilizar el voltaje durante condiciones de operaciones normales.
- Facilitar las operaciones de los dispositivos de protección contra sobre-corrientes bajo condiciones de falla

Estas razones por las cuales sistemas y circuitos son puestos a tierra se pueden generalizar en dos formas, para cumplir con:

- Protección de personal
- Protección de equipo

Es un mal entendimiento pensar que la puesta a tierra es solamente con el propósito de mantener todos los equipos y cubiertas metálicas a un plano equipotencial para proteger personal de una descarga eléctrica. Es tan importante no solo la

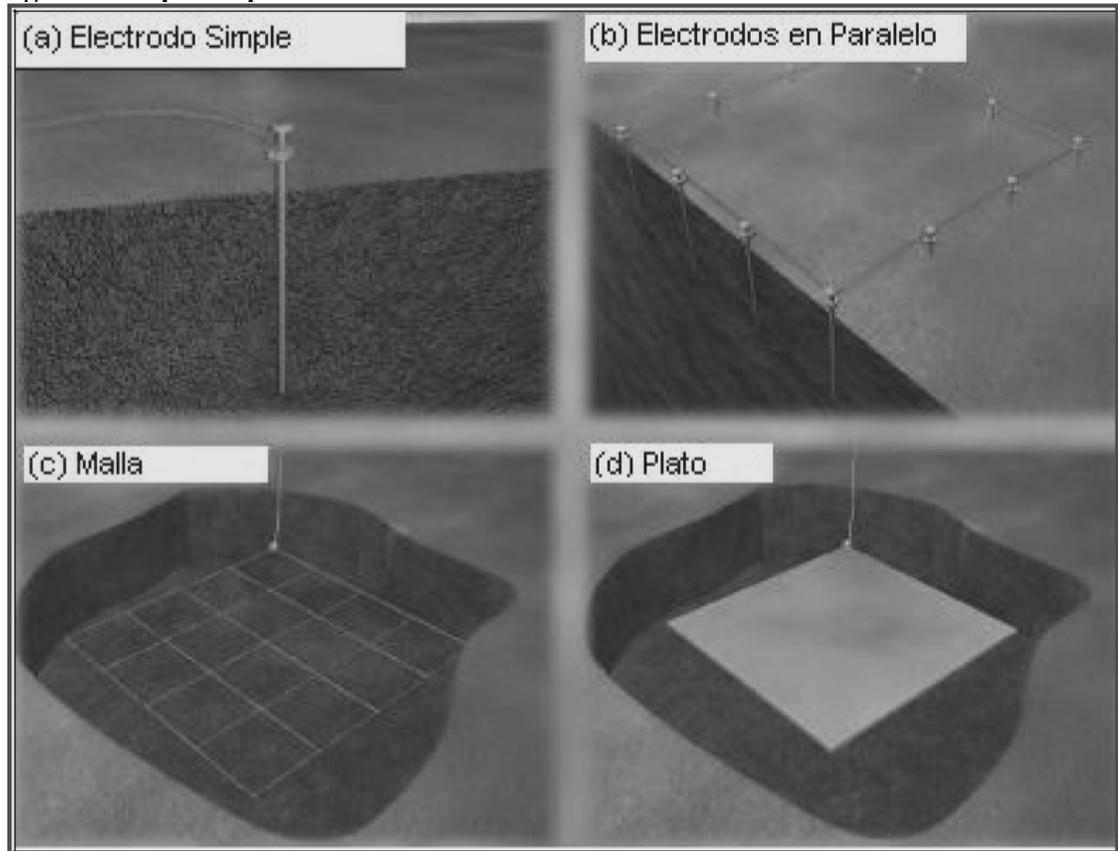
planificación para el buen funcionamiento de los interruptores automáticos de seguridad para que operen de forma inmediata, pero también mantener la potencia limpia, libre de ruidos eléctricos.

Una falla puede crear un incendio y aún cuando la falla se elimine, el fuego puede persistir. Sin embargo, cuando los interruptores de protección operan, impiden daños adicionales. Otras razones por las cuales se conecta a tierra circuitos y sistemas son para atenuar los acoplamientos electromagnéticos en el caso de conexión a tierra del blindaje de los cables y para drenar la corriente de fuga y las corrientes de descargas electrostáticas.

El ruido eléctrico producido no solo por los generadores de ruidos, pero aún los mismos equipos electrónicos puede causar daños, problemas y errores de datos en el equipo electrónico sofisticado. Es importante que estas corrientes estáticas y de fuga sean drenadas inmediatamente a tierra para asegurar la operación óptima del equipo electrónico.

Existen dos tipos de sistemas de puesta a tierra: simples y complejas. Los simples consisten en un electrodo colocado aisladamente como lo muestra la figura 56a. comúnmente utilizados en sitios residenciales. Las complejas como se muestran en las figuras 56(b, c, d), son muy utilizados en subestaciones, oficinas centrales y centros de telecomunicaciones.

Figura 56. Tipos de puestas a tierras



Existen varios métodos para medir una puesta a tierra, por ejemplo el de dos puntos o dos polos, el de tres puntos, de caída de potencial, de la pendiente, entre otros. Los dos primeros se utilizan en áreas pequeñas como residencias, mientras que los dos últimos se utilizan en lugares donde exista una red más compleja. Para el caso de un hotel se sugiere el método de la pendiente debido a que existen áreas restringidas o inaccesibles para colocar electrodos de prueba dentro de las instalaciones.

Para la aplicación de este método se utiliza el medidor llamado *Megger* conectado de la forma como lo muestra la figura 57. El objetivo es encontrar valores de resistencias inyectando niveles de corriente mientras se incrementa la distancia entre los electrodos colocados (Y, Z) con respecto al que se quiere medir (X). Se hace un barrido

mas completo con el electrodo de potencial, entre el electrodo de puesta a tierra bajo estudio y el electrodo de corriente.

Figura 57. Uso de Megger para medición de una puesta a tierra

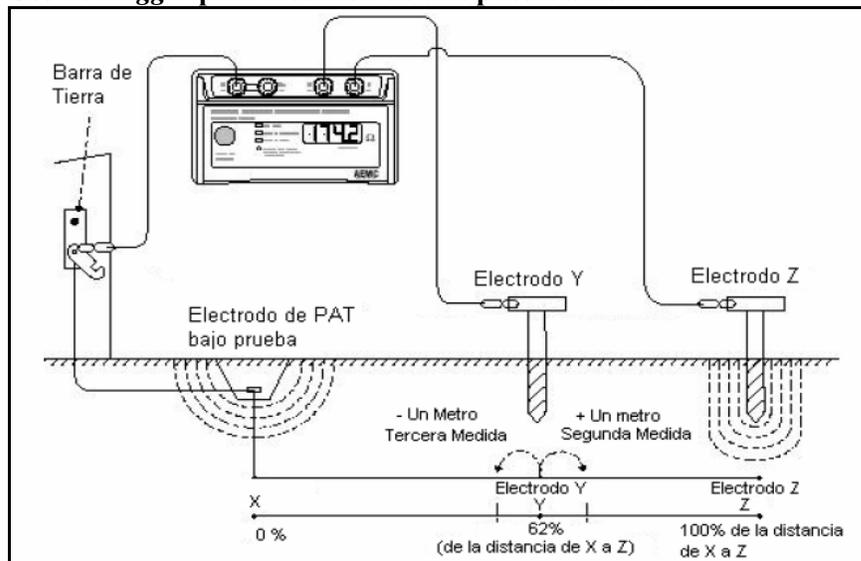
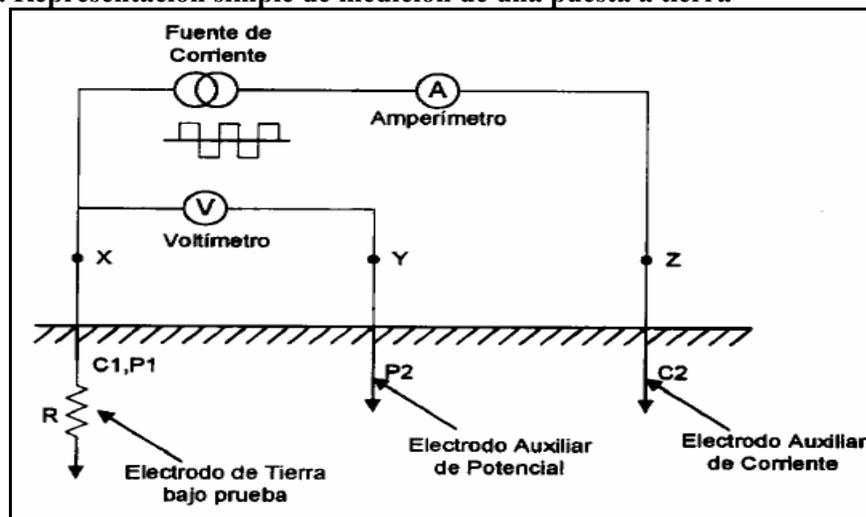
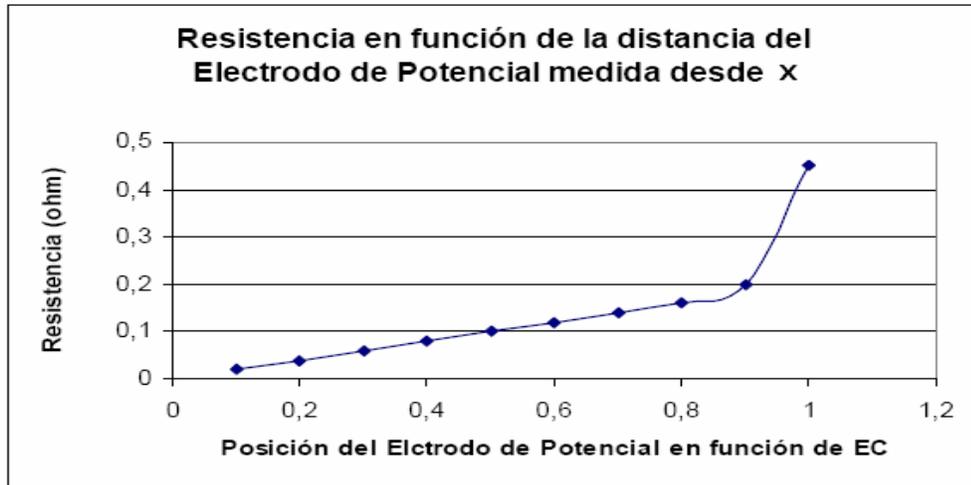


Figura 58. Representación simple de medición de una puesta a tierra



Cada valor de resistencia en cada posición del electrodo de potencial se gráfica (resistencia en función del a distancia del electrodo de potencial) como lo muestra la figura 59:

Figura 59. Gráfica de resistencia en función de la distancia del electrodo de potencial



Donde EC representa la distancia total en línea recta entre el electrodo puesta a tierra bajo estudio y el electrodo de corriente. Se deben de realizar al menos 6 medidas. Se deben de descartar los puntos de la grafica que se consideren absurdos. Se realiza el promedio y se obtiene el valor de resistencia para X. de nuevo se procede con otro punto de prueba hasta haber completado con todos los existentes.

En caso de realizar mediciones en áreas donde se encuentren objetos metálicos enterrados (por ejemplo tuberías) se requiere realizar mediciones ortogonales y la interpretación de las graficas resultantes. Para poder eliminar así de la medición la influencia de objetos metálicos. Además la presencia de líneas energizadas de alta tensión en las cercanías del área donde se esta llevando a cabo la medición, afecta la calidad de la misma. Para evitar esta interferencia se debe realizar la medición en una dirección perpendicular a la línea de transmisión.

3.5.2 Análisis de resultados de puesta a tierra

Luego de la medición de resistencia en todos los puntos de puestas a tierra existentes en un hotel, se procede a sumar dichos valores descartando como se hizo en cada gráfica valores que reflejen aumento con respecto a los demás. Logrando así el valor total de la puesta a tierra del edificio, posteriormente comparar con los parámetros establecidos por la entidad correspondiente. La tabla XIX muestra los parámetros de aceptación para subestaciones utilizadas en hoteles.

Tabla XIX. Parámetros de aceptación en subestaciones
Resistencia de tierra en Subestación

Capacidad de la Subestación (MVA)	Resistencia de la Red de Tierras (Ohmios)
< 1	3
1 a 10	2
10 a 50	1
50 a 100	0,5
> 100	0,2

En subestaciones, se estipula que el máximo incremento de potencial a tierra sea menor de 5,000 voltios. En las Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución **NTDOID** de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica **CNEE** describe en el Artículo 33-(Resistencia a Tierra)-, el valor máximo permitido de resistencia de red de tierras de una subestación en función de su capacidad.

3.6 Medición del sistema de iluminación

3.6.1 Proceso

Como se mencionó en el capítulo uno, la iluminación representa el 15% del consumo energético total en un hotel, obligando a poner mucho énfasis en el análisis del mismo. Para un hotel de grandes proporciones se procede a recorrer todas sus instalaciones, pasando por las habitaciones (sencillas, dobles, especiales), pasillos, gradas de emergencia, salones de conferencia, lobby, restaurante, área externa, etc., el fin es abarcar todos los lugares donde tengan detalles de iluminación.

Es de buena práctica dividir el establecimiento para tener un mejor orden en el momento de determinar las recomendaciones correspondientes. Para poder catalogar y llevar a cabo esta división se debe de tomar en cuenta que en cada área a crear se incluyan todos los lugares o sitios donde el horario, la actividad o el tipo de iluminación sea el denominador común. A continuación se muestra la forma de cómo quedaría dividido un hotel de grandes proporciones, cuyo contenido son los siguientes:

ÁREA 1: Oficinas del Hotel, áreas de trabajo sedentario y alta iluminación.

Sótano 1: Oficinas de Mantenimiento y Recursos Humanos

Nivel 1: Oficinas de Recepción del hotel

Nivel 2: Oficinas Administrativas, Centro de Negocios

Nivel 3: Oficinas de Contraloría e informática

ÁREA 2: Áreas de trabajo activo y alta iluminación.

Sótano 1: Lavandería y ama de llaves

Nivel 1: Cocina y Pastelería

Nivel 3: Cocina para Eventos

ÁREA 3: Pasillos, escaleras, almacenes, cámaras frigoríficas y zonas de tránsito. Iluminación baja.

ÁREA 4: Habitaciones y cuartos de baño. Mínima actividad e iluminación media.

ÁREA 5: Salones, salas de reuniones y conferencias.

ÁREA 6: Restaurantes, cafés y bares. Prima confort y decoración.

En cuanto a iluminación se refiere, los principios básicos a seguir para poder tener una base para elaborar recomendaciones son las siguientes:

- Niveles de iluminación adecuados a cada uso
- Búsqueda de alternativas de bajo consumo
- Automatización y control de encendido/apagado

En el momento de realizar la toma de datos se puede encontrar situaciones en que hay áreas deficientemente iluminadas como excesivamente iluminadas, lo que obliga elaborar ciertas recomendaciones en cuanto niveles de iluminación apropiada por áreas, a continuación se exponen en la siguiente tabla.

Tabla XX. Niveles de iluminación recomendadas para las diferentes áreas

ÁREA	NIVEL DE ILUMINACIÓN RECOMENDADA
1	500 LUX
2	300 LUX
3	100 LUX
4	150 LUX
5	300 LUX
6	200 LUX

Se debe toma en cuenta que existen en muchas áreas sistemas de encendido y apagado de forma manual, lo que provoca gastos innecesarios al estar las

luces encendidas más tiempo del imprescindible, o incluso quedarse encendidas por olvido. En cuanto a las luminarias en sí, existen hoy por hoy en el mercado posibilidades para obtener lámparas de bajo consumo que ofrecen una eficiencia luminosa igual y en muchos casos superior al de las lámparas tradicionales.

Este tipo de lámparas ahorradoras de energía tienen muchas ventajas, tales como la reducción tanto del consumo de energía como de la demanda de potencia, mejora de la eficacia luminosa y tiene una vida de uso habitual 10 veces mayor que las lámparas convencionales, lo que por otro lado compensa el mayor precio de las primeras. En cuanto a estas lámparas de bajo consumo se refiere, actualmente existen en el mercado diferentes marcas que las comercializan, si bien las diferencias más importantes que existen radican en el tipo de balastro o reactancia que poseen. Actualmente se encuentran dos tipos de balastro, el electrónico y el tradicional electromagnético. A continuación se expone someramente las ventajas y desventajas de los nuevos balastos electrónicos frente a los electromagnéticos.

Balastos electrónicos

Ventajas:

- Ahorran hasta un 25% de energía.
- Alargan la vida útil de la lámpara hasta un 50% más, hasta 12.000 horas.
- Encendido instantáneo, sin parpadeo.
- Desconexión automática en caso de lámpara defectuosa.
- Consiguen un factor de potencia próximo a la unidad.
- Existen balastos con regulación de luz, continua desde 10 a 100%, incluso en función de la aportación de luz natural (equipos especiales).
- Alcanzan la rentabilidad alrededor de las 5.000 horas de funcionamiento, por lo que se recomiendan especialmente en usos de conexión prolongada, típicos del sector comercial.

Desventajas:

- Sus dimensiones son mayores, lo que puede dificultar en algunos casos la sustitución directa y requerir, por tanto, el cambio del aparato de iluminación (luminaria).
- Su precio es todavía elevado, según modelos.
- Son incompatibles con sistemas de regulación de intensidad o *Dimmer*.

Tabla XXI. Comparación entre balastro convencional y electrónico

COMPARACIÓN ENTRE BALASTO CONVENCIONAL Y BALASTO ELECTRÓNICO			
Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balastro convencional		Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balastro electrónico	
POTENCIA ABSORBIDA		POTENCIA ABSORBIDA	
Lámparas (2 x 58W)	116 W	Lámparas (2 x 51W)	102W
Balastro convencional	30 W	Balastro electrónico	11 W
TOTAL	146 W	TOTAL	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO		22,6 %	

3.6.2 Análisis de resultados del sistema de iluminación

A raíz de los resultados e inspecciones realizadas, se procede a realizar una tabla en Excel con las recomendaciones, que por áreas, se consideran las más ajustadas a las demandas de un hotel.

ÁREA 1

Si en estos lugares el nivel de luminosidad sobrepasa las condiciones necesarias, se procede al cambio del mismo. Por ejemplo, si en estos lugares se encuentran iluminadas por medio de tubos fluorescentes tipo T-12 de 40W, y se observa que con otro tipo de tubo fluorescente de menor consumo pueden ser sustituido sin provocar deterioro alguno que haga disminuir drásticamente las condiciones luminosas

de dicho lugar. Para este caso se podría usar tubos fluorescentes de tipo T-8 de 32W para hacer la sustitución.

Esta sustitución se puede realizar de forma automática, debido a que las características de los tubos del tipo T-12 40W son compatibles con los propuestos, esto da a entender que si se propone un cambio, que el sustituido tenga las mismas características que el sustituto para evitar dificultades tales como cambio de base, diferencia de tamaño, apariencia, color etc.

Existen zonas críticas que requieren un aporte extra de luminaria, modificación de las existentes o refuerzo específico, como podría ser reforzar alguna mesa de alguna persona con una lámpara de mesa, reubicación de la luminaria, alguna oficina que tenga un exceso de iluminación, que se podría solucionar con la sustitución mencionada más la eliminación de tubos.

Si se realizará la sustitución inicial mencionada, esto sería el seguir utilizando los balastos electromagnéticos ya existentes, aunque sería recomendable de forma encarecida la sustitución de dichos balastos por los electrónicos que suponen un ahorro energético del 40% además de ajustar el factor de potencia casi a la unidad, alargar la vida de las lámparas, aunque, hay que recalcar la desventaja fundamental de tener una mayor inversión inicial.

ÁREA 2

En esta área que comprende los lugares de lavandería, ama de llaves y cocinas, es decir en cuanto a iluminación se refiere tiene similares exigencias que el área 1. Tanto en el área 1 como el área 2 se puede sugerir (si no se tiene) la automatización total de apagado mediante un control central en función de los horarios de trabajo puesto

que son actividades en horarios bien definidos y evitaría el olvido del apagado de las lámparas, o un sistema de información y compromiso de los trabajadores para el ahorro energético.

ÁREA 3

Si se tienen cámaras frigoríficas y éstas poseen luz incandescente se podría considerar no necesaria la sustitución, debido a que su uso es mínimo y su retorno (en cuanto a inversión) sería demasiado largo. Si se tienen lámparas colgantes, y estos no cumplen con la luminosidad necesaria, por criterio de ahorro energético se propone una sustitución aportando un aumento de la iluminación existente, pero se deben de cumplir con las condiciones decorativas requeridas.

ZONA 4

En una habitación estándar de un hotel se puede encontrar lo siguiente:

- Mesillas de noche: 2 x 60 W incandescentes.
- Lava manos 2 x 75 W incandescentes.
- Lámpara de pie: 1 x lámpara fluorescente en forma circular 22 W.
- Cuarto de baño: 2 x fluorescentes compactas de doble tubo 13 W.
- Entrada: 1 x dicroica 50 W halógena y 2 x fluorescente compacta 11W
- Televisión: 135 W

Figura 60. Sistema de iluminación en habitaciones para huéspedes



De acuerdo lo existente en una habitación se puede proponer, que, para la mesita de noche, pretendiendo favorecer la iluminación, pero consiguiendo ahorro energético y prevaleciendo las temperaturas de color, y apariencia exigidas por el ambiente y el criterio de decoración, se propone sustituir las lámparas (si no se dispone de ella) por una lámpara tipo *Osram dulux* (recomendadas para hoteles) compacta de triple tubo 15 W de balastro electrónico, o similar. Asimismo, eligiendo una temperatura de color de 2.700°K igual que las incandescentes, emite una luz suave sin deslumbramiento.

En un espejo para lava manos, la iluminación si, a criterio es muy intensa e incluso excesiva con alto nivel de deslumbramiento y consumo energético, la posibilidad de realizar una sustitución de las lámparas existentes por una fluorescentes compactas por ejemplo de 16W y apariencia decorativa, reducen el flujo luminoso, el deslumbramiento y el consumo. Como desventaja (si la hay) aparece la longitud de la lámpara, pero solo influye en el aspecto decorativo, por lo que se considera aceptable. Si bien sería una opción más ventajosa desde el punto de vista de ahorro energético su sustitución por una lámpara descrita para las mesitas de noche (se recomienda un 10% más de longitud de estas lámparas).

Para una lámpara de pie, la sustitución o no de éste va relacionado con el área de la habitación, es decir que la cantidad de luxes promedio obtenidas en diferentes puntos alrededor de la lámpara de pie cumpla con establecido en la tabla XX. Si una habitación de un hotel cinco estrellas tiene las medidas anteriormente mencionadas en el capítulo uno por el INGUAT, la lámpara de pie de 22 W cumple con lo establecido.

Para el cuarto de baño se debe de observar que las lámparas cumplan con la cantidad de luxes en diferentes puntos alrededor de las lámparas con el propósito de cumplir con lo propuesto en la tabla XX.

En la entrada de la habitación se puede tener varias lámparas antiqúisimas (con respecto a modelo), si esto sucede se produce al cambio debido a que estos representan un discontinuidad en el mercado. Se podría sugerir por lo económico y el confort que ofrece, la sustitución por lámparas fluorescentes de forma compactas de 15 W de triple tubo con balasto electrónico, que podrían dar un aspecto similar al sustituido pero con mayor flujo luminoso.

Como análisis final, se propone la implantación de un sistema de desconexión central de la iluminación en cada unidad de alojamiento mediante tarjeta, informando al cliente de la política de ahorro de la empresa, este sistema desconectaría de forma automática todas las luces de la habitación, así como la televisión, cuando el cliente abandonase la habitación con solo retirar su tarjeta de entrada del sistema de control.

En esta área se incluyen todos los cuartos de baño públicos y de servicio, los cuales tienen generalmente iluminación halógena y por fluorescentes compactas de bajo consumo, que no requieren sustitución, si en el transcurso de la inspección se encuentran luces incandescentes todavía, es aconsejable sustituirlas con el mismo criterio sugerido hasta el momento, si bien se podría reducir el consumo mediante la instalación de

sensores de presencia o de movimiento, de forma que sólo permanecieran encendidas mientras fueran realmente necesarias.

ÁREA 5

En esta área se tiene salones, salas de reuniones y conferencias, los cuales se pueden encontrar iluminadas fundamentalmente por incandescentes de que oscilan entre los 60 y 100W, los cuales se podrían sustituir por 38 de 150W, halógenas dicróicas y algún fluorescente de 40W. Para reflejar una mejor elegancia se utilizan en muchos lugares como en estos, lámparas colgantes con una gran cantidad de incandescentes que sumándolas reflejan un alto consumo de energía convertida en calor. Por ejemplo se tienen lámparas con hasta 256 incandescentes de 50 y 60 W.

Estos últimos se pueden sustituir por dos tipos de lámparas fluorescentes compactas, esto es de doble tubo de 9W, (equivalente a 60W incandescente) o de triple tubo de 15W (equivale igualmente a 60W incandescente), esta elección viene condicionada por varios factores:

Las de 9W tienen balastro electromagnético y aceptan la actuación del *Dimmer*, pero tienen una longitud de 16,5 cm. Las de 15W tienen balastro electrónico con todas las ventajas que conllevan, son más caras, su longitud total es de 14 cm. y no aceptan la actuación del *Dimmer*. La elección de una u otra quedaría en función de la longitud aceptable para su sustitución. También se podría contemplar, en el caso de implantar lámparas de balastro electrónico, desligar las lámparas colgantes del *Dimmer* e introducir un sistema de encendido/apagado por secuencia de fases.

Figura 61. Iluminación en salones, sala de conferencia y reuniones



ÁREA 6

Para los lugares que conforman esta área (restaurantes, bares, cafés) se hace necesario sugerir en primer lugar instalar un encendido y apagado automático (si no se dispone de ello) de los mismos de forma automatizada según los horarios de apertura de dichas salas con un margen de apagado de una hora, para dar un margen a clientes de larga estada.

Inspección termográfica

La termografía es un método de inspección y análisis, mediante la obtención de imágenes de la distribución de la temperatura de los objetos. Este método se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en condiciones de mal funcionamiento. Observando el comportamiento térmico de los

componentes pueden detectarse los defectos y las causas de una manera rápida y sin interferir en el sistema.

Por convección, conducción y radiación son las tres formas mediante las cuales los cuerpos transmiten el calor. La termografía infrarroja logra obtener, a partir de esa energía radiada en el rango infrarrojo (0,7 a 15 micras), la temperatura del cuerpo emisor.

Las termografías pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura. Una termografía puede tener aplicación en cualquier área siempre y cuando esta tenga que ver con variación de temperatura.

Beneficios de la Termografía:

- Elimina caídas de energía inesperada
- Detecta problemas rápidamente sin interrumpir el funcionamiento del equipo
- Valora las prioridades para la acción correctiva
- Minimiza el mantenimiento preventivo y el tiempo perdido en localizar los problemas
- Puede ser utilizada por compañías de seguros para cerciorarse que el equipo o las instalaciones se encuentran en estado óptimo
- Detecta equipo defectuoso mientras se encuentra bajo la garantía de fábrica.
- Previene incendios o accidentes.

Ventajas

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.

- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

3.6.3 Procedimiento de la inspección

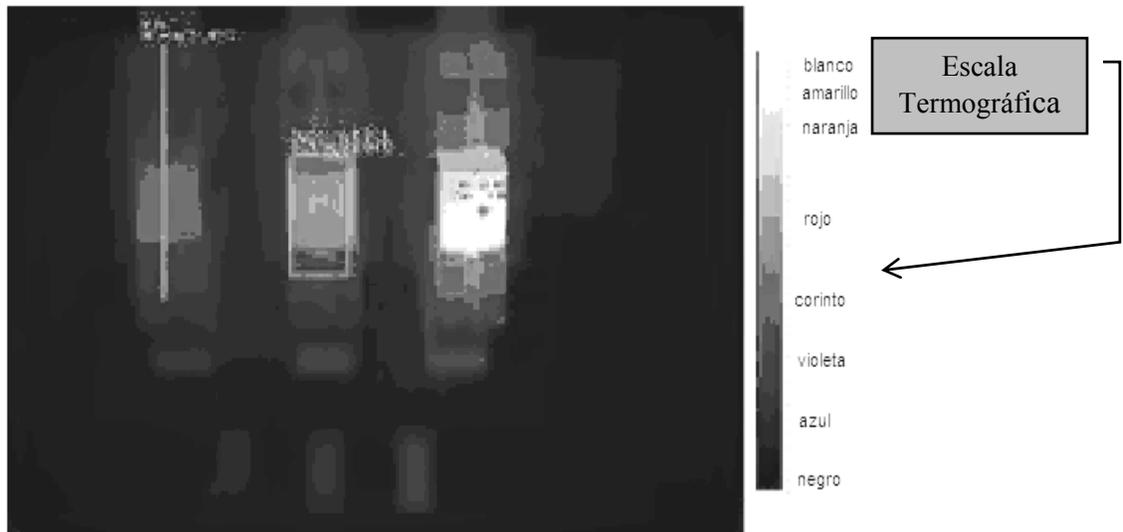
El objeto de la inspección es comprobar si los componentes de las instalaciones eléctricas, tienen un correcto comportamiento térmico, así como localizar y evaluar aquellos puntos que presenten una temperatura anormal. La inspección mediante termografía infrarroja se enfoca dentro del hotel, en panel principal y en todos los paneles secundarios de distribución, por tal motivo no sería dificultad para realizar inspecciones desde el nivel de tierra.

En la revisión de instalaciones eléctricas, la detección de puntos anómalos se efectúa, más que por valoración de las temperaturas de cada elemento, por comparación de cada uno éstos con sus homónimos. Por ejemplo, al comparar un contacto con los de otras fases que estén en condiciones similares, se observará la temperatura con respecto a los conductores de alimentación y se comprobará que la temperatura está dentro de las especificaciones del aparato.

La figura 62 muestra el comportamiento térmico de 3 fusibles utilizados como protección de un circuito en un hotel. Se observa la diferencia térmica que existe en cada una de las partes centrales de estos fusibles por medio de la brillantez que reflejan, (especialmente el ubicado al lado derecho de la imagen). Las cámaras termográficas representan la intensidad térmica de los cuerpos mediante colores. Por ejemplo, los colores negro y azul reflejan la temperatura mas baja de la imagen capturada, luego el violeta refleja un nivel de temperatura un poco mas elevada, y así sucesivamente. Mientras la temperatura aumenta entre un punto a otro dentro de una imagen, también aumenta la claridad en los colores. Negro, azul, violeta, verde oscuro, verde claro, rojo, naranja,

amarillo y blanco, son los colores utilizados para representar la escala termográfica, donde el color negro refleja la temperatura mínima, y el blanco refleja la temperatura máxima.

Figura 62. Ejemplo de termograma en fusibles



Calentamiento de fusibles

Dentro de las herramientas que poseen las cámaras termográficas está el apuntador manejado por un *joystick*, se utiliza luego de haber obtenido un termograma, con el se puede obtener información de temperatura con solo posicionarlo en cualquier punto de la imagen almacenada. El funcionamiento es relativamente práctico, el buen uso lo diferencia el operador, ya que un mal ajuste puede ocasionar que un punto a verificar se vea crítico, por ejemplo, si un punto tiene una temperatura con 60 °C esto no quiere decir que sea crítico, se debe de verificar otros puntos similares que estén bajo las mismas condiciones (como ejemplo, los fusibles de la figura 62).

Como sugerencia de calibración se debe enfocar un punto donde se tenga como lógica una temperatura normal, por ejemplo, en una subestación al intemperie, generalmente se enfoca a la graba que se encuentra expuesta al sol (generalmente alcanza los 40 grados °C, esto es según la ubicación del mismo). Con el botón de ajuste automático, se procede a almacenar la temperatura de referencia, automáticamente la

cámara (para esta temperatura) ajusta el color rojo-naranja como punto intermedio. Con esta calibración se le da seguimiento a los puntos donde el rango de color sea entre amarillo y blanco.

Si se trabaja a la intemperie, se debe de tomar en cuenta que un elemento metálico puede calentarse por estar expuesto durante un largo tiempo al sol. Además se recomienda buscar un buen ángulo para que otros objetos no estropeen el termograma. Se sugiere que después de haber tomado el termograma, con la cámara digital se proceda a fotografiar bajo las mismas circunstancias (ángulo de imagen, Zoom, etc.) que fue tomada este último, la misma imagen para exponerla en el reporte final la imagen digital junto a su respectivo termograma.

3.6.4 Criterios de aceptación

Como todo equipo sofisticado, incluye un software para la PC en el cual se pueda descargar y posteriormente editar de acuerdo a la necesidad. Al culminar con la verificación se obtienen todos los datos de interés relativos a la inspección: instalación, fecha, elemento afectado, localización del fallo, estado térmico y, en caso de encontrar algún defecto, las recomendaciones oportunas; así como otros datos técnicos cuya interpretación es la siguiente:

Valores medidos:

- Temperatura ambiente en °C.
- SP: Valor de temperatura en el punto marcado. Pueden aparecer varios puntos, o sea varios SP. Estos valores deben estar resumidos en una tabla, indicando el valor de temperatura en cada uno de los puntos.
- LI: Variaciones de temperatura a lo largo de una línea de interés trazada (esta línea de interés lo proporciona el software). Estos valores se representan en un gráfico de variación de temperatura lineal.
- AR: Valores de temperatura en un área determinada.

Asimismo, en la hoja de resultados se debe de presentar la correspondiente fotografía (en visión real) donde se ha detallado el punto defectuoso y un termograma con su escala de temperatura. De este modo queda constancia gráfica de la anomalía. Se incluye la evaluación del defecto y posibles aclaraciones o incidencias respecto al punto anómalo.

Para calificar la importancia de los puntos calientes detectados en la revisión de las instalaciones eléctricas se calculará el incremento máximo de temperatura, en ($^{\circ}\text{C}$), del punto sobre la fase sana, circulando la $I_{\text{máx.}}$ y con velocidad de viento de 1 m/seg, denominado $(T_p - T_f)_m$, estableciéndose los siguientes criterios de evaluación de la gravedad:

1. $(T_p - T_f)_m > 30^{\circ}\text{C}$: **“Intervención inmediata”**
2. $(T_p - T_f)_m = 5 \text{ a } 30^{\circ}\text{C}$: **“Programar su revisión lo antes posible”**
3. $(T_p - T_f)_m < 5^{\circ}\text{C}$: **“Seguimiento y revisión cuando sea posible”**.

3.6.5 Análisis de resultados

Con los termogramas se pueden apreciar calentamientos en conductores que alimentan maquinas de gran consumo debido a sobrecarga, en carcasa de motores, en terminales donde existan uniones a base de tornillos ya que es común encontrar calentamientos en ellos. En interruptores expuestos a acumulación de suciedad, salidas de cables en paneles por calibre inadecuado, etc., queda a disposición del operador el recorrer toda conexión donde pueda realizarse termografía.

El procedimiento termográfico en su conjunto está afectado por una diversidad de factores que alteran los resultados, por lo que los valores de temperaturas recabadas o a recabar hay que considerarlos con un margen de error del 5%.

4 PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1 Balance de cargas

Basándose en inspecciones previas y analizando el comportamiento gráfico (figura 47) de la distribución de carga es necesario realizar un dentro de sus instalaciones, para poder balancear de una manera apropiada la cantidad de corriente que circula por cada una de las fases, con esto se logra solucionar los problemas de desbalance de corriente, así como disminuir el pico de Potencia que pueda producirse. Posteriormente realizar estudios para obtener una correcta subdivisión de circuitos y lograr un adecuado balance de cargas.

4.2 Corrección del factor de potencia

Si el hotel analizado no muestra un valor aceptable para el factor de potencia (FP), según valores proyectados por el analizador de redes, se debe de instalar un banco de capacitores centralizada con regulación automática y capacidad de potencia capacitiva en kVAR, para mantener en promedio un factor de potencia de **0.95** y así evitar penalizaciones en la facturación de la energía eléctrica. Dicha capacidad de potencia es de acuerdo al consumo del hotel y valores que proyectan las mediciones eléctricas realizadas.

Es recomendable instalar el banco de capacitores al inicio de la barra de distribución del panel principal para que éste pueda proporcionar una mejor respuesta al factor de potencia.

4.3 Método de facturación

Para poder calcular el porcentaje de cobro para cada una de las derivaciones, es recomendable llevar un registro de consumo de cada uno de los medidores previamente identificados (por ejemplo en la Subestación del hotel):

- **Energía Activa (kW/h):** se debe de tomar el último registro de cada mes y restarle el del mes anterior para obtener el valor de consumo real, los datos deben de registrarse, tomando los valores de kW/h Acumulada.
- **Factor de Potencia (FP):** se debe tomar los registros de Energía Reactiva (KVAR) al mismo tiempo que se tomen los de Energía Activa (kWh). Se debe calcular el consumo de kvar de la misma manera que se calcula el consumo mensual real de kWh. El cálculo debe de realizarse para cada circuito. Al tener los datos reales de cada uno de ellos, tanto el consumo de kWh como de kvar, se debe de calcular el Factor de Potencia con la siguiente formula:

$$FP = \cos \theta$$

Donde:

$$\theta = \tan^{-1} [(KVAR) / (Kwh.)]$$

- **Potencia Máxima (Kw.):** Para la potencia máxima se puede tomar como referencia los valores que refleja la grafica de potencia activa de la figura 52.

Para calcular el porcentaje de cobro para cada uno de los circuitos, se debe de sumar cada uno de los datos recopilados para obtener un gran total y luego cada dato dividirlo dentro del gran total para saber que porcentaje de cobro le corresponde a cada circuito.

4.4 Medición de puesta a tierra

- Es recomendable realizar la medida de continuidad de la red de tierras, el objeto de esta medición es determinar si todas las tierras de la instalación están conectadas entre sí y con el conductor de sección apropiada. Las medidas de resistencia se deben de tomar con un microhmímetro, para obtener los valores de continuidad en distintos puntos de la instalación eléctrica y con los cuales se puede calcular la sección estimada del cable de tierra.
- Además, realizar medida de la resistencia de puesta a tierra, para conocer el estado general de la red de tierras de la instalación, en su totalidad.
- Las condiciones ambientales pueden deteriorar el sistema de puesta a tierra con el tiempo, por lo que se recomienda su monitoreo correspondiente para verificar su estado y cerciorarse que se tiene el valor de resistencia de puesta a tierra deseado. Asimismo, las condiciones ambientales modifican el valor de resistencia de puesta a tierra dependiendo de la estación en que ésta se mida. Por ello, se sugiere que las mediciones regulares realizadas coincidan con diferentes estaciones del año así asegurarse que se toman medidas en las condiciones desfavorables.
- Al momento de realizar la medición se debe prestar atención, entre otras cosas, a la colocación de los electrodos de prueba de modo que no se entrelacen las áreas de influencia de los mismos. De producirse un entrelazado de dichas áreas la lectura de resistencia dada por el equipo de medición no será la correcta, por lo que se debe seguir la recomendación del fabricante y los métodos estándares para la colocación de los electrodos.
- La profundidad a la que se entierren los electrodos de prueba no afecta el resultado de la medición. Se debe enfatizar que dichos electrodos hagan buen contacto con la

tierra, ya sea compactando la tierra alrededor de los mismos o incluso humedeciendo la zona.

- La presencia de objetos metálicos enterrados así como la de tendidos eléctricos, según sea el caso, afecta la medición. Por ello, se recomienda realizar varias mediciones en diferentes direcciones para el primer caso y una nueva mediciones en direcciones perpendiculares al tendido eléctrico. Así se obtendrá una mejor medición.

4.5 Corrección de puntos calientes

Si se detectaron puntos calientes por medio de termografía, se procede al mantenimiento y corrección a todos los puntos calientes encontrados dentro de las instalaciones. Como se mencionó en el capítulo 3, existen tres formas de catalogar un punto caliente, y el más crítico merece una intervención inmediata por parte de personal calificado.

4.6 Corrección del sistema de iluminación

La iluminación es el renglón que representa un mayor consumo eléctrico dentro de un hotel, dependiendo su porcentaje del tamaño del hotel, del uso principal a que se destina, y del clima de la zona donde está ubicado. Este consumo puede oscilar entre un 12% y un 18% del consumo total de energía, y alrededor de un 40% del consumo de la energía eléctrica.

Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá una repercusión importante en los costos de funcionamiento del hotel. Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 30% y el 50% en el consumo eléctrico de alumbrado,

merced a la utilización de componentes más eficaces, al empleo de sistemas de control y a la integración de la luz natural.

Además, puede haber un ahorro adicional para el hotel que tenga aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor. Por otro lado, el ahorro energético en iluminación no debe estar reñido con la calidad del servicio y los sistemas de iluminación del hotel han de proporcionar el nivel luminoso adecuado para cada actividad, creando un ambiente agradable y una buena sensación de confort.

Otro factor que determina el buen rendimiento del sistema de iluminación es el tipo de lámparas que se utilizan, es importante saber cuales son las ventajas de una con respecto a la otra. En el mercado existen muchos tipos de lampas que van desde las incandescentes pasando por las halógenas y fluorescentes.

Figura 63. Gama de estilos en lámparas de iluminación



4.6.1 Lámparas Halógenas

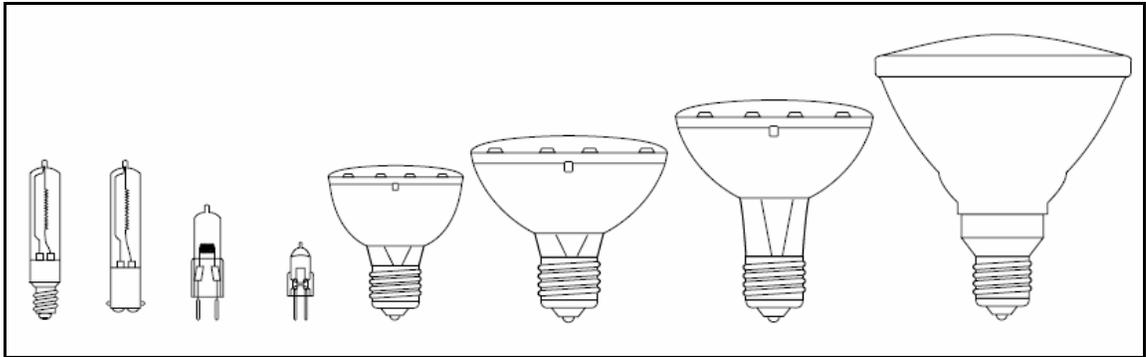
Las bombillas halógenas ofrecen una alternativa brillante a la iluminación convencional y proporcionan una luz blanca pura y nítida en las zonas dedicadas al trabajo, recreo o decoración tanto en interiores como al aire libre. Esto es debido a que las bombillas halógenas duran más y generan más luz que una bombilla convencional de la misma potencia.

Las lámparas halógenas generan un calor intenso, están presurizadas y pueden estallar lanzando fragmentos candentes si se dañan o se hace uso inadecuado de ellas. Deben protegerse para evitar el contacto con sustancias líquidas cuando se encuentren en operación, en exteriores es recomendable utilizar luminarias cerradas adecuadas para la lámpara. Hay que cerciorarse de que se encuentran lo suficientemente lejos de materiales inflamables y/o que puedan verse afectados de manera adversa por el calor.

Para un mayor rendimiento es recomendable

- operar por arriba del voltaje nominal.
- Para evitar fallas prematuras en las lámparas, se debe de revisar que el área de sellado de las mismas no esté alterada o presente algún otro tipo de daño.
- se debe de limitar la temperatura del cable conductor de energía y del sello a 662 °F (350 °C), excepto en lámparas de alta temperatura (HT).
- Es necesario mantener una temperatura mínima en las paredes del bulbo de 482 °F (250 °C), durante la operación del ciclo halógeno.

Figura 64. Lámparas halógenas



4.6.2 Lámparas compactas fluorescentes

La lámpara compacta fluorescente (CFL, por su sigla en inglés), también conocida como lámpara ahorradora de energía o lámpara de luz fría, es un tipo de lámpara fluorescente que puede ser usada con los zócalos o *sockets* estándar para bombillas o lámparas incandescentes o con luminarias pequeñas.

En comparación con las lámparas incandescentes, las CFLs tienen una vida nominal mayor y usan menos energía eléctrica para producir la misma iluminación. De hecho, las lámparas CFL ayudan a ahorrar costos en facturas de electricidad, en compensación a su alto precio dentro de las primeras 500 horas de uso.

Figura 65. Tipos de lámparas CFL



Biax o CFL Lineal



CFL Globo



CFL Reflectora



CFL Espiral

Las lámparas fluorescentes compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80%, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

En la siguiente tabla se expresa la equivalencia entre lámparas fluorescentes compactas y lámparas de incandescencia

Tabla XXII. Comparativas entre lámparas fluorescente compactas e incandescentes

EQUIVALENCIA ENTRE FLUORESCENTES COMPACTAS E INCANDESCENTES		
Lámpara Fluorescente Compacta	Lámpara Incandescencia	Ahorro Energético (%)
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

4.6.3 Lámpara incandescente

Una lámpara incandescente, llamada también lamparita, bombilla, ampolleta o foco, es un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica (por efecto Joule)

La lámpara incandescente es la de menor rendimiento luminoso de las lámparas utilizadas: 12...18 lm/W (lúmenes por vatio) y la que menor vida útil tiene, unas 1000 horas, pero es la más popular por su bajo precio y el color cálido de su luz.

Su principal ventaja reside en que ofrece muy buena reproducción de los colores (rendimiento de color), ya que al ser su espectro de emisiones continuo logra contener todas las longitudes de ondas que forman la luz visible; no obstante su eficiencia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del 15% de la energía consumida. Otro 25% será transformado en energía calórica y el 60% restante en ondas no perceptibles (Luz ultravioleta e infrarroja).

Figura 66. Lámpara incandescente



Se sabe que los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

- **Fuente de luz o lámpara:** es el elemento destinado a suministrar la energía lumínica.
- **Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.
- **Equipo auxiliar:** muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red, y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.

Estos tres elementos constituyen la base del alumbrado y de ellos va a depender esencialmente su eficiencia energética.

No en todos los lugares se tiene la misma iluminación, si fuera de esta forma los gastos serian mas elevados, el propósito como lo muestra la tabla XXIII, es tener niveles de iluminación que vaya acorde y situación del lugar. Dicha tabla es mas especifica si se quiere tener un estudio más complejo, para grandes rasgos los valores recomendados en la tabla XX capítulo tres también son apropiados.

Tabla XXIII. Listado de recomendaciones para iluminación hotelera

RECOMENDACIONES PARA ILUMINACIÓN EN HOTELES		
	iluminación (lux)	punto de medida
EXTERIOR		
vías de acceso	10 a 15	suelo
aparcamiento	3 a 5	suelo
jardín	3 a 5	suelo
fachada	25 a 100	pared
HALL		
alumbrado general	150 a 200	1 mt. del suelo
recepción	300 a 500	1 mt. del suelo
PASILLOS-ESCALERAS		
alumbrado diurno	150 a 200	1 mt del suelo
alumbrado nocturno	75 a 100	1 mt del suelo
HABITACIONES		
alumbrado general	50 a 100	suelo
cabecero cama	150 a 300	plano de lectura
BAÑOS		
iluminación general	100	Suelo
espejo	200	Rostro
BAR-RESTAURANTE		
bar	150 a 200	Mostrador
restaurante	150 a 300	Mesas
SALA DE REUNIONES-CONVENCIONES		
salones	150 a 300	Suelo
oficinas	400	Mesas

Hay que tener en cuenta que las luminarias y las paredes de los recintos se ensucian con el tiempo, por lo que la luz emitida por las lámparas decrece debido al envejecimiento. Por ello, el nivel de iluminación de la instalación de alumbrado disminuye. La falta de mantenimiento significa que la instalación no está funcionando correctamente y que el dinero está siendo malgastado. Muchas instalaciones no cuentan con el mantenimiento adecuado, ni mucho menos de forma constante, para estos casos con una simple limpieza de lámparas y luminarias puede mejorar sustancialmente el nivel de iluminación.

Mediante revisiones periódicas, es conveniente hacer una inspección en cada punto de luz, comprobando:

- Aspecto de los cables internos que interconectan los diversos componentes de equipo en el interior de las luminarias, cambiando los que presenten algún deterioro.
- Apriete de tornillos y estado de regletas y portalámparas.
- Aspecto de los elementos que componen el equipo auxiliar, efectuando mediciones para comprobar el correcto funcionamiento en caso de dudas.
- Estado de limpieza de las lámparas y luminarias, eliminando depósitos de suciedad acumulada, insectos, etc.
- Aislamiento correcto de la instalación y sus equipos.

Por último, hay que tener en cuenta que los empleados del hotel debe estar implicados en el ahorro energético. Sin su cooperación, fracasarán la mayoría de estrategias de control. Se les ha de explicar que los ahorros energéticos no se obtienen a costa de sus condiciones de iluminación.

Los sistemas de alumbrado de elevada eficiencia energética, adecuadamente diseñados e implementados, no deteriorarán el ambiente de trabajo. Es también vital suministrar a los empleados la información de los resultados que se van obteniendo con

los mecanismos de regulación y control. La falta de información traerá consigo la indiferencia y no se alcanzarán los potenciales niveles de ahorro previstos.

4.7 Corrección para el ahorro en bombeo de agua

El consumo eléctrico para el bombeo de agua puede llegar a ser una partida importante dentro del consumo energético de un hotel, sobretodo en edificios altos. Para que una instalación de bombeo funcione satisfactoriamente desde el punto de vista energético, es necesario que haya sido dimensionada correctamente.

El rendimiento de los motores de inducción, que son los que se utilizan en instalaciones de bombeo, disminuye cuando trabajan a cargas parciales, por lo que los motores excesivamente sobredimensionados trabajan permanentemente con bajos rendimientos. Por otra parte, es bastante frecuente que las instalaciones de bombeo, por necesidades de servicio, tengan que trabajar durante periodos largos de tiempo, en condiciones distintas a las de diseño.

En estas condiciones, los sistemas de bombeo tradicionales basados en sistemas de velocidad fija, sufren una disminución importante de su eficiencia energética, ya que en estos sistemas la regulación de caudal se realiza mediante válvulas de estrangulamiento, que generan un aumento de la pérdida de carga de la conducción. Por el contrario, la utilización de bombas accionadas por motores de velocidad variable permite modificar las características de funcionamiento de los sistemas de bombeo, adaptándolos a condiciones de utilización muy distintas de las especificadas en el diseño, sin que el rendimiento del sistema varíe sustancialmente.

Para poder variar la velocidad de los motores, se utilizan reguladores electrónicos, que generalmente lo que hacen es actuar sobre la tensión o sobre la

frecuencia de la corriente eléctrica alimentada al motor, siendo el sistema más utilizado la regulación de velocidad mediante variación de la frecuencia.

Figura 67. Variador de frecuencia



Debido al amplio rango de regulación que se requiere en la instalación de bombeo de un hotel, mediante la aplicación de reguladores de velocidad a los motores que accionan las bombas, se pueden conseguir ahorros de hasta el 40-50% del consumo eléctrico de los mismos. La rentabilidad de esta mejora depende del tamaño de los motores, ya que la inversión es comparativamente más elevada cuanto menor es el tamaño del motor y también depende de la curva anual de variación de caudal, por lo que se ha de analizar para cada caso.

Tabla XXIV. Ejemplo variador de velocidad en bombeo de agua

MÁQUINA A ACCIONAR	bomba de agua 7.5 Kw.
SITUACIÓN INICIAL	
<i>regulación mecánica</i>	válvula de estrangulamiento
<i>régimen medio funcionamiento</i>	70%
<i>horas de trabajo</i>	2,920 horas/año
<i>consumo eléctrico anual</i>	19,864kWh/año
<i>costo de energía eléctrica</i>	\$0.058145/kwh
<i>costo eléctrico anual</i>	1,155\$/año
SITUACIÓN CON VARIADOR	
<i>consumo energía eléctrica</i>	9,244kWh/año
<i>costo eléctrico anual</i>	537.5\$/año
AHORRO ENERGÉTICO	10,620kWh/año
% AHORRO	53.50%
AHORRO ECONÓMICO	617.5\$/año
INVERSIÓN	2460 \$
PERÍODO RETORNO SIMPLE	2.7 años

4.8 Corrección para el ahorro en cocina y lavandería

Dependiendo del tipo de hotel, la cocina estará preparada para servir únicamente desayunos o puede suministrar una cantidad importante de comidas al día. El consumo de la instalación vendrá dado por el número de raciones que se pueden confeccionar al día y el tipo de comida que se sirve. Un consumo estándar de la energía por comida preparada es de 1 a 2 Kwh. por comida.

Para los procesos de calentamiento, el uso de las tecnologías disponibles permite unos consumos energéticos controlados y mucho menores. Por ejemplo, las placas de inducción tienen un rendimiento energético dos veces superior a las placas clásicas.

El uso de hornos de convección forzada aumenta la eficiencia del intercambio térmico, y reducen por tanto el consumo energético, permitiendo una cocción más rápida y uniforme que los hornos estáticos.

4.8.1 Hornos de convección forzada

Ventajas

- Ocupan menos espacio que los hornos estáticos, a igualdad de producción.
- Proporcionan una cocción más rápida y uniforme.
- Se obtiene con ellos una excelente calidad de cocción.
- Al trabajar a temperaturas inferiores, el ensuciamiento de las paredes de los hornos es menor que en los hornos estáticos.
- Su rendimiento energético es menor que el de los hornos estáticos.

Inconvenientes

- Al funcionar con energía eléctrica, se produce un aumento de las necesidades de potencia eléctrica de la instalación, sobre todo si los hornos son de gran producción.
- El coste unitario de la energía es superior al de un horno de convección a gas.

En los hornos microondas se consigue un calentamiento más uniforme de los alimentos, y permiten cocinar ciertos alimentos con el mínimo uso de energía, con un ahorro de un 50–70% respecto de los hornos convencionales. El inconveniente de los hornos microondas es que no puede calentar alimentos a temperaturas superiores a los 100 °C y no permiten realizar ciertos tipos de cocción, como gratinado, asado, frituras, etc.

Es conveniente también conocer el tiempo necesario para calentar los equipos, de forma que no se utilicen más de 10 minutos para planchas, parrillas y hornos de

convección, ni más de 15-20 minutos para los equipos más potentes. Resulta también muy ineficiente a nivel energético el utilizar las parrillas como elemento para la calefacción de la cocina.

Por otro lado, los hoteles que disponen de lavandería tienen en esta instalación un importante punto de consumo. Un valor de referencia puede ser un consumo de 2 a 3 kWh/kg de ropa lavada. Este consumo se reparte en las operaciones de lavado, donde el agua se calienta hasta 60-80 °C, el secado, el planchado, y los consumos generales de electricidad.

El proceso de lavado ofrece muchas posibilidades de ahorro de energía: se pueden recuperar los calores residuales del agua caliente de los distintos ciclos de enjuague, así como del aire caliente extraído del proceso de secado; las máquinas deben funcionar a la carga nominal, que es donde su rendimiento energético es mayor, nunca a media carga; también se obtendrán importantes ahorros energéticos si la producción de agua caliente se realiza de forma centralizada, en lugar de realizarla en cada equipo, ya que de esta manera los rendimientos son mayores.

Si el calentamiento del agua en las lavadoras se realiza mediante energía eléctrica, se puede conseguir un importante ahorro energético sustituyendo las resistencias eléctricas, por agua caliente de una instalación de energía solar, o procedente de una planta de cogeneración, o incluso por agua caliente procedente del circuito de ACS (agua caliente sanitaria).

4.9 Corrección para el ahorro en ascensores

El consumo de energía de los ascensores es una partida relativamente pequeña dentro del consumo de energía eléctrica de un hotel. Por otra parte, la eficiencia energética de un sistema de ascensores no es generalmente un criterio determinante para

su elección. No obstante, se pueden conseguir ahorros energéticos significativos si se escoge una tecnología eficiente.

Los criterios principales para determinar el tipo y el sistema de ascensores más idóneos son:

- La velocidad de los ascensores (que dependerá del flujo de personas a transportar, y del tiempo de espera).
- La altura del edificio.
- La capacidad de transporte.
- El espacio disponible para instalar los ascensores.

Para una buena actuación desde el punto de vista energético se debe prestar atención a los siguientes puntos:

- Evitar sobredimensionar la capacidad del ascensor, porque se provocará un aumento del consumo durante las horas de baja demanda y cuando está vacío.
- Considerar cual es la mejor opción para el accionamiento (hidráulico o eléctrico).
- Cuando hay varios ascensores, se ha de estudiar la mejor solución en cuanto a número y capacidad de cada uno de los ascensores.

Para evitar el sobre-dimensionamiento del sistema, se han de analizar atentamente las necesidades, como la cantidad de personas en cada planta, la actividad que se realiza, etc. El número de ascensores dependerá tanto de la capacidad de transporte, como del intervalo probable de paradas. En general, es mejor escoger la opción de menor capacidad, y un mayor número de ascensores.

El accionamiento puede ser hidráulico o eléctrico. El accionamiento hidráulico no es habitual. La principal ventaja de esta tecnología es su reducido tamaño, que resulta interesante cuando hay poco espacio disponible, pero el consumo energético específico es muy alto, y la altura está limitada a 15 metros.

En cuanto al accionamiento eléctrico, en los modelos básicos el cable se mueve mediante motores asíncronos de corriente alterna, con uno o dos engranajes. Debido a su baja velocidad, se utilizan en edificios pequeños. La precisión de parada tampoco es muy buena y la carga máxima no es muy alta. Estos modelos se adaptan bien a edificios pequeños con poco tráfico.

Los sistemas más eficientes son los de accionamiento eléctrico, con velocidad variable de los motores mediante regulación electrónica. Con estos sistemas se consigue un ahorro energético de alrededor de un 30% y permiten también disminuir la potencia demandada debido a la disminución de los picos de potencia que se producen en el arranque.

Este sistema es tanto más ventajoso cuanto mayor es la altura del edificio. Otras ventajas de esta tecnología son menores costos de mantenimiento y un mayor confort, debido a que el arranque y la parada son más suaves.

La mayor parte del consumo de los ascensores se produce durante los arranques, debido a los elevados picos de potencia demandada, que ascienden a tres o cuatro veces el valor de la potencia nominal. Es por ello que la gestión del funcionamiento del sistema de ascensores es una buena herramienta para reducir el consumo energético del sistema. Básicamente hay tres modos de funcionamiento de los ascensores.

- Modo “taxi”: no hay ninguna regulación, el ascensor va directamente desde el piso de partida al destino final de la primera persona que lo ha llamado, sin ninguna parada. Este modo tiene muy mala eficiencia energética y prácticamente no se utiliza nunca en los edificios nuevos.
- Modo “autobús”: el ascensor para en cada piso desde dónde se ha llamado, cuando sube y cuando baja.

- Modo mixto: En una dirección, el ascensor realiza una parada en cada piso desde dónde se ha llamado, y en la otra dirección no se realiza ninguna parada. Cuando hay varios ascensores funcionando conjuntamente, es posible utilizar un sistema de control con el fin de obtener la mejor combinación de los diferentes modos de funcionamiento.

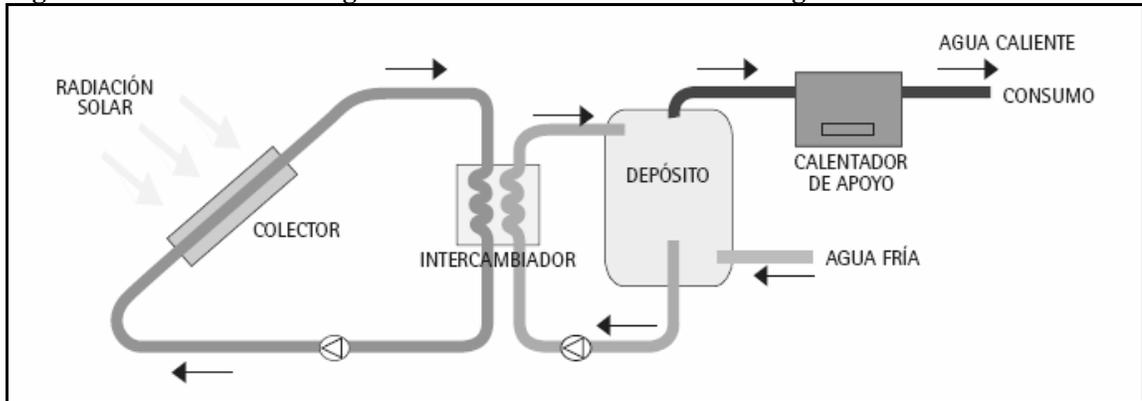
4.10 Implementación de energía solar

El uso de energía solar obedece a motivaciones no solo económicas, por cuanto reportan un ahorro económico debido al ahorro de combustible (si se utiliza), sino también a una motivación medioambiental, por cuanto permiten la sustitución de combustibles fósiles, causantes del efecto invernadero por sus emisiones de dióxido de carbono.

Una de las formas más extendidas de aprovechamiento de la energía solar consiste en la producción de agua caliente utilizando captadores solares y más concretamente la producción de agua caliente a baja temperatura, como el agua caliente sanitaria (ACS). Las instalaciones de captación solar para el calentamiento de agua se caracterizan por emplear, como elemento receptor de energía, el colector o panel solar plano, y requieren el acoplamiento de tres subsistemas principales:

- Subsistema colector: cuya finalidad es la captación de la energía solar.
- Subsistema de almacenamiento: cuya finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se solicite.
- Subsistema de distribución o consumo: cuya finalidad es trasladar a los puntos de consumo el agua caliente producida.

Figura 68. Producción de agua caliente sanitaria a base de energía solar



El aprovechamiento de la energía solar en hoteles para la producción de agua caliente sanitaria es especialmente interesante en el sector hotelero, debido a los elevados consumos que se suelen presentar, a la homogeneidad que presenta este consumo a lo largo del año, y al nivel de temperatura de consumo, que al no ser muy elevado hace que los colectores solares trabajen con unos rendimientos elevados. Por todo ello, esta es la aplicación de la energía solar térmica con menor riesgo para la inversión, y con un menor plazo de amortización.

Otra aplicación interesante de la energía solar en los hoteles es la climatización de piscinas, siendo en este caso la inversión muy inferior a la de producción de ACS, dado que el agua a utilizar requiere una temperatura inferior.

CONCLUSIONES

1. La introducción de procesos de eficiencia energética no es nuevo en Guatemala, pero la falta de costumbre o conocimiento hace que dicho proceso no sea muy utilizado y por lo tanto, desconocido para muchas personas encargadas de mejorar la economía de un hotel. Es indispensable fomentar una cultura ahorrativa mediante procesos, tal es el caso como éste, que conlleva a buenos resultados ya sea a corto o largo plazo.
2. Como todo proceso conlleva a una inversión inicial consistente en la contratación de personal altamente calificado para la intervención en estudios de planos, manejo de equipo adecuado para la medición y recabo de parámetros, análisis de los mismos, recomendaciones adicionales, etc...., hasta cierto punto para algunas personas sería un gasto innecesario, ya que optan por cambiar el sistema de alumbrado por lámparas ahorradoras pecando en pensar que con eso se ahorra lo suficiente.
3. La característica de este proceso fue abarcar todo lo existente en un sistema eléctrico, aplicando distintos criterios obtenidos durante la carrera de ingeniería eléctrica, y con el manejo de los equipos adecuados se logró forjar dicho proceso para demostrar debilidades existentes en cualquier punto de cualquier sistema eléctrico.

RECOMENDACIONES

1. Antes de tomar la decisión de un estudio energético dentro de un hotel se debe de verificar si éste ha sufrido un incremento en los últimos meses del pago, por concepto de facturación, más aun si dicho incremento no corresponde a un aumento ya sea en la carga o en actividades que ameriten el uso continuo de elementos eléctricos dentro de las instalaciones.
2. Enfocar específicamente este proceso a hoteles de grandes proporciones, ya que un alto porcentaje de sus instalaciones sufren más de alguna deficiencia energética, otro motivo sería que un estudio de esta magnitud donde se requiere de personal altamente calificado junto a equipo especial de medición resultaría un gran gasto para pequeños hoteles donde sus ingresos económicos no son considerables.
3. En la etapa de análisis para la toma de decisiones, es indispensable determinar si es fiable algún cambio físico dentro de la instalación eléctrica, ya que muchas veces la recuperación a largo plazo se contradice con el mantenimiento adicional que este amerite.
4. La apertura al riesgo en la introducción de nuevos hábitos de ahorro, especialmente a los empleados de los hoteles, requiere de una inversión adicional como lo es capacitación, material de apoyo, talleres etc...., es de suma importancia enfocar la atención en ellos, de no ser así, no se tendrían los resultados esperados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Richard C. Dorf / James A. Svodova, **Circuitos Eléctricos**, 3era. Edición, año de publicación 1993.
2. Estanislao Ramírez Ruiz, **Sistemas de puesta a tierra para edificios inteligentes**, instituto politécnico nacional Ecatepec de Morelos, julio 2003.
3. **Revista solar consejo XIII No. 56, diciembre 2005** www.anes.org
4. **Manuales de equipo CIRCUTOR**
5. **Oportunidades de ahorro de energía en sistemas de aire acondicionado en hoteles** www.conae.gob.mx
6. **Ahorro de energía en eficiencia energética** www.aven.es
7. **Eficiencia energética** www.tecnun.es
8. **Consejos para el ahorro de energía** www.acqweather.com

9. www.metrologia.com, enero 2007.
10. www.quiminet.com, enero 2007.
11. www.ruelsa.com, marzo 2007.
12. www.solomantenimiento.com, marzo 2007.
13. www.termografia.com, abril 2007.