



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

**ESTUDIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-3
DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

Hermann Alexander Sánchez Ovando

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-3
DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERMANN ALEXANDER SÁNCHEZ OVANDO

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Quijivix Racalcoj
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Vasquez
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino Gonzalez
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne 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:

ESTUDIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-3 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de agosto de 2005.

Hermann Alexander Sánchez Ovando

1.2.1.1.1	Fuentes tradicionales que generan armónicos.....	18
1.2.1.1.1.1	Transformadores	19
1.2.1.1.1.2	Máquinas rotatorias	20
1.2.1.1.1.3	Luz fluorescente	20
1.2.2	Voltajes	22
1.2.3	Corrientes	26
1.2.4	Frecuencia	30
1.2.5	Factor de Potencia	31
1.2.6	Potencias	36
1.2.6.1	Potencia real	39
1.2.6.2	Potencia reactiva	40
1.2.6.3	Potencia aparente.....	41
1.2.7	Distorsión armónica total.....	43
1.3	Redes de tierra.....	45
1.3.1	Condición actual	47
1.4	Iluminación.....	47
1.4.1	Medición de luxes	49
2	DIAGRAMAS UNIFILARES.....	51
2.1	Diagrama unifilar de la red eléctrica general.....	54
2.2	Diagrama unifilar de la red eléctrica del edificio	56

3	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
ACTUALES		59
3.1	Cálculo de conductores eléctricos	59
3.1.1	Método de cálculo por corrientes	59
3.1.2	Método de cálculo por caídas de tensión	62
3.2	Cálculo de tuberías	65
3.3	Cálculo de iluminación	68
3.3.1	Lámparas fluorescentes	68
3.3.2	Intensidad de iluminación	71
3.3.3	Superficie	72
3.3.4	Factor de mantenimiento	72
3.3.5	Coeficiente de utilización	72
3.3.6	Método de flujo luminoso por cavidad de zonas	77
3.3.7	Método de iluminación por número de luminarias	79
4	CAMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS	83
4.1	Comparación de conductores	85
4.2	Comparación de Iluminación	88
5	ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1

6	EVALUACIÓN DE INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO AL MERCADO	
MAYORISTA		VII
CONCLUSIONES		X
RECOMENDACIONES		XI
BIBLIOGRAFÍA		XII

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Mecanismo simplificado de un cortacircuitos térmico.....	29
2. Analizador de Calidad de Energía Power Pad Modelo 3945.....	32
3. Lámpara fluorescente.....	37
4. Lámparas fluorescentes (balastro electrónico).....	38
5. Voltaje de la línea 1 versus tiempo de la muestra.....	40
6. Voltaje de la línea 2 versus tiempo de la muestra.....	41
7. Voltaje entre Líneas.....	41
8. Corrientes del edificio S-3 de las líneas 1 y 2.....	44
9. Corriente de la Línea 1 versus tiempo de la muestra.....	44
10. Corriente de la Línea 2 versus tiempo de la muestra.....	45
11. Componentes activa y reactiva de la intensidad; supuestos inductivo a la izquierda y capacitivo a la derecha.....	52
12. Relación entre potencia activa, reactiva y aparente.....	55
13. Símbolos estándar para los diagramas eléctricos.....	64
14. Diagrama Unifilar de un sistema eléctrico de Potencia.....	65
15. Diagrama unifilar visto desde la entrada del Periférico.....	66
16. Diagrama unifilar visto desde la entrada de la Avenida Petapa.....	67

17. Diagrama unifilar del Tablero Principal.....	68
18. Diagrama unifilar del Tablero del Primer Nivel.....	68
19. Diagrama unifilar del Tablero del Segundo Nivel.....	69
20. Diagrama unifilar del Tablero del Tercer Nivel.....	69
21. Elementos de una Lámpara.....	81
22. Funcionamiento de una Lámpara Fluorescente.....	82
23. Relación existente entre la longitud y ancho de un ambiente con el Coeficiente de Utilización.....	86
24. Coeficiente de Utilización en función de el Factor de Mantenimiento y la Reflexión del local.....	89

TABLAS

I. Caracterización de cargas en el primer nivel.....	3
I.: Caracterización de cargas en el segundo nivel	4
III. Caracterización de cargas en el tercer nivel.....	5
IV. Tablero de distribución del primer nivel.....	6
V. Tablero de distribución del segundo nivel	7
V. Tablero de distribución del tercer nivel.....	8
VII. Características de los cables THHN	10

VIII. Tablero de distribución del primer nivel del edificio S-3.....	13
IX. Tablero de distribución del segundo nivel del edificio S-3	14
X. Tablero de distribución del tercer nivel del edificio S-3.....	15
XI. Datos de lámparas comerciales.	22
XII. Voltajes e Índice de regulación de tensión.	23
XIII. Tabla de resumen de las muestras de voltajes y regulación de tensión....	23
XV. Frecuencia tomadas por el analizador de calidad de energía.....	30
XVI. Factor de potencia tomadas por analizador de calidad de energía.....	34
XVII. Promedios de las muestras del factor de potencia.....	34
XVIII. Potencia real tomadas por el medidor de calidad de energía.	39
XIX. Potencia reactiva tomadas por el medidor de calidad de energía.....	41
XX. Potencia aparente tomadas por el medidor de calidad de energía.	42
XXI. Distorsión armónica total tomadas por el medidor de calidad de energía. 44	
XXII. Índices de distorsión armónica total calculados según las normas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.	45
XXIII. Niveles de iluminación actual en las diferentes áreas del edificio S-3	49
XXVII. Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del primer nivel	64

XXVIII. Cálculo teórico de conductores del segundo nivel	64
XXIX. Cálculo teórico de conductores del tercer nivel	65
XXX. Cálculo de los conductores que alimentan los tableros de distribución....	65
XXXI. Índices de Reflexión de acuerdo al color de la superficie.....	74

GLOSARIO

- DAT:** La Distorsión Armónica Total un parámetro técnico utilizado para definir la señal de audio que sale de un sistema.
- NSTD:** Normas Técnicas de Servicio de Distribución
- IEEE:** Corresponde a las siglas en ingles de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.
- Voltaje rms:** Las corrientes y los voltajes (cuando son alternos) se expresan de forma común con su valor efectivo o RMS (*Root Mean Square* – raíz media cuadrática).
- Un valor en RMS de una corriente es el valor, que produce la misma disipación de calor que una corriente directa de la misma magnitud.

Hertz: El hercio es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades. Proviene del apellido del físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, descubridor de la transmisión de las ondas electromagnéticas. Su símbolo es Hz (escrito sin punto como todo símbolo). En inglés se llama hertz.

Ohmio: El ohmio es la unidad de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades

Un ohmio es la dimensión que mide el valor de la resistencia eléctrica que presenta un conductor al paso de una corriente eléctrica de un Amperio, cuando la diferencia de potencial entre sus extremos es de un voltio.

Candela: La candela es la unidad básica del SI de intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y de la cual la intensidad radiada en esa dirección es $(1/683)$ watt por estereorradián.

Lux: El lux, símbolo lx, es la Unidad derivada del SI de iluminancia o nivel de iluminación. Es igual a un lumen por m^2 .

NEC *National Electric Code.*

RESUMEN

El control de calidad de una instalación eléctrica se denomina supervisión eléctrica, la cual es un proceso que debe estar presente en todas las fases de la ejecución de una obra eléctrica y, especialmente, cuando ésta ha concluido y se entrega para el servicio.

La seguridad de los usuarios de estas instalaciones y de sus bienes es el producto de un trabajo efectuado con idoneidad y ética profesional. Considerando que muchas etapas de una instalación sólo serán conocidas por quienes la ejecuten, es de vital importancia que la labor técnica sea bien realizada.

Por otro lado, los sistemas de puesta a tierra son un conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica. La función es forzar o drenar al terreno y las intensidades de corriente que se puedan originar por corto circuito, por inducción o por descarga atmosférica.

Los receptores, tanto domésticos como industriales, incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, onduladores, etc.). Éstos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consumen resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red. Este tipo de consumos son los más abundantes en las redes y en ellos, tanto la corriente como la tensión están formadas por una componente de 60Hz (frecuencia fundamental de la red) y una serie de componentes de frecuencias múltiplos en distintos porcentajes.

Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, DAT, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente fundamental.

OBJETIVOS

General:

Estudiar y analizar las instalaciones eléctricas del edificio S-3 del campus central de la Universidad San Carlos de Guatemala, con el fin de formular mejoras para poder brindar una mejor calidad de servicio.

Específicos:

1. Diagnosticar y Evaluar las instalaciones eléctricas actuales del edificio S-3 de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Realizar cálculos teóricos de los diferentes componentes que conforman las instalaciones eléctricas del edificio S-3 para que sirva de comparación con los instalados actualmente.
3. Realizar una comparación de los resultados teóricos y prácticos de las instalaciones eléctricas del Edificio S-3.
4. Determinar y presentar las soluciones a los problemas que se pudiesen encontrar al realizar el estudio.
5. Proponer un análisis completo sobre la situación en que se encuentran las instalaciones eléctricas.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años los avances tecnológicos, tanto en los equipos como en los conceptos de diseño, operación y mantenimiento en las instalaciones eléctricas, han hecho necesario que se realicen estudios para poder registrar y monitorear el funcionamiento del sistema eléctrico en el área física como en la calidad de la energía eléctrica. Por otro lado tenemos lo que son los análisis comparativos que se tiene de los diferentes cálculos teóricos y prácticos que son la base para brindar la situación en que se encuentran los edificios comerciales o industriales, y los resultados obtenidos a través de los diferentes cálculos.

Tomando en consideración la importancia que se tiene en la realización del análisis y estudio de las instalaciones eléctricas, se presenta en el capítulo 1 el diagnóstico y evaluación de las instalaciones eléctricas del edificio S-3 de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se presenta cada una de las características que presenta cada área, en función de la resistencia de aislamiento, dimensionamiento, cargas, capacidad y corriente, etc.

Como se han obtenido los diferentes datos en el diagnóstico de la situación actual, se procede a realizar los cálculos necesarios para el análisis teórico de las instalaciones eléctricas actuales tal y como se muestra en el capítulo 2 con el objetivo de poder realizar una comparación de resultados teóricos y prácticos así como se indica en el capítulo 3.

De la manera en que determinen cada uno de los análisis respectivos a cada nivel del edificio, se encontrarán áreas o puntos de mejora, para lo cual en el capítulo 5 se presenta el análisis de costo en que se incurre al solucionar algún problema encontrado así como el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión a realizarse, para eliminar dicho problema y brindar así una mejor calidad de energía eléctrica.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

Las instalaciones eléctricas interiores corresponden desde las instalaciones que se efectúan a partir de la acometida hasta los puntos de utilización.

En términos generales comprende a las acometidas, los alimentadores, subalimentadores, tableros, sub-tableros, circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, sistemas de puesta a tierra y otros.

1.1 Instalaciones

El control de calidad de una instalación eléctrica se denomina supervisión eléctrica, la cual es un proceso que debe estar presente en todas las fases de la ejecución de una obra eléctrica y, especialmente, cuando ésta ha concluido y se entrega para el servicio.

La supervisión eléctrica es una evaluación constante de la calidad y seguridad del trabajo realizado.

La seguridad de los usuarios de estas instalaciones y de sus bienes es el producto de un trabajo efectuado con idoneidad y ética profesional. Considerando que muchas etapas de una instalación sólo serán conocidas por quienes la ejecuten, es de vital importancia que la labor técnica sea bien realizada.

Toda instalación eléctrica, antes de ser puesta en servicio por el usuario, debe ser inspeccionada y sometida a diversas pruebas o ensayos, a fin de verificar que ella a sido bien realizada y cumple con los estudios y especificaciones inherentes al proyecto. Lo mismo es exigido para las extensiones y modificaciones de instalaciones existentes.

La inspección de las instalaciones, de ser visual, precede a las pruebas finales y es realizada a través de la inspección física de la instalación, esto es, recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento de cada circuito de la instalación.

La ubicación del edificio S-3 se encuentra en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual fue destinado desde su diseño a ser un edificio de aulas, enfocándose en colocar una buena iluminación y una cantidad relativamente baja de tomacorrientes, debido a que no se proyecta un crecimiento de carga ni modificación en dichas áreas, es importante tomar en cuenta que estas instalaciones no fueron diseñadas para albergar oficinas y por fortuna esta situación se mantiene actualmente.

En las instalaciones eléctricas de interiores se utilizan prácticamente solo conductores de cobre. El aluminio, de mucha aplicación en redes exteriores, tiene el problema de dificultar las conexiones y derivaciones, lo que da lugar a malos contactos. En otros países, donde se había introducido el aluminio también para instalaciones interiores, llegaron a comprobar que éste fue la causa de algunos incendios, por lo que en la actualidad generalmente se desiste de su uso.

1.1.1 Caracterización de cargas

Para analizar una instalación eléctrica es necesario que se identifiquen las cargas instaladas en el inmueble, para este caso el edificio S-3 cuenta con tres tipos de carga las cuales son:

- Iluminación
- Fuerza
- Bomba para agua

De estas tres la más importante por su cantidad en consumo de energía es la iluminación debido a que las instalaciones fueron diseñadas exclusivamente para ser aulas.

En las siguientes tablas, se puede observar la potencia instalada en lo que respecta a iluminación y fuerza en cada uno de los salones, se presenta la distribución por niveles:

Tabla I: Caracterización de cargas en el primer nivel

Salón	Iluminación carga eléctrica (Watts)	Fuerza carga eléctrica (Watts)
101	1,600	450
102	960	300
103	960	300
104	960	300
105	960	300
109	1,600	450
110	960	300
111	480	300
112	480	300
113	480	300
114	640	450

Fuente: Supervisión de campo

Tabla II: Caracterización de cargas en el segundo nivel

Salón	Iluminación carga eléctrica (Watts)	Fuerza carga eléctrica (Watts)
202	960	300
203	1,280	450
204	720	300
205	720	300
206	720	300
207	1,280	450
208	720	300
209	800	300
210	800	300
211	960	300
212	720	300
213	720	300
214	720	300
215	1,600	450
216	960	300
217	960	300
218	480	300
219	480	300
220	720	300
221	480	150

Fuente: Supervisión de campo

Tabla III: Caracterización de cargas en el tercer nivel

Salón	Iluminación carga eléctrica (Watts)	Fuerza carga eléctrica (Watts)
301	800	300
302	960	450
303	1,280	450
304	720	300
305	720	300
306	720	300
307	1,280	450
310	960	300
311	880	450
312	720	300
313	720	300
314	720	300
315	1,600	450
316	960	300
317	720	300
318	720	300
319	480	300
320	720	300
321	480	300

Fuente: Supervisión de campo

1.1.2 Conductores eléctricos

Como se mencionó anteriormente los conductores que se utilizan en la actualidad y desde hace algunos años son conductores de cobre, el cobre presenta muchas cualidades especiales que lo hacen excelente para la tarea de transportar la energía hacia su lugar de consumo, este material presenta una resistencia específica de aproximadamente $0.0175 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ (su inverso es $K=57$) a 20 grados Celsius, dependiendo su valor exacto de la pureza del mismo y del tratamiento mecánico a que ha estado sujeto durante el proceso de fabricación.

Los conductores de cobre se fabrican en forma sólida y en cables multi-hilos, el NEC exige que los conductores de calibre igual o mayor al No. 8 debe ser cables, aunque en nuestro medio se han usado alambres sólidos hasta el calibre No. 4, sin embargo, esto no es recomendable, ya que se observa cierta dificultad en el entubado de estos calibres.

Los conductores pueden ser desnudos o aislados. Los primeros se han utilizado en Guatemala como conductores neutrales, confundiendo con el de tierra, lo cual no es recomendado por el NEC. El conductor neutral de un sistema siempre debe estar aislado, distinguiéndolo con un forro color blanco. El conductor de puesta a tierra sí puede ser desnudo, o llevar un aislamiento color verde.

1.1.3 Estado actual de los conductores

Se realizó una inspección de campo a los tableros del edificio haciendo pruebas a todas las protecciones con el objetivo de identificar los lugares a los que alimenta cada circuito y el tipo de carga que sirven.

También se tabularon los calibres de los conductores de cada circuito observando que todos los retornos son de alambre de cobre desnudo calibre 12.

Las tablas a continuación muestran el resumen de lo encontrado en los tableros del edificio S-3:

Tabla IV: Tablero de distribución del primer nivel

TABLERO DE PRIMER NIVEL		
No.	Descripción	Calibre del conductor AWG
Circuito 1	Iluminación salón 111	12
Circuito 2	Iluminación salón112	12
Circuito 3	Iluminación salón 113	12
Circuito 4	Iluminación salón110	12
Circuito 5	Fuerza salón 110	12
Circuito 6	Iluminación entrada este	12
Circuito 7	Iluminación exterior	10
Circuito 8	Iluminación pasillo	10
Circuito 9	Iluminación emergencia	12
Circuito 10	Fuerza salones 114, 112, 113	10
Circuito 11	Fuerza salón 109, 111	12
Circuito 12	Iluminación 109	12
Circuito 13	Iluminación salón 114	10
Circuito 14	Bomba de agua	12
Circuito 15	Iluminación librería	12
Circuito 16	Iluminación salón 103	12
Circuito 17	Iluminación salón 101	12
Circuito 18	Iluminación salón 102	12
Circuito 19	Iluminación pasillo	10
Circuito 20	Iluminación salón 104	12
Circuito 21	Iluminación pasillo	12
Circuito 22	Iluminación salón 105	12
Circuito 23	Iluminación sotano limpieza	12
Circuito 24	Iluminación pasillo	12
Circuito 25	Fuerza salones 101, 102	12
Circuito 26	Fuerza salones 103, 104, 105	12
Circuito 27	Iluminación baños	12
Circuito 28	Iluminación exterior	10
Circuito 29	Fuerza pasillo	12

Fuente: Supervisión de campo

Tabla V: Tablero de distribución del segundo nivel

TABLERO DEL SEGUNDO NIVEL		
No.	Descripción	Calibre del conductor AWG
Circuito 1	Iluminación salón 207	12
Circuito 2	Iluminación salón 217	12
Circuito 3	Iluminación salón 204	12
Circuito 4	Iluminación salón 206	12
Circuito 5	Iluminación salón 203	12
Circuito 6	Iluminación salón 218	12
Circuito 7	Iluminación salón 213	12
Circuito 8	Iluminación salón 205	12
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	12
Circuito 10	Iluminación salón 212	12
Circuito 11	Iluminación salón 215	12
Circuito 12	Iluminación pasillo	12
Circuito 13	Fuerza salones 212, 214	8
Circuito 14	Iluminación pasillo	8
Circuito 15	Iluminación salón 219	12
Circuito 16	Fuerza salones 216, 217	12
Circuito 17	Iluminación salón 220	12
Circuito 18	Iluminación salón 221	12
Circuito 19	Iluminación salón 214	12
Circuito 20	Iluminación salón 202	12
Circuito 21	Iluminación salón 216	12
Circuito 22	Iluminación salón 211	12
Circuito 23	Iluminación gradas este	12
Circuito 24	Iluminación salón 208	12
Circuito 25	Fuerza salones 219, 220, 221	12
Circuito 26	Fuerza salones 216, 217, 218	12
Circuito 27	Fuerza salones 211	12
Circuito 28	Fuerza salón 215	12
Circuito 29	Fuerza salón 203	12
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	12
Circuito 31	Fuerza salón 213	12
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 207	12

Fuente: Supervisión de campo

Tabla VI: Tablero de distribución del tercer nivel

TABLERO DEL TERCER NIVEL		
No.	Descripción	Calibre del conductor AWG
Circuito 1	Iluminación gradas este	12
Circuito 2	Iluminación salón 317	12
Circuito 3	Iluminación salón 307	12
Circuito 4	Iluminación salón 305	12
Circuito 5	Iluminación gradas oeste	12
Circuito 6	Iluminación salón 306	12
Circuito 7	Iluminación salón 312	12
Circuito 8	Iluminación salón 311	12
Circuito 9	Iluminación salón 320	12
Circuito 10	Iluminación salón 313	12
Circuito 11	Iluminación salón 315	12
Circuito 12	Iluminación pasillo	12
Circuito 13	Fuerza salón 315	8
Circuito 14	Fuerza salones 319, 320, 321	8
Circuito 15	Fuerza salón 314	12
Circuito 16	Iluminación salón 302	12
Circuito 17	Iluminación salón 316	12
Circuito 18	Iluminación salón 304	12
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	12
Circuito 20	Iluminación salón 307	12
Circuito 21	Iluminación salón 310	12
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	12
Circuito 23	Fuerza salones 316, 317, 318	12
Circuito 24	Iluminación salón 314	12
Circuito 25	Iluminación salón 319	12
Circuito 26	Iluminación salón 321	12
Circuito 27	Iluminación baños	12
Circuito 28	Iluminación salón de catedraticos	12
Circuito 29	Fuerza salones 313, 314, 315	12
Circuito 30	Fuerza salones 302, 303	12

Fuente: Supervisión de campo

Posteriormente en el capítulo tres se determinará el calibre real que debería tener cada circuito haciendo un cálculo matemático, en base a la carga instalada y a la distancia que recorre cada conductor por las tuberías.

1.1.3.1 Capacidad, calibre y secciones de conductores eléctricos

Los conductores THHN son los más utilizados en este tipo de instalaciones de bajo voltaje, los cuales son de cobre suave recocido, sólidos o cableados, con un aislamiento termoplástico de Cloruro de Polivinilo (PVC) y protegido por una cubierta termoplástica de Nylon; diseñados para operar a un voltaje máximo de 600 voltios y una temperatura de 90°C en ambientes secos o húmedos y a 75°C en ambientes mojados. Su aislamiento de PVC no propaga la flama. La cubierta de Nylon brinda protección mecánica y resistencia a los derivados del petróleo, agentes químicos y aceites, además, brinda mayor resistencia a la abrasión, lo que permite mayor deslizamiento y facilidad de instalación.

La tabla VII se presenta algunas características de los cables THHN:

Tabla VII: Características de los cables THHN

Calibre	Área de la Sección Transversal Nominal	Número de Hilos	Diámetro Externo Total Aprox.	Capacidad de Corriente Máxima
AWG	mm ²	#	mm	A
14	2.08	7	2.81	25
12	3.31	7	3.29	30
10	5.26	7	4.15	40
8	8.37	7	5.48	55
6	13.3	7	6.44	75
4	21.15	19	8.09	95
3	26.66	19	8.8	110
2	33.63	19	9.59	130
1	42.41	19	11.04	150
1/0	53.51	19	12.05	170
2/0	67.44	19	13.17	195
3/0	85.03	19	14.43	225
4/0	107.22	19	15.85	260

Fuente: Servicios Técnicos Weidmann, marzo 1999

1.1.4 Protecciones y tableros

En un tablero eléctrico se concentran los dispositivos de protección y de maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. En el caso de instalaciones residenciales éste tablero generalmente consiste en una caja en cuyo interior se montan los interruptores automáticos respectivos.

Para lograr una instalación eléctrica segura, se debe contar con dispositivos de protección que actúen en el momento en el cual se produce una falla (cortocircuito, sobrecarga o falla de aislamiento) en algún punto del circuito. De esta forma se evita tanto el riesgo para las personas de sufrir "accidentes eléctricos", como el sobrecalentamiento de los conductores y equipos eléctricos, previniendo así algún daño en el material y posibles causas de incendio.

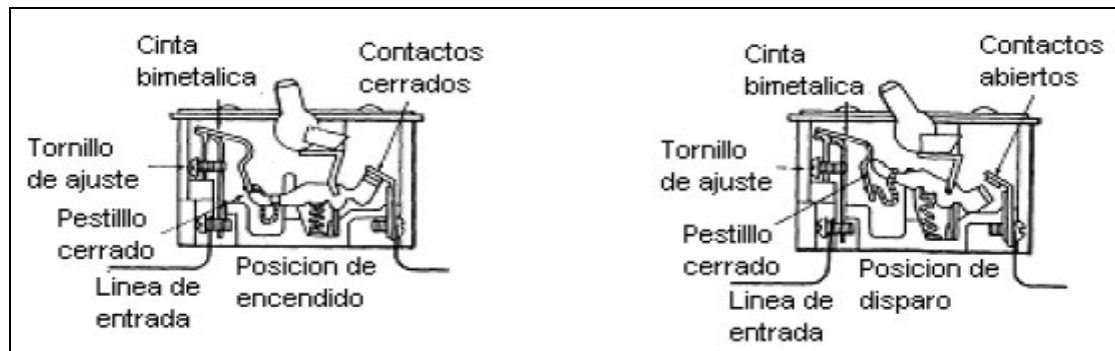
Los dispositivos de protección tienen por objeto resguardar la seguridad de la instalación y del edificio en el caso de sobre tensiones, sobre cargas y cortocircuitos, que pudieran causar incendios u otros daños. En todo circuito, la corriente máxima que pueda circular debe quedar limitada de acuerdo al diseño y capacidad de conducción de corriente de los conductores, en función de la intensidad y del tiempo, ya que el incremento de la temperatura es función de estos dos factores.

En los tableros principales y de distribución de una instalación eléctrica principalmente se utilizan los *Cortacircuitos de Caja Moldeada* que vulgarmente se les llama flipones en Guatemala.

El mecanismo de disparo puede ser solamente térmico, termo-magnético, y últimamente también electrónico.

Con el propósito de explicar el funcionamiento del cortacircuito térmico se presenta el esquema simplificado de la figura 1, ya que el mecanismo real es bastante complejo.

Figura 1: Mecanismo simplificado de un cortacircuitos térmico.



Fuente: Enrique Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas, Pág. 20.

La corriente pasa por un conductor paralelo a una cinta bimetálica, calentándola en función de la corriente al cuadrado (I^2) y el tiempo, así como a la disipación de calor del mecanismo. Al calentarse, la cinta bimetálica se encorva, empujando una palanca del mecanismo de disparo, con lo que los contactos se abren rápidamente por la acción de un resorte tensado. Al dispararse, la palanca externa queda en una posición intermedia, indicando así el disparo. Para reponer el cortacircuito, una vez pasada la sobrecorriente, primero se tiene que bajar la palanca para reponer el mecanismo de disparo, y luego subirla, para cerrar nuevamente el circuito.

1.1.4.1 Tableros principales y de distribución

Los tableros eléctricos comúnmente se conocen como un gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contienen los elementos necesarios para la distribución de la energía eléctrica a varios circuitos derivados.

El centro de carga compacto o tableros se seleccionan tomando varios criterios como:

- Tipo de servicio, ya sea monofásico o trifásico.
- Capacidad de las barras.
- Tablero principal o secundario.
- Cantidad de polos.

A continuación se describen los tableros que se encuentra instalados en las instalaciones del Edificio S-3 colocando arbitrariamente los números de los circuitos.

Tabla VIII: Tablero de Distribución del primer nivel del edificio S-3.

TABLERO DE PRIMER NIVEL			
No.	Descripción	Voltaje	Protección Amperios
Circuito 1	Iluminación 112	120	20
Circuito 2	Iluminación 112	120	20
Circuito 3	Iluminación 113	120	20
Circuito 4	Iluminación 110	120	20
Circuito 5	Fuerza salón 110	120	20
Circuito 6	Iluminación entrada este	120	20
Circuito 7	Iluminación exterior	120	30
Circuito 8	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 9	Iluminación emergencia	120	20
Circuito 10	Fuerza salones 114, 112, 113	120	20
Circuito 11	Fuerza salón 109, 111	120	15
Circuito 12	Iluminación 109	120	15
Circuito 13	Iluminación salón 114	120	30
Circuito 14	Bomba de agua	240	40
Circuito 15	Iluminación librería	120	20
Circuito 16	Iluminación salón 103	120	20
Circuito 17	Iluminación salón 101	120	20
Circuito 18	Iluminación salón 102	120	20
Circuito 19	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 20	Iluminación salón 104	120	20
Circuito 21	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 22	Iluminación salón 105	120	20
Circuito 23	Iluminación sotano limpieza	120	20
Circuito 24	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 25	Fuerza salones 101, 102	120	20
Circuito 26	Fuerza salones 103, 104, 105	120	20
Circuito 27	Iluminación baños	120	30
Circuito 28	Iluminación exterior	120	20
Circuito 29	Fuerza pasillo	120	20

Fuente: Supervisión de campo

Tabla IX: Tablero de Distribución del segundo nivel del edificio S-3

TABLERO DE SEGUNDO NIVEL			
No.	Descripción	Voltaje	Protección Amperios
Circuito 1	Iluminación salón 207	120	20
Circuito 2	Iluminación salón 217	120	20
Circuito 3	Iluminación salón 204	120	20
Circuito 4	Iluminación salón 206	120	20
Circuito 5	Iluminación salón 203	120	20
Circuito 6	Iluminación salón 218	120	20
Circuito 7	Iluminación salón 213	120	20
Circuito 8	Iluminación salón 205	120	20
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	120	20
Circuito 10	Iluminación salón 212	120	20
Circuito 11	Iluminación salón 215	120	20
Circuito 12	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 13	Fuerza salones 212, 214	120	20
Circuito 14	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 15	Iluminación salón 219	120	20
Circuito 16	Fuerza salones 216, 217	120	20
Circuito 17	Iluminación salón 220	120	20
Circuito 18	Iluminación salón 221	120	20
Circuito 19	Iluminación salón 214	120	20
Circuito 20	Iluminación salón 202	120	20
Circuito 21	Iluminación salón 216	120	20
Circuito 22	Iluminación salón 211	120	20
Circuito 23	Iluminación gradas este	120	20
Circuito 24	Iluminación salón 208	120	20
Circuito 25	Fuerza salones 219, 220, 221	120	20
Circuito 26	Fuerza salones 216, 217, 218	120	20
Circuito 27	Fuerza salones 211	120	20
Circuito 28	Fuerza salón 215	120	20
Circuito 29	Fuerza salón 203	120	20
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	120	20
Circuito 31	Fuerza salón 213	120	20
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 207	120	20

Fuente: Supervisión de campo

Tabla X: Tablero de Distribución del tercer nivel del edificio S-3

TABLERO DE TERCER NIVEL			
No.	Descripción	Voltaje	Protección Amperios
Circuito 1	Iluminación gradas este	120	20
Circuito 2	Iluminación salón 317	120	20
Circuito 3	Iluminación salón 307	120	20
Circuito 4	Iluminación salón 305	120	20
Circuito 5	Iluminación gradas oeste	120	20
Circuito 6	Iluminación salón 306	120	20
Circuito 7	Iluminación salón 312	120	20
Circuito 8	Iluminación salón 311	120	20
Circuito 9	Iluminación salón 320	120	20
Circuito 10	Iluminación salón 313	120	20
Circuito 11	Iluminación salón 315	120	20
Circuito 12	Iluminación pasillo	120	20
Circuito 13	Fuerza salón 315	120	20
Circuito 14	Fuerza salones 319, 320, 321	120	20
Circuito 15	Fuerza salón 314	120	20
Circuito 16	Iluminación salón 302	120	20
Circuito 17	Iluminación salón 316	120	20
Circuito 18	Iluminación salón 304	120	20
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	120	20
Circuito 20	Iluminación salón 307	120	20
Circuito 21	Iluminación salón 310	120	20
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	120	20
Circuito 23	Fuerza salones 316, 317, 318	120	20
Circuito 24	Iluminación salón 314	120	20
Circuito 25	Iluminación salón 319	120	20
Circuito 26	Iluminación salón 321	120	20
Circuito 27	Iluminación baños	120	20
Circuito 28	Iluminación salón de catedráticos	120	20
Circuito 29	Fuerza salones 313, 314, 315	120	20
Circuito 30	Fuerza salones 302, 303	120	20

Fuente: Supervisión de campo

1.2 Análisis de redes

Para realizar un análisis de la red eléctrica del edificio se utilizó un analizador de calidad de energía PowerPad modelo 3945 el cual es un analizador para una, dos o tres fases para bajos voltajes.

Entre sus características principales se encuentran:

- Mide voltajes “rms” de hasta 480V de fase a neutral y hasta 830V entre fases para sistemas de dos, tres o cuatro conductores.
- Mide corrientes “rms” de hasta 6500 amperes.
- Frecuencias de 50 o 60 Hz.
- Calcula el desbalance de las fases de voltaje y corriente.
- Mide los armónicos de voltaje y de corriente hasta la 50 armónica.

- Muestra en intervalos de 5 segundos hasta 2 horas.
- Calcula la potencia Real, Reactiva y Aparente.

Figura 2: Analizador de calidad de energía power pad Modelo 3945.



Fuente: Manual del Power Pad Modelo 3945

1.2.1 Armónicos

Los receptores, tanto domésticos como industriales incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, onduladores, etc.). Éstos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consumen resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red. Este tipo de consumos son los más abundantes en las redes y en ellos, tanto la corriente como la tensión están formadas por una componente de 60Hz (frecuencia fundamental de la red) y una serie de componentes de frecuencias múltiplos en distintos porcentajes. Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, DAT, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente fundamental.

En los registros puede observarse que la tensión tiende a ser senoidal, con DAT bajos, mientras que la corriente tiene formas más distintas de la senoidal y por tanto tiene DAT más altos.

El origen del problema de armónicos son los receptores que consumen corrientes distorsionadas (no senoidales). A pesar de que la tensión en origen suele ser senoidal, las caídas de tensión provocadas por dichas corrientes no senoidales hacen que en los puntos de consumo se tenga una tensión distorsionada y por tanto los usuarios conectados a la red distorsionada sufren los efectos de los usuarios que generan la distorsión de corriente.

La presencia de armónicos en la red tiene varias consecuencias. Las más importantes son las siguientes:

- a. Deterioro de la calidad de la onda de tensión, afectando a algunos receptores sensibles.
- b. Empeoramiento de factor de potencia. La capacidad de la red para suministrar potencia se ve limitada por ello.
- c. Sobrecarga de cables y sobre todo de transformadores (aumento muy significativo de las pérdidas en el hierro).

1.2.1.1 Fuentes de armónicas

Existe un gran número de dispositivos que distorsionan el estado ideal de las redes eléctricas. Algunos de ellos han existido desde la formación de los sistemas de potencia, y otros son producto de la aplicación de dispositivos de electrónica de potencia utilizados para el control moderno de las redes eléctricas. Como ejemplo se puede mencionar el convertidor de línea. Este dispositivo se utiliza tanto como rectificador (ac-dc) como inversor (dc-ac) y en aplicaciones de alta y baja potencia. Otra fuente principal de armónicas, particularmente en áreas metropolitanas, es la iluminación a base de gas (fluorescente, arco de mercurio, sodio de alta presión, etc).

1.2.1.1.1 Fuentes tradicionales que generan armónicos

Antes del desarrollo de los convertidores estáticos, la distribución armónica se asociaba con el diseño y la operación de máquinas eléctricas y transformadores. De hecho la principal fuente de armónicas en esos días era la corriente de magnetización de los transformadores de potencia.

Los transformadores y máquinas rotatorias modernas bajo operación en estado estable no ocasionan por sí mismas distorsión significativa en la red. Sin embargo, durante disturbios transitorios y cuando operan en rangos fuera de su estado normal, entonces pueden incrementar su contenido en forma considerable. Otras dos cargas lineales que conviene considerar debido a su contribución armónica son los hornos de arco y la luz fluorescente.

1.2.1.1.1 Transformadores

En un núcleo ideal sin pérdidas por histéresis, el flujo magnético y la corriente de magnetización necesaria para producirlo están relacionadas entre sí mediante la curva de magnetización del acero utilizado en las laminaciones. Aún en estas condiciones, si graficamos la corriente de magnetización vs. el tiempo para cada valor de flujo, la forma de onda dista mucho de ser senoidal.

Cuando se incluye el efecto de histéresis, esta corriente magnetizante no senoidal no es simétrica con respecto a su valor máximo. La distorsión que se observa se debe a las armónicas triples (3a., 9a., 12a., etc.), pero principalmente a la 3a. Por lo que para mantener una alimentación de voltaje necesario proporcionar una trayectoria para estas armónicas triples, lo que generalmente se logra con el uso de devanados conectados en delta.

Las armónicas debidas a la corriente de magnetización se elevan a sus niveles máximos en las horas de la madrugada, cuando el sistema tiene muy poca carga y el nivel de tensión es alto.

Al des-energizar un transformador, es posible que tenga flujo magnético residual en el núcleo. Cuando se re-energiza la unidad, la densidad de flujo puede alcanzar niveles de pico de hasta tres veces el flujo de operación normal.

Esto puede llevar al núcleo del transformador a niveles extremos de saturación y producir amperes-vuelta excesivos en el núcleo.

Este efecto da lugar a corrientes de magnetización de 5 a 10 p.u. de la corriente nominal (comparada con la corriente de magnetización nominal de apenas el 1% ó 2% de la corriente nominal).

El decremento de esta corriente con el tiempo es función principalmente de la resistencia del devanado primario. Para transformadores muy grandes, esta corriente puede permanecer por muchos segundos, debido a su baja resistencia.

1.2.1.1.1.2 Máquinas rotatorias

Si tomamos el devanado trifásico de una máquina rotatoria suponiendo un entrehierro constante y la ausencia de saturación del acero, en un análisis de Fourier de la distribución de las fuerzas magnetomotrices (f.m.m.'s) se observa que la f.m.m. fundamental es una onda viajera moviéndose en la dirección positiva, las armónicas triples están ausentes; y la quinta armónica es una onda viajera en la dirección negativa, la 7a. armónica viaja en la dirección positiva, etc.

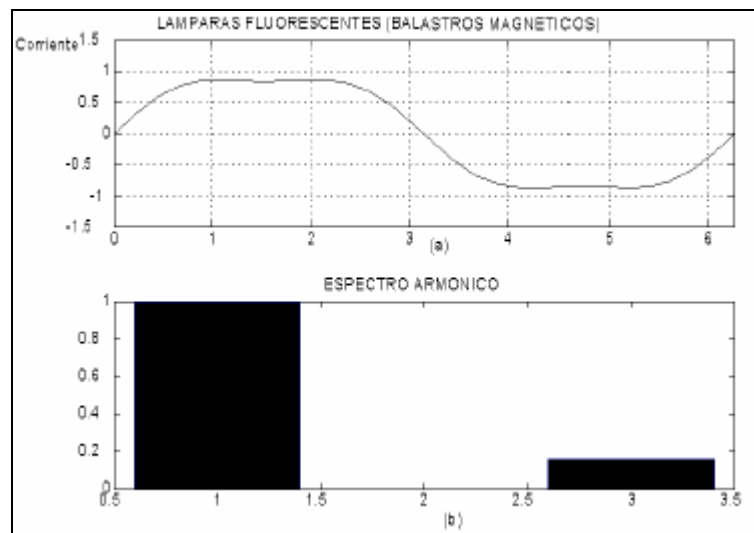
Como resultado del contenido armónico de la distribución de la f.m.m. se producen armónicas en el tiempo que son dependientes de la velocidad. Estas armónicas inducen una f.e.m. (fuerza electromotriz) en el estator a una frecuencia igual al cociente de la velocidad entre la longitud de onda.

1.2.1.1.1.3 Luz fluorescente

Los tubos de la luz fluorescente son altamente no-lineales y dan lugar a corrientes armónicas impares de magnitud importante. En una carga trifásica de 4 hilos, las armónicas triples básicamente se suman en el neutro, siendo la 3a. armónica la más dominante, en la figura 3 muestra el espectro típico de una lámpara fluorescente con balastro magnético.

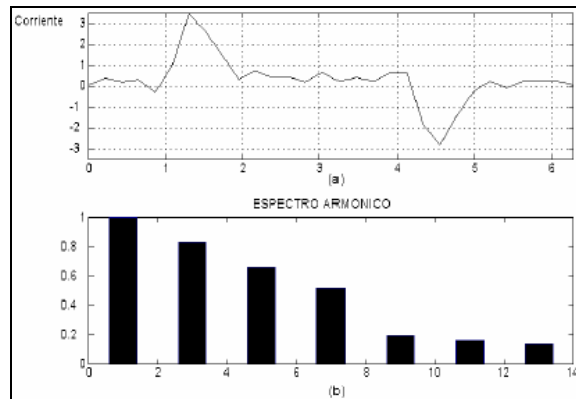
Los circuitos de iluminación involucran frecuentemente grandes distancias y tienen muy poca diversidad de carga. Con capacitores individuales para corrección de factor de potencia, el circuito complejo LC se puede aproximar a una condición de resonancia en la 3a. armónica. Una solución para eliminar esto es aumentar la reactancia del neutro y aislar el punto de la estrella en el capacitor (banco flotante) o conectarlo en delta. Los bancos de capacitores se deben situar adyacentes a las otras cargas y no instalarlos como compensación individual de las lámparas.

Figura 3: Lámpara fluorescente, a) forma de onda típica de corriente b) espectro armónico.



Las lámparas fluorescentes son otro tipo de carga que genera armónicas, estas armónicas son generadas por el efecto de los balastos y los dispositivos no lineales y electrónicos que utilizan para su funcionamiento. La siguiente figura muestra la forma de onda y el espectro típico de la corriente para lámparas de este tipo.

Figura 4: Lámparas fluorescentes (balastro electrónico) a) Corriente. b) Espectro armónico.



La tabla XIV muestra algunas características de algunas lámparas comerciales.

Tabla XI: Datos de lámparas comerciales.

Tipo de Lámpara	Factor de Potencia	% DAT	Precio (Quetzales)
Phillips 23 W (Electronic choke)	0.6	113.6	126
Phillips 23 W (Reactor type choke)	0.6	12.7	63
B&Q 9W (Electronic Choke)	0.5	141.5	53
Ring 9W (Electronic choke)	0.5	153	105
Omega 60W (Tungsten)	1	2.5	25

1.2.2 Voltajes

Para garantizar un suministro con unos límites de calidad de onda y con unas pérdidas aceptables, la distorsión de tensión debe limitarse a ciertos valores dados por Normas NTSD de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Tabla XII: Voltajes e Índice de regulación de tensión.

Índice de Regulación de Tensión										Índice de Regulación de					
No. de muestra	Hora de la Medida	Vrms L1	Vrms L2	Urms	Linea 1	Linea 2	Urms	No. de muestra	Hora de la Medida	Vrms L1	Vrms L2	Urms	Linea 1	Linea 2	Urms
1	10:05:00 a.m.	119.5	119.4	239 V	0.42%	0.50%	0.42%	31	03:05:00 p.m.	121.2	120.7	241.9 V	1.00%	0.58%	0.79%
2	10:15:00 a.m.	118.9	118.9	237.8 V	0.92%	0.92%	0.92%	32	03:15:00 p.m.	121.4	120.9	242.3 V	1.17%	0.75%	0.96%
3	10:25:00 a.m.	119.2	119.2	238.4 V	0.67%	0.67%	0.67%	33	03:25:00 p.m.	121.3	120.9	242.2 V	1.08%	0.75%	0.92%
4	10:35:00 a.m.	118.3	118.2	236.5 V	1.42%	1.50%	1.46%	34	03:35:00 p.m.	121	120.7	241.8 V	0.83%	0.58%	0.75%
5	10:45:00 a.m.	118.1	118	236.2 V	1.58%	1.67%	1.58%	35	03:45:00 p.m.	121.3	120.9	242.2 V	1.08%	0.75%	0.92%
6	10:55:00 a.m.	118.8	118.8	237.6 V	1.00%	1.00%	1.00%	36	03:55:00 p.m.	121.3	120.9	242.2 V	1.08%	0.75%	0.92%
7	11:05:00 a.m.	118.8	118.8	237.7 V	1.00%	1.00%	0.96%	37	04:05:00 p.m.	121.6	121.2	242.9 V	1.33%	1.00%	1.21%
8	11:15:00 a.m.	119.6	119.6	239.3 V	0.33%	0.33%	0.29%	38	04:15:00 p.m.	121.6	121.1	242.8 V	1.33%	0.92%	1.17%
9	11:25:00 a.m.	119.5	119.4	239 V	0.42%	0.50%	0.42%	39	04:25:00 p.m.	122.2	121.2	243.4 V	1.83%	1.00%	1.42%
10	11:35:00 a.m.	120.1	119.9	240.1 V	0.08%	0.08%	0.04%	40	04:35:00 p.m.	121.9	121.1	243.1 V	1.58%	0.92%	1.29%
11	11:45:00 a.m.	119.8	119.6	239.5 V	0.17%	0.33%	0.21%	41	04:45:00 p.m.	121.5	121	242.5 V	1.25%	0.83%	1.04%
12	11:55:00 a.m.	121.5	121.2	242.8 V	1.25%	1.00%	1.17%	42	04:55:00 p.m.	120.8	120.7	241.6 V	0.67%	0.58%	0.67%
13	12:05:00 p.m.	122.7	122.3	245 V	2.25%	1.92%	2.08%	43	05:05:00 p.m.	120.9	121.1	242.1 V	0.75%	0.92%	0.87%
14	12:15:00 p.m.	122.5	122.2	244.7 V	2.08%	1.83%	1.96%	44	05:15:00 p.m.	120.2	120.1	240.4 V	0.17%	0.08%	0.17%
15	12:25:00 p.m.	121.5	121.2	242.8 V	1.25%	1.00%	1.17%	45	05:25:00 p.m.	119.7	119.8	239.5 V	0.25%	0.17%	0.21%
16	12:35:00 p.m.	121.9	121.7	243.6 V	1.58%	1.42%	1.50%	46	05:35:00 p.m.	118.9	119	238 V	0.92%	0.83%	0.83%
17	12:45:00 p.m.	121.5	121.2	242.7 V	1.25%	1.00%	1.13%	47	05:45:00 p.m.	119.1	118.7	237.9 V	0.75%	1.08%	0.87%
18	12:55:00 p.m.	121.1	120.8	241.9 V	0.92%	0.67%	0.79%	48	05:55:00 p.m.	119.3	118.7	238 V	0.58%	1.08%	0.83%
19	01:05:00 p.m.	121	120.7	241.7 V	0.83%	0.58%	0.71%	49	06:05:00 p.m.	119.3	118.9	238.2 V	0.58%	0.92%	0.75%
20	01:15:00 p.m.	121.1	120.9	242.1 V	0.92%	0.75%	0.75%	50	06:15:00 p.m.	119.7	119.4	239.2 V	0.25%	0.50%	0.33%
21	01:25:00 p.m.	121.1	121.3	242.4 V	0.92%	1.08%	1.00%	51	06:25:00 p.m.	119.9	119.7	239.7 V	0.08%	0.25%	0.13%
22	01:35:00 p.m.	120.8	121.2	242.1 V	0.67%	1.00%	0.87%	52	06:35:00 p.m.	121	120.9	241.9 V	0.83%	0.75%	0.79%
23	01:45:00 p.m.	121	121.2	242.2 V	0.83%	1.00%	0.92%	53	06:45:00 p.m.	121.3	121.2	242.5 V	1.08%	1.00%	1.04%
24	01:55:00 p.m.	121.5	121.6	243.2 V	1.25%	1.33%	1.33%	54	06:55:00 p.m.	121.6	121.3	242.9 V	1.33%	1.08%	1.21%
25	02:05:00 p.m.	121.2	121	242.3 V	1.00%	0.83%	0.96%	55	07:05:00 p.m.	120.9	120.8	241.8 V	0.75%	0.67%	0.75%
26	02:15:00 p.m.	120.9	120.5	241.4 V	0.75%	0.42%	0.58%	56	07:15:00 p.m.	119.8	119.7	239.5 V	0.17%	0.25%	0.21%
27	02:25:00 p.m.	120.8	120.4	241.3 V	0.67%	0.33%	0.54%	57	07:25:00 p.m.	119	119	238 V	0.83%	0.83%	0.83%
28	02:35:00 p.m.	120.9	120.4	241.4 V	0.75%	0.33%	0.58%	58	07:35:00 p.m.	119.6	119.6	239.3 V	0.33%	0.33%	0.29%
29	02:45:00 p.m.	121	120.6	241.7 V	0.83%	0.50%	0.71%	59	07:45:00 p.m.	119.6	119.6	239.2 V	0.33%	0.33%	0.33%
30	02:55:00 p.m.	121.1	120.8	242 V	0.92%	0.67%	0.83%	60	07:55:00 p.m.	119.9	119.7	239.7 V	0.08%	0.25%	0.13%

Índice de Regulación de Tensión										Índice de Regulación de					
No. de muestra	Hora de la Medida	Vrms L1	Vrms L2	Urms	Linea 1	Linea 2	Urms	No. de muestra	Hora de la Medida	Vrms L1	Vrms L2	Urms	Linea 1	Linea 2	Urms
61	08:05:00 p.m.	120.2	119.9	240.1 V	0.17%	0.08%	0.04%	91	01:05:00 a.m.	124.2	123.7	247.9 V	3.50%	3.08%	3.29%
62	08:15:00 p.m.	120.4	120	240.5 V	0.33%	0.00%	0.21%	92	01:15:00 a.m.	124.1	123.6	247.7 V	3.42%	3.00%	3.21%
63	08:25:00 p.m.	120.9	120.3	241.3 V	0.75%	0.25%	0.54%	93	01:25:00 a.m.	124.3	123.8	248.2 V	3.58%	3.17%	3.42%
64	08:35:00 p.m.	121.7	120.9	242.6 V	1.42%	0.75%	1.08%	94	01:35:00 a.m.	124.2	123.8	248.1 V	3.50%	3.17%	3.38%
65	08:45:00 p.m.	122.4	122.1	244.5 V	2.00%	1.75%	1.88%	95	01:45:00 a.m.	124.2	123.7	248 V	3.50%	3.08%	3.33%
66	08:55:00 p.m.	122.6	122.4	245.1 V	2.17%	2.00%	2.13%	96	01:55:00 a.m.	124.2	123.7	247.9 V	3.50%	3.08%	3.29%
67	09:05:00 p.m.	122.7	122.4	245.1 V	2.25%	2.00%	2.13%	97	02:05:00 a.m.	124.1	123.6	247.8 V	3.42%	3.00%	3.25%
68	09:15:00 p.m.	122.7	122.4	245.1 V	2.25%	2.00%	2.13%	98	02:15:00 a.m.	124.2	123.7	247.9 V	3.50%	3.08%	3.29%
69	09:25:00 p.m.	122.7	122.3	245.1 V	2.25%	1.92%	2.13%	99	02:25:00 a.m.	123.8	123.4	247.3 V	3.17%	2.83%	3.04%
70	09:35:00 p.m.	122.3	121.9	244.2 V	1.92%	1.58%	1.75%	100	02:35:00 a.m.	123.5	123	246.5 V	2.92%	2.50%	2.71%
71	09:45:00 p.m.	122.8	122.4	245.3 V	2.33%	2.00%	2.21%	101	02:45:00 a.m.	123.5	123	246.5 V	2.92%	2.50%	2.71%
72	09:55:00 p.m.	123.1	122.7	245.8 V	2.58%	2.25%	2.42%	102	02:55:00 a.m.	123.5	123.1	246.7 V	2.92%	2.58%	2.79%
73	10:05:00 p.m.	123	122.6	245.7 V	2.50%	2.17%	2.38%	103	03:05:00 a.m.	123.8	123.3	247.1 V	3.17%	2.75%	2.96%
74	10:15:00 p.m.	123.5	123.1	246.6 V	2.92%	2.58%	2.75%	104	03:15:00 a.m.	123.9	123.4	247.4 V	3.25%	2.83%	3.08%
75	10:25:00 p.m.	123.6	123.1	246.8 V	3.00%	2.58%	2.83%	105	03:25:00 a.m.	123.9	123.5	247.4 V	3.25%	2.92%	3.08%
76	10:35:00 p.m.	123.8	123.3	247.1 V	3.17%	2.75%	2.96%	106	03:35:00 a.m.	123.9	123.5	247.4 V	3.25%	2.92%	3.08%
77	10:45:00 p.m.	123.7	123.2	247 V	3.08%	2.67%	2.92%	107	03:45:00 a.m.	123.8	123.3	247.2 V	3.17%	2.75%	3.00%
78	10:55:00 p.m.	124.1	123.6	247.7 V	3.42%	3.00%	3.21%	108	03:55:00 a.m.	123.9	123.5	247.4 V	3.25%	2.92%	3.08%
79	11:05:00 p.m.	124	123.6	247.7 V	3.33%	3.00%	3.21%								
80	11:15:00 p.m.	124	123.5	247.6 V	3.33%	2.92%	3.17%								
81	11:25:00 p.m.	124.4	123.9	248.4 V	3.67%	3.25%	3.50%								
82	11:35:00 p.m.	124.2	123.8	248 V	3.50%	3.17%	3.33%								
83	11:45:00 p.m.	124.1	123.7	247.9 V	3.42%	3.08%	3.29%								
84	11:55:00 p.m.	124.1	123.7	247.9 V	3.42%	3.08%	3.29%								
85	12:05:00 a.m.	124.1	123.6	247.7 V	3.42%	3.00%	3.21%								
86	12:15:00 a.m.	123.7	123.3	247.1 V	3.08%	2.75%	2.96%								
87	12:25:00 a.m.	123.8	123.3	247.2 V	3.17%	2.75%	3.00%								
88	12:35:00 a.m.	123.9	123.5	247.4 V	3.25%	2.92%	3.08%								
89	12:45:00 a.m.	124	123.5	247.5 V	3.33%	2.92%	3.13%								
90	12:55:00 a.m.	124.1	123.6	247.7 V	3.42%	3.00%	3.21%								

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

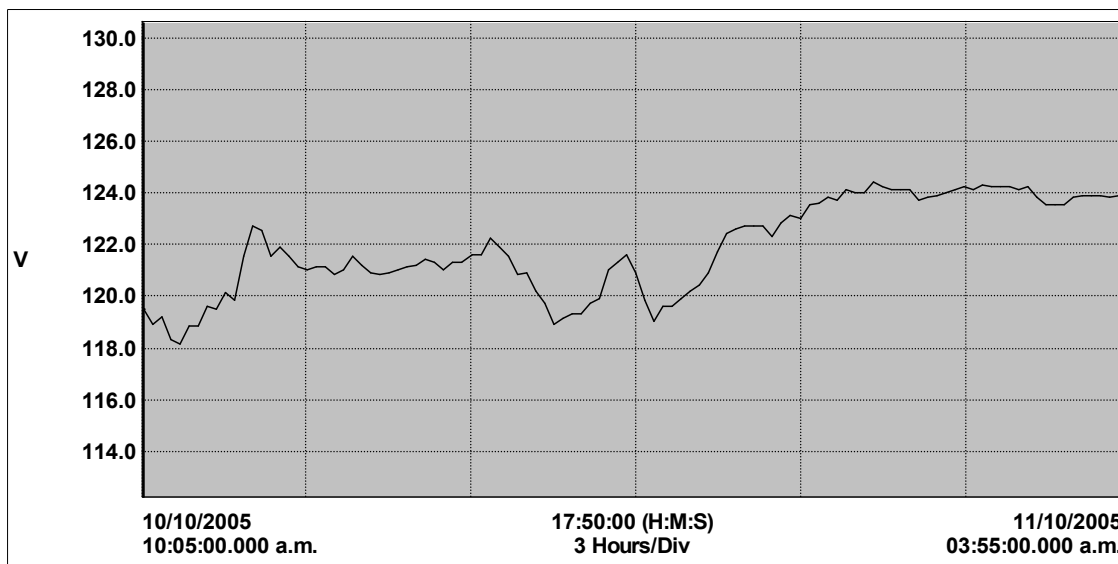
Tabla XIII: Tabla de resumen de las muestras de voltajes y regulación de tensión.

LINEA	Total de Mediciones	Intervalos fuera de norma	% de muestras fuera de norma
-------	---------------------	---------------------------	------------------------------

Línea 1 (120V)	108	0	0%
Línea 2 (120)	108	0	0%
Entre Líneas (240)	108	0	0%

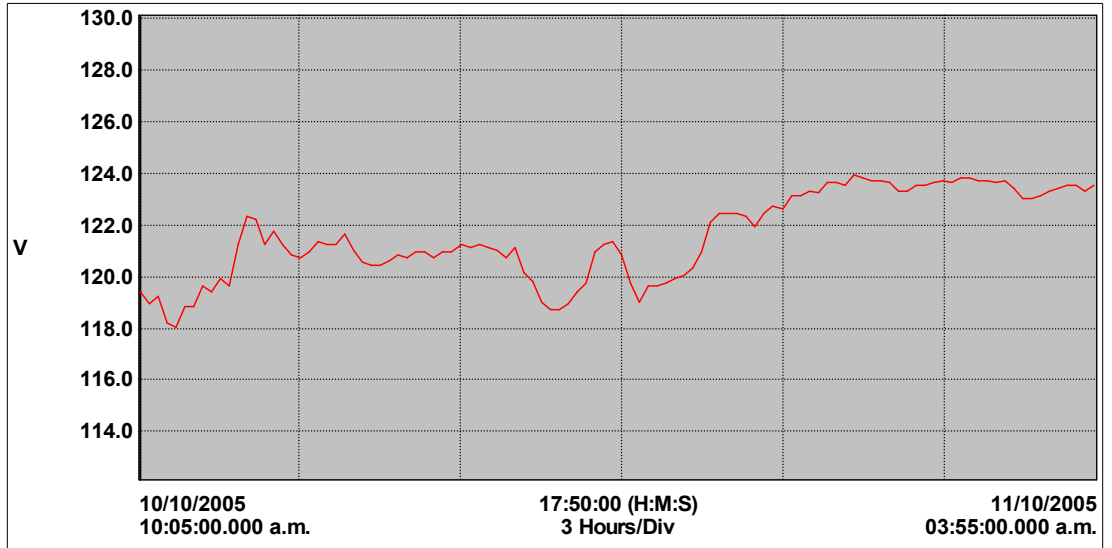
Según las NTSD para un período de medición cualquiera en el cual la instalación tenga más de 13 meses de antigüedad se aceptará un porcentaje de hasta el ocho por ciento para servicios Urbanos y de Baja Tensión, tomando en cuenta que, se considera que la energía es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento del correspondiente al total del Período de Medición, las mediciones muestran que la Regulación de Tensión ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

Figura 5: Voltaje de la línea uno versus tiempo de la muestra.



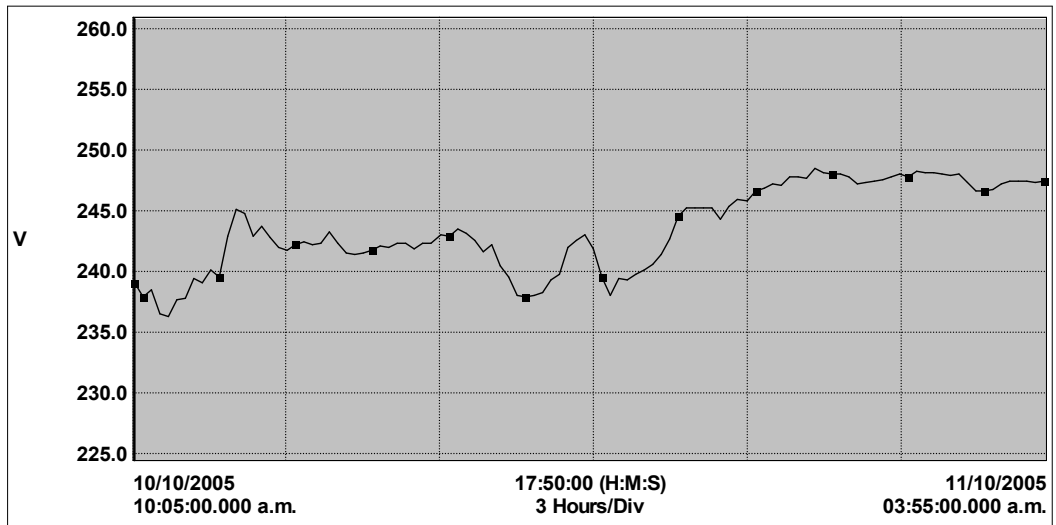
Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

Figura 6: Voltaje de la línea dos versus tiempo de la muestra.



Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

Figura 7: Voltaje entre líneas



Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

Las tres graficas anteriores muestran no más que el comportamiento del voltaje en función de el tiempo tomado en un día normal, como se explico anteriormente se puede ver que las variaciones de voltaje no son significativas para causar algún tipo de daño al equipo instalado en el edificio y ni siquiera transgrede los parámetros de las normas establecidas en Guatemala.

1.2.3 Corrientes

La corriente eléctrica se definió inicialmente como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo. Sin embargo, posteriormente se vio que en sólidos metálicos, como los cables, las cargas positivas no se mueven y solamente lo hacen las negativas, esto es los electrones, los cuales fluyen en sentido contrario al convencional, si bien este no es el caso en la mayor parte de los conductores no metálicos.

Por lo tanto la corriente es el flujo de electrones en movimiento que pasa del cuerpo negativo al positivo, es decir que es el movimiento de la electricidad a lo largo del conductor y su unidad es el Amper (A).

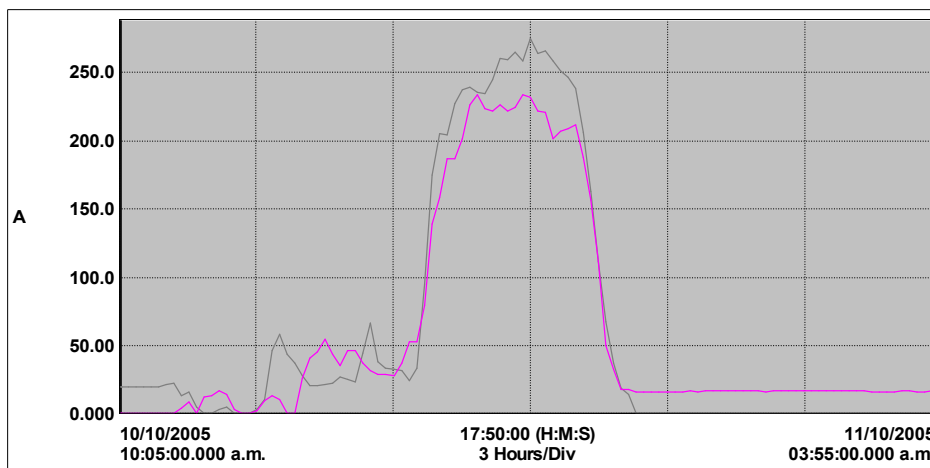
Tabla XIV: Muestras de corriente tomadas por el analizador de calidad de energía.

No. De muestra	Hora de la Medida	Arms L1	Arms L2	No. De muestra	Hora de la Medida	Arms L1	Arms L2
1	10:05:00 a.m.	19.2	0 A	31	03:05:00 p.m.	24.6	46 A
2	10:15:00 a.m.	19	0 A	32	03:15:00 p.m.	22.6	45.9 A
3	10:25:00 a.m.	19.1	0 A	33	03:25:00 p.m.	44.3	36.9 A
4	10:35:00 a.m.	18.9	0 A	34	03:35:00 p.m.	66.4	31.1 A
5	10:45:00 a.m.	19	0 A	35	03:45:00 p.m.	38.1	28.3 A
6	10:55:00 a.m.	19	0 A	36	03:55:00 p.m.	33.4	28.7 A
7	11:05:00 a.m.	20.8	0 A	37	04:05:00 p.m.	32.1	27.3 A
8	11:15:00 a.m.	21.9	0 A	38	04:15:00 p.m.	31.4	36.9 A
9	11:25:00 a.m.	13.2	3.9 A	39	04:25:00 p.m.	24	52 A
10	11:35:00 a.m.	15.5	8.5 A	40	04:35:00 p.m.	32.9	52.4 A
11	11:45:00 a.m.	4.7	0 A	41	04:45:00 p.m.	95	79.1 A
12	11:55:00 a.m.	0	12.1 A	42	04:55:00 p.m.	174.5	138.6 A
13	12:05:00 p.m.	0	13.2 A	43	05:05:00 p.m.	204.6	157.8 A
14	12:15:00 p.m.	3.2	16.7 A	44	05:15:00 p.m.	204.2	186.7 A
15	12:25:00 p.m.	4.6	14 A	45	05:25:00 p.m.	227.1	186.6 A
16	12:35:00 p.m.	0	2.4 A	46	05:35:00 p.m.	237.2	201.7 A
17	12:45:00 p.m.	0	0 A	47	05:45:00 p.m.	239.1	225.7 A
18	12:55:00 p.m.	0	0 A	48	05:55:00 p.m.	234.8	233 A
19	01:05:00 p.m.	3.2	2.2 A	49	06:05:00 p.m.	234.6	223 A
20	01:15:00 p.m.	10.4	8.8 A	50	06:15:00 p.m.	244.4	221.7 A
21	01:25:00 p.m.	46.1	13.2 A	51	06:25:00 p.m.	260.4	225.9 A
22	01:35:00 p.m.	57.9	9.8 A	52	06:35:00 p.m.	258.9	221.4 A
23	01:45:00 p.m.	42.8	0 A	53	06:45:00 p.m.	264.8	224.6 A
24	01:55:00 p.m.	36.8	0 A	54	06:55:00 p.m.	258.6	233.3 A
25	02:05:00 p.m.	27.3	25.9 A	55	07:05:00 p.m.	274.8	231.3 A
26	02:15:00 p.m.	20	40.6 A	56	07:15:00 p.m.	263.7	221.8 A
27	02:25:00 p.m.	19.9	44.8 A	57	07:25:00 p.m.	265.8	220.6 A
28	02:35:00 p.m.	20.7	54.6 A	58	07:35:00 p.m.	258.2	201.5 A
29	02:45:00 p.m.	21.9	43.5 A	59	07:45:00 p.m.	250.5	207.2 A
30	02:55:00 p.m.	26.8	35.2 A	60	07:55:00 p.m.	246.3	209 A
No. De muestra	Hora de la Medida	Arms L1	Arms L2	No. De muestra	Hora de la Medida	Arms L1	Arms L2
61	08:05:00 p.m.	238.3	211.5 A	91	01:05:00 a.m.	0	16.2 A
62	08:15:00 p.m.	205.4	187.4 A	92	01:15:00 a.m.	0	16.1 A
63	08:25:00 p.m.	162.3	156.4 A	93	01:25:00 a.m.	0	16.2 A
64	08:35:00 p.m.	110.9	111.3 A	94	01:35:00 a.m.	0	16.2 A
65	08:45:00 p.m.	67.4	49.4 A	95	01:45:00 a.m.	0	16.2 A
66	08:55:00 p.m.	36.9	32.5 A	96	01:55:00 a.m.	0	16.2 A
67	09:05:00 p.m.	18.6	17.1 A	97	02:05:00 a.m.	0	16.2 A
68	09:15:00 p.m.	13.7	17.6 A	98	02:15:00 a.m.	0	16.2 A
69	09:25:00 p.m.	0	15.5 A	99	02:25:00 a.m.	0	16.1 A
70	09:35:00 p.m.	0	15.4 A	100	02:35:00 a.m.	0	15.9 A
71	09:45:00 p.m.	0	15.5 A	101	02:45:00 a.m.	0	15.9 A
72	09:55:00 p.m.	0	15.7 A	102	02:55:00 a.m.	0	16 A
73	10:05:00 p.m.	0	15.8 A	103	03:05:00 a.m.	0	16 A
74	10:15:00 p.m.	0	15.9 A	104	03:15:00 a.m.	0	16.1 A
75	10:25:00 p.m.	0	16 A	105	03:25:00 a.m.	0	16.1 A
76	10:35:00 p.m.	0	16.1 A	106	03:35:00 a.m.	0	16 A
77	10:45:00 p.m.	0	16 A	107	03:45:00 a.m.	0	16 A
78	10:55:00 p.m.	0	16.2 A	108	03:55:00 a.m.	0	16.1 A
79	11:05:00 p.m.	0	16.1 A				
80	11:15:00 p.m.	0	16.1 A				
81	11:25:00 p.m.	0	16.2 A				
82	11:35:00 p.m.	0	16.2 A				
83	11:45:00 p.m.	0	16.2 A				
84	11:55:00 p.m.	0	16.1 A				
85	12:05:00 a.m.	0	16.1 A				
86	12:15:00 a.m.	0	16 A				
87	12:25:00 a.m.	0	16.1 A				
88	12:35:00 a.m.	0	16.1 A				
89	12:45:00 a.m.	0	16.1 A				
90	12:55:00 a.m.	0	16.1 A				

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

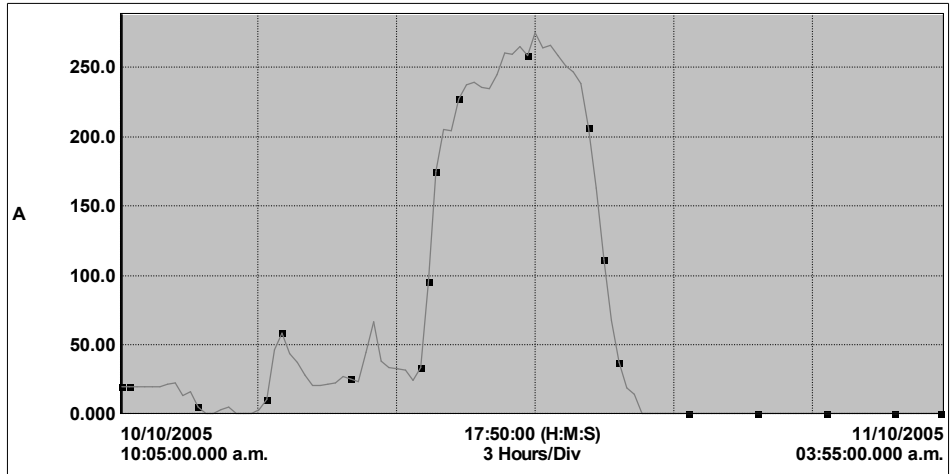
Se observa en la Figura 14, que las corrientes están bien balanceadas en todo el tiempo en el que se tomó la muestra, alcanzando su pico máximo en la Línea 1 a las 7:05 p.m. con un valor de 274.8 A y la Línea dos a las 6:55 p.m. con un valor de 233.3 A el cual corresponde a la hora que mayor cantidad de potencia se está demandado.

Figura 8: Corrientes del edificio S-3 de las líneas uno y dos.



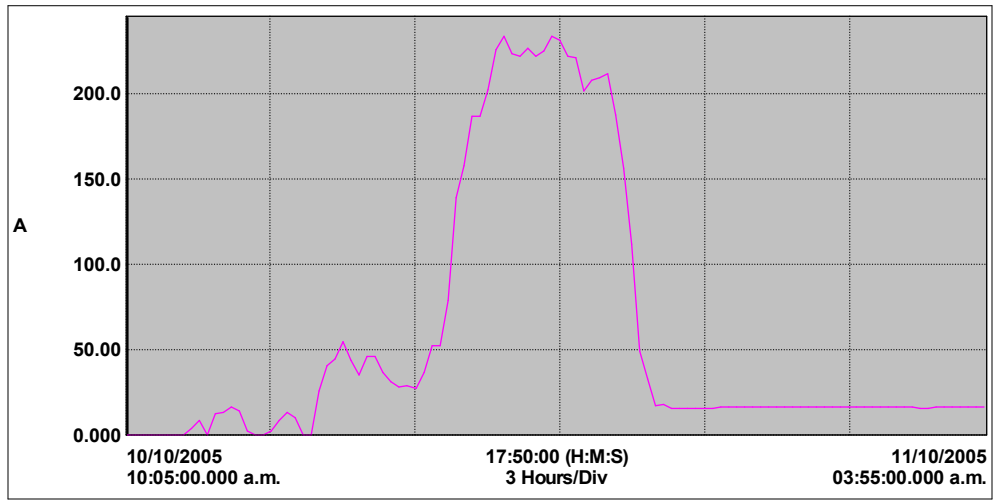
Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

Figura 9: Corriente de la Línea uno versus tiempo de la muestra.



Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

Figura 10: Corriente de la Línea 2 versus tiempo de la muestra.



Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad.

1.2.4 Frecuencia

La frecuencia esta relacionada con la longitud de onda. De hecho, la velocidad de propagación se define como el producto de la longitud de onda por la frecuencia. Lo que significa que a longitudes de onda más pequeñas mayor frecuencia y viceversa.

La frecuencia entonces es el número de veces que la señal alterna se repite en un segundo y su unidad de medida es el hertz (Hz).

Tabla XV: Muestras de frecuencia tomadas por el analizador de calidad de energía.

No. de Muestra	Hora de la Medida	Frecuencia	No. de Muestra	Hora de la Medida	Frecuencia	No. de Muestra	Hora de la Medida	Frecuencia
1	10:05:00 a.m.	59.9 Hz	37	04:05:00 p.m.	60.0 Hz	73	10:05:00 p.m.	60.0 Hz
2	10:15:00 a.m.	59.8 Hz	38	04:15:00 p.m.	60.0 Hz	74	10:15:00 p.m.	60.1 Hz
3	10:25:00 a.m.	60.1 Hz	39	04:25:00 p.m.	60.1 Hz	75	10:25:00 p.m.	60.0 Hz
4	10:35:00 a.m.	59.9 Hz	40	04:35:00 p.m.	60.0 Hz	76	10:35:00 p.m.	60.0 Hz
5	10:45:00 a.m.	60.0 Hz	41	04:45:00 p.m.	59.9 Hz	77	10:45:00 p.m.	59.9 Hz
6	10:55:00 a.m.	60.1 Hz	42	04:55:00 p.m.	60.0 Hz	78	10:55:00 p.m.	60.0 Hz
7	11:05:00 a.m.	59.9 Hz	43	05:05:00 p.m.	60.2 Hz	79	11:05:00 p.m.	60.1 Hz
8	11:15:00 a.m.	59.9 Hz	44	05:15:00 p.m.	60.1 Hz	80	11:15:00 p.m.	60.2 Hz
9	11:25:00 a.m.	60.0 Hz	45	05:25:00 p.m.	59.9 Hz	81	11:25:00 p.m.	60.2 Hz
10	11:35:00 a.m.	60.1 Hz	46	05:35:00 p.m.	59.8 Hz	82	11:35:00 p.m.	60.2 Hz
11	11:45:00 a.m.	59.9 Hz	47	05:45:00 p.m.	60.2 Hz	83	11:45:00 p.m.	60.0 Hz
12	11:55:00 a.m.	60.2 Hz	48	05:55:00 p.m.	60.0 Hz	84	11:55:00 p.m.	60.0 Hz
13	12:05:00 p.m.	60.3 Hz	49	06:05:00 p.m.	59.7 Hz	85	12:05:00 a.m.	60.2 Hz
14	12:15:00 p.m.	60.0 Hz	50	06:15:00 p.m.	59.8 Hz	86	12:15:00 a.m.	60.1 Hz
15	12:25:00 p.m.	59.9 Hz	51	06:25:00 p.m.	60.0 Hz	87	12:25:00 a.m.	59.9 Hz
16	12:35:00 p.m.	60.1 Hz	52	06:35:00 p.m.	60.1 Hz	88	12:35:00 a.m.	60.0 Hz
17	12:45:00 p.m.	60.0 Hz	53	06:45:00 p.m.	60.2 Hz	89	12:45:00 a.m.	60.0 Hz
18	12:55:00 p.m.	59.9 Hz	54	06:55:00 p.m.	60.3 Hz	90	12:55:00 a.m.	60.0 Hz
19	01:05:00 p.m.	59.9 Hz	55	07:05:00 p.m.	60.5 Hz	91	01:05:00 a.m.	60.1 Hz
20	01:15:00 p.m.	60.0 Hz	56	07:15:00 p.m.	60.1 Hz	92	01:15:00 a.m.	60.0 Hz
21	01:25:00 p.m.	60.1 Hz	57	07:25:00 p.m.	59.8 Hz	93	01:25:00 a.m.	60.1 Hz
22	01:35:00 p.m.	60.1 Hz	58	07:35:00 p.m.	60.1 Hz	94	01:35:00 a.m.	60.1 Hz
23	01:45:00 p.m.	60.0 Hz	59	07:45:00 p.m.	59.9 Hz	95	01:45:00 a.m.	60.0 Hz
24	01:55:00 p.m.	60.0 Hz	60	07:55:00 p.m.	60.1 Hz	96	01:55:00 a.m.	60.0 Hz
25	02:05:00 p.m.	60.0 Hz	61	08:05:00 p.m.	60.1 Hz	97	02:05:00 a.m.	60.0 Hz
26	02:15:00 p.m.	59.9 Hz	62	08:15:00 p.m.	60.0 Hz	98	02:15:00 a.m.	60.0 Hz
27	02:25:00 p.m.	60.0 Hz	63	08:25:00 p.m.	60.0 Hz	99	02:25:00 a.m.	60.1 Hz
28	02:35:00 p.m.	60.1 Hz	64	08:35:00 p.m.	60.1 Hz	100	02:35:00 a.m.	60.1 Hz
29	02:45:00 p.m.	60.1 Hz	65	08:45:00 p.m.	60.1 Hz	101	02:45:00 a.m.	60.0 Hz
30	02:55:00 p.m.	60.2 Hz	66	08:55:00 p.m.	60.1 Hz	102	02:55:00 a.m.	59.9 Hz
31	03:05:00 p.m.	60.0 Hz	67	09:05:00 p.m.	60.1 Hz	103	03:05:00 a.m.	60.0 Hz
32	03:15:00 p.m.	60.0 Hz	68	09:15:00 p.m.	60.1 Hz	104	03:15:00 a.m.	60.0 Hz
33	03:25:00 p.m.	59.9 Hz	69	09:25:00 p.m.	60.1 Hz	105	03:25:00 a.m.	60.0 Hz
34	03:35:00 p.m.	59.9 Hz	70	09:35:00 p.m.	60.1 Hz	106	03:35:00 a.m.	60.0 Hz
35	03:45:00 p.m.	60.0 Hz	71	09:45:00 p.m.	60.1 Hz	107	03:45:00 a.m.	60.0 Hz
36	03:55:00 p.m.	59.9 Hz	72	09:55:00 p.m.	60.2 Hz	108	03:55:00 a.m.	60.0 Hz

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

En las mediciones anteriormente mostradas se obtiene un promedio de 60.02 Hz. lo cual se puede tomar como una buena regulación de frecuencia.

Esto podría interpretarse como un buen calificativo para la empresa distribuidora, debido a que esta frecuencia representa lo que ésta empresa está proporcionando a sus consumidores.

1.2.5 Factor de Potencia

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica.

Por ejemplo, si el Factor de Potencia es 0,90 (*valor mínimo exigido por la NTSD para usuarios con potencias mayores a los 11 kW*) indica que del total de la energía abastecida por la Distribuidora sólo el 90 % de la energía es utilizada por el Cliente, mientras que el 10 % restante es energía que se desaprovecha.

En los artefactos tales como lámparas incandescentes (focos), planchas y estufas eléctricas, toda la energía que requieren para su funcionamiento se transforma en energía lumínica o energía calórica, en estos casos el Factor de Potencia toma valor 1 (100 % energía activa).

En otros artefactos, tales como lavadoras, congeladores, equipos de aire acondicionado, ventiladores y todos aquellos que poseen un motor para su funcionamiento, como también los tubos fluorescentes, entre otros, una parte de la energía se transforma en energía mecánica, frío, luz o movimiento (energía activa), y la parte restante requiere otro tipo de energía, llamada **energía reactiva**, que es necesaria para su propio funcionamiento. En estos casos, el Factor de Potencia toma valores menores a 1.

Resumiendo, la energía que se transforma en trabajo, se la denomina **ENERGÍA ACTIVA**, mientras que la usada por el artefacto eléctrico para su propio funcionamiento, se la llama **ENERGÍA REACTIVA**.

En caso que el Factor de Potencia sea inferior a 0.95, implica que los artefactos tienen elevados consumos de energía reactiva respecto a la energía activa, produciéndose una circulación excesiva de corriente eléctrica en sus instalaciones y en las redes de la Empresa Distribuidora, y sus efectos son:

- Provoca daños por efecto de sobrecargas saturándolas.
- Aumentan las pérdidas por recalentamiento.
- Aumenta la potencia aparente entregada por el transformador para igual potencia activa utilizada.

Además, produce alteraciones en las regulaciones de la calidad técnica del suministro (variaciones de tensión), con lo cual *empeora el rendimiento y funcionamiento de los artefactos y quita capacidad suficiente de respuesta de los controles de seguridad como interruptores, fusibles, etc.*

Se realizaron mediciones del Factor de Potencia en las instalaciones, debido a que la carga instalada es específicamente iluminación, utilizando únicamente lámparas fluorescentes para éste propósito, los resultados son los siguientes:

Tabla XVI: Muestras de Factor de Potencia tomadas por analizador de calidad de energía.

No. de Muestra	Hora de la Medida	Factor de potencia Linea 1	Factor de potencia Linea 2	No. de Muestra	Hora de la Medida	Factor de potencia Linea 1	Factor de potencia Linea 2	No. de Muestra	Hora de la Medida	Factor de potencia Linea 1	Factor de potencia Linea 2
1	10:05:00 a.m.	0.988	0	37	04:05:00 p.m.	0.98	0.774	73	10:05:00 p.m.	0	0.735
2	10:15:00 a.m.	0.988	0	38	04:15:00 p.m.	0.98	0.755	74	10:15:00 p.m.	0	0.734
3	10:25:00 a.m.	0.988	0	39	04:25:00 p.m.	0.976	0.709	75	10:25:00 p.m.	0	0.733
4	10:35:00 a.m.	0.988	0	40	04:35:00 p.m.	0.963	0.71	76	10:35:00 p.m.	0	0.733
5	10:45:00 a.m.	0.988	0	41	04:45:00 p.m.	0.96	0.771	77	10:45:00 p.m.	0	0.733
6	10:55:00 a.m.	0.988	0	42	04:55:00 p.m.	0.929	0.877	78	10:55:00 p.m.	0	0.732
7	11:05:00 a.m.	0.987	0	43	05:05:00 p.m.	0.919	0.876	79	11:05:00 p.m.	0	0.733
8	11:15:00 a.m.	0.985	0	44	05:15:00 p.m.	0.921	0.911	80	11:15:00 p.m.	0	0.733
9	11:25:00 a.m.	0.926	0.296	45	05:25:00 p.m.	0.923	0.906	81	11:25:00 p.m.	0	0.732
10	11:35:00 a.m.	0.982	0.806	46	05:35:00 p.m.	0.928	0.918	82	11:35:00 p.m.	0	0.733
11	11:45:00 a.m.	0.309	0	47	05:45:00 p.m.	0.93	0.918	83	11:45:00 p.m.	0	0.733
12	11:55:00 a.m.	0	0.885	48	05:55:00 p.m.	0.929	0.915	84	11:55:00 p.m.	0	0.733
13	12:05:00 p.m.	0	0.99	49	06:05:00 p.m.	0.93	0.904	85	12:05:00 a.m.	0	0.734
14	12:15:00 p.m.	0.272	0.995	50	06:15:00 p.m.	0.937	0.904	86	12:15:00 a.m.	0	0.734
15	12:25:00 p.m.	0.386	0.993	51	06:25:00 p.m.	0.941	0.907	87	12:25:00 a.m.	0	0.734
16	12:35:00 p.m.	0	0.186	52	06:35:00 p.m.	0.939	0.901	88	12:35:00 a.m.	0	0.733
17	12:45:00 p.m.	0	0	53	06:45:00 p.m.	0.938	0.899	89	12:45:00 a.m.	0	0.733
18	12:55:00 p.m.	0	0	54	06:55:00 p.m.	0.935	0.908	90	12:55:00 a.m.	0	0.733
19	01:05:00 p.m.	0.129	0.119	55	07:05:00 p.m.	0.944	0.909	91	01:05:00 a.m.	0	0.733
20	01:15:00 p.m.	0.479	0.492	56	07:15:00 p.m.	0.941	0.905	92	01:15:00 a.m.	0	0.733
21	01:25:00 p.m.	0.924	0.856	57	07:25:00 p.m.	0.943	0.911	93	01:25:00 a.m.	0	0.733
22	01:35:00 p.m.	0.932	0.705	58	07:35:00 p.m.	0.949	0.896	94	01:35:00 a.m.	0	0.733
23	01:45:00 p.m.	0.976	0	59	07:45:00 p.m.	0.943	0.898	95	01:45:00 a.m.	0	0.733
24	01:55:00 p.m.	0.98	0	60	07:55:00 p.m.	0.943	0.904	96	01:55:00 a.m.	0	0.733
25	02:05:00 p.m.	0.978	0.916	61	08:05:00 p.m.	0.94	0.901	97	02:05:00 a.m.	0	0.733
26	02:15:00 p.m.	0.973	0.979	62	08:15:00 p.m.	0.935	0.889	98	02:15:00 a.m.	0	0.733
27	02:25:00 p.m.	0.96	0.982	63	08:25:00 p.m.	0.931	0.84	99	02:25:00 a.m.	0	0.734
28	02:35:00 p.m.	0.968	0.982	64	08:35:00 p.m.	0.934	0.731	100	02:35:00 a.m.	0	0.735
29	02:45:00 p.m.	0.91	0.982	65	08:45:00 p.m.	0.946	0.763	101	02:45:00 a.m.	0	0.735
30	02:55:00 p.m.	0.978	0.98	66	08:55:00 p.m.	0.924	0.761	102	02:55:00 a.m.	0	0.735
31	03:05:00 p.m.	0.978	0.982	67	09:05:00 p.m.	0.984	0.776	103	03:05:00 a.m.	0	0.734
32	03:15:00 p.m.	0.977	0.977	68	09:15:00 p.m.	0.75	0.738	104	03:15:00 a.m.	0	0.734
33	03:25:00 p.m.	0.981	0.86	69	09:25:00 p.m.	0	0.738	105	03:25:00 a.m.	0	0.734
34	03:35:00 p.m.	0.985	0.811	70	09:35:00 p.m.	0	0.739	106	03:35:00 a.m.	0	0.734
35	03:45:00 p.m.	0.981	0.791	71	09:45:00 p.m.	0	0.738	107	03:45:00 a.m.	0	0.735
36	03:55:00 p.m.	0.98	0.796	72	09:55:00 p.m.	0	0.736	108	03:55:00 a.m.	0	0.734

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

Para realizar el promedio de la tabla siguiente se tomó sólo los valores significativos y entre ellos sólo los datos en los cuales la corriente de esa misma línea toma un valor apreciablemente alto debido a que el analizador de calidad de energía Power Pad Modelo 3945 no es muy preciso a bajas corrientes, es por eso que se tubo que despreciar algunos datos de las muestras y los resultados son los siguientes:

Tabla XVII: Promedios de las muestras del Factor de Potencia.

Promedio	
Linea 1	Linea 2
0.90	0.79

1.2.6 Potencias

Cuando se trata de corriente continua (CC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales, es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es,

$$P = I \cdot V$$

donde I es el valor instantáneo de la corriente y V es el valor instantáneo del voltaje. Si I se expresa en amperios y V en voltios, P estará expresada en vatios.

Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para I , V y P .

Cuando se trata de corriente alterna (CA) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, la diferencia de potencial entre los terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

Supongamos que un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que aplicamos una tensión $v(t)$ de pulsación ω y valor de pico V_o :

$$v(t) = V_o \cdot \text{sen}(\omega t)$$

Esto provocará una corriente $i(t)$ retrasada en un ángulo ϕ respecto de la tensión aplicada:

$$i(t) = I_o \cdot \text{sen}(\omega t - \phi)$$

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

$$p(t) = V_o \cdot I_o \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot \text{sen}(\omega t - \phi)$$

Mediante trigonometría, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_o \cdot I_o \cdot [\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)]/2$$

Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

$$p(t) = V_o \cdot I_o \cdot \cos(\phi) - V \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \phi)$$

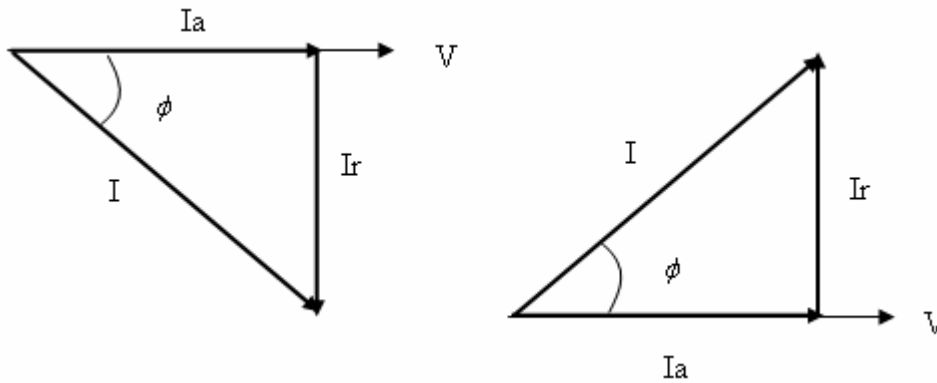
Se obtiene así para la potencia un valor constante, $V \cdot I \cdot \cos(\phi)$ y otra variable con el tiempo, $V \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \phi)$. Al primer valor se le denomina potencia activa y al segundo potencia fluctuante.

Consideremos un circuito de C. A. en el que la corriente y la tensión tienen un desfase ϕ . Se define componente activa de la intensidad, I_a , a la componente de ésta que está en fase con la tensión, y componente reactiva, I_r , a la que está en cuadratura con ella (véase Figura 17). Sus valores son:

$$I_a = I \cdot \cos(\phi)$$

$$I_r = I \cdot \sin(\phi)$$

Figura 11: Componentes activa y reactiva de la intensidad; supuestos inductivo a la izquierda y capacitivo a la derecha.



Fuente: www.es.wikipedia.org

El producto de la intensidad, I , y las de sus componentes activa, I_a , y reactiva, I_r , por la tensión, V , da como resultado las potencias: aparente (S), activa o real (P) y reactiva (Q), respectivamente:

$$S = I \cdot V$$

$$P = I \cdot V \cos \phi$$

$$Q = I \cdot V \sin \phi$$

1.2.6.1 Potencia real

Es la potencia en la cual el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es ésta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra P y se mide en vatios (W). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi = I \cdot Z \cdot I \cdot \cos \phi = I^2 \cdot Z \cdot \cos \phi = I^2 \cdot R$$

Resultado que indica que la potencia activa se obtiene de acuerdo a los elementos resistivos.

Tabla XVIII: Muestras de la Potencia Real tomadas por el medidor de calidad de energía.

Hora de la Medida	W1 (W)	W2 (W)	Suma W (W)	Hora de la Medida	W1 (W)	W2 (W)	Suma W (W)	Hora de la Medida	W1 (W)	W2 (W)	Suma W (W)
10:05:00 a.m.	2270	0	2269	04:05:00 p.m.	3835	2571	6407	10:05:00 p.m.	0	1427	1427
10:15:00 a.m.	2241	0	2240	04:15:00 p.m.	3758	3338	7096	10:15:00 p.m.	0	1443	1443
10:25:00 a.m.	2259	0	2259	04:25:00 p.m.	2867	4480	7345	10:25:00 p.m.	0	1447	1446
10:35:00 a.m.	2218	0	2217	04:35:00 p.m.	3867	4515	8382	10:35:00 p.m.	0	1456	1455
10:45:00 a.m.	2222	0	2221	04:45:00 p.m.	11116	7566	18682	10:45:00 p.m.	0	1455	1453
10:55:00 a.m.	2242	0	2241	04:55:00 p.m.	19514	14667	34180	10:55:00 p.m.	0	1469	1467
11:05:00 a.m.	2453	0	2453	05:05:00 p.m.	22760	16772	39534	11:05:00 p.m.	0	1466	1465
11:15:00 a.m.	2585	0	2583	05:15:00 p.m.	22644	20458	43101	11:15:00 p.m.	0	1463	1462
11:25:00 a.m.	1547	449	1996	05:25:00 p.m.	25101	20275	45376	11:25:00 p.m.	0	1477	1476
11:35:00 a.m.	1839	1000	2840	05:35:00 p.m.	26190	22053	48243	11:35:00 p.m.	0	1470	1469
11:45:00 a.m.	566	0	565	05:45:00 p.m.	26519	24621	51139	11:45:00 p.m.	0	1472	1470
11:55:00 a.m.	0	1456	1455	05:55:00 p.m.	26041	25330	51371	11:55:00 p.m.	0	1469	1469
12:05:00 p.m.	0	1600	1600	06:05:00 p.m.	26063	23985	50049	12:05:00 a.m.	0	1461	1460
12:15:00 p.m.	396	2037	2433	06:15:00 p.m.	27450	23944	51395	12:15:00 a.m.	0	1453	1453
12:25:00 p.m.	557	1692	2248	06:25:00 p.m.	29416	24566	53982	12:25:00 a.m.	0	1459	1458
12:35:00 p.m.	0	293	291	06:35:00 p.m.	29466	24126	53592	12:35:00 a.m.	0	1463	1462
12:45:00 p.m.	0	0	0	06:45:00 p.m.	30160	24488	54649	12:45:00 a.m.	0	1465	1464
12:55:00 p.m.	0	0	0	06:55:00 p.m.	29449	25723	55172	12:55:00 a.m.	0	1467	1467
01:05:00 p.m.	287	266	553	07:05:00 p.m.	31403	25423	56826	01:05:00 a.m.	0	1471	1470
01:15:00 p.m.	1196	1001	2198	07:15:00 p.m.	29767	24039	53806	01:15:00 a.m.	0	1467	1465
01:25:00 p.m.	5155	1383	6540	07:25:00 p.m.	29844	23923	53768	01:25:00 a.m.	0	1473	1472
01:35:00 p.m.	6531	979	7509	07:35:00 p.m.	29333	21622	50954	01:35:00 a.m.	0	1474	1472
01:45:00 p.m.	5060	0	5059	07:45:00 p.m.	28295	22270	50563	01:45:00 a.m.	0	1474	1474
01:55:00 p.m.	4392	0	4391	07:55:00 p.m.	27895	22638	50532	01:55:00 a.m.	0	1473	1472
02:05:00 p.m.	3245	3044	6288	08:05:00 p.m.	26932	22879	49812	02:05:00 a.m.	0	1470	1469
02:15:00 p.m.	2357	4802	7161	08:15:00 p.m.	23143	20015	43157	02:15:00 a.m.	0	1473	1470
02:25:00 p.m.	2316	5306	7623	08:25:00 p.m.	18283	15879	34161	02:25:00 a.m.	0	1460	1458
02:35:00 p.m.	2422	6473	8894	08:35:00 p.m.	12641	9898	22539	02:35:00 a.m.	0	1443	1443
02:45:00 p.m.	2593	5162	7755	08:45:00 p.m.	7768	4452	12219	02:45:00 a.m.	0	1445	1444
02:55:00 p.m.	3185	4180	7365	08:55:00 p.m.	4200	3031	7230	02:55:00 a.m.	0	1449	1448
03:05:00 p.m.	2922	5461	8382	09:05:00 p.m.	2244	1643	3888	03:05:00 a.m.	0	1456	1455
03:15:00 p.m.	2684	5430	8115	09:15:00 p.m.	1665	1581	3244	03:15:00 a.m.	0	1461	1460
03:25:00 p.m.	5282	3863	9144	09:25:00 p.m.	0	1407	1406	03:25:00 a.m.	0	1461	1460
03:35:00 p.m.	7925	3051	10975	09:35:00 p.m.	0	1390	1389	03:35:00 a.m.	0	1459	1458
03:45:00 p.m.	4540	2718	7258	09:45:00 p.m.	0	1409	1408	03:45:00 a.m.	0	1453	1453
03:55:00 p.m.	3980	2768	6749	09:55:00 p.m.	0	1421	1420	03:55:00 a.m.	0	1461	1460

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

1.2.6.2 Potencia reactiva

Esta potencia no tiene tampoco el carácter de realmente consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Es por ello que se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios), se mide en voltamperios reactivos (VAR) y se designa con la letra Q.

A partir de su expresión,

$$Q = I \cdot V \cdot \text{sen} \phi = I \cdot Z \cdot I \cdot \text{sen} \phi = I^2 \cdot Z \cdot \text{sen} \phi = I^2 \cdot X$$

Lo que nos reafirma en que ésta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

Tabla XIX: Muestras de la potencia reactiva tomadas por el medidor de calidad de energía.

Hora de la Medida	VAR1	VAR2	Suma VAR	Unidades	Hora de la Medida	VAR1	VAR2	Suma VAR	Unidades	Hora de la Medida	VAR1	VAR2	Suma VAR	Unidades
10:05:00 a.m.	348	0	348	VAR	04:05:00 p.m.	758	2101	2859	VAR	10:05:00 p.m.	0	1316	1316	VAR
10:15:00 a.m.	347	0	346	VAR	04:15:00 p.m.	745	2969	3714	VAR	10:15:00 p.m.	0	1335	1335	VAR
10:25:00 a.m.	343	0	342	VAR	04:25:00 p.m.	619	4449	5068	VAR	10:25:00 p.m.	0	1340	1339	VAR
10:35:00 a.m.	336	0	336	VAR	04:35:00 p.m.	1080	4477	5557	VAR	10:35:00 p.m.	0	1350	1349	VAR
10:45:00 a.m.	338	0	337	VAR	04:45:00 p.m.	3046	5697	8743	VAR	10:45:00 p.m.	0	1349	1348	VAR
10:55:00 a.m.	339	0	339	VAR	04:55:00 p.m.	7825	8067	15892	VAR	10:55:00 p.m.	0	1365	1364	VAR
11:05:00 a.m.	390	0	389	VAR	05:05:00 p.m.	9728	9176	18904	VAR	11:05:00 p.m.	0	1361	1360	VAR
11:15:00 a.m.	437	0	436	VAR	05:15:00 p.m.	9516	9214	18730	VAR	11:15:00 p.m.	0	1356	1356	VAR
11:25:00 a.m.	252	89	340	VAR	05:25:00 p.m.	10460	9452	19912	VAR	11:25:00 p.m.	0	1374	1374	VAR
11:35:00 a.m.	351	238	589	VAR	05:35:00 p.m.	10481	9497	19977	VAR	11:35:00 p.m.	0	1364	1364	VAR
11:45:00 a.m.	35	0	35	VAR	05:45:00 p.m.	10414	10632	21046	VAR	11:45:00 p.m.	0	1366	1365	VAR
11:55:00 a.m.	0	-33	-33	VAR	05:55:00 p.m.	10292	11152	21444	VAR	11:55:00 p.m.	0	1362	1362	VAR
12:05:00 p.m.	0	158	157	VAR	06:05:00 p.m.	10250	11306	21556	VAR	12:05:00 a.m.	0	1353	1352	VAR
12:15:00 p.m.	-34	193	158	VAR	06:15:00 p.m.	10169	11309	21478	VAR	12:15:00 a.m.	0	1342	1342	VAR
12:25:00 p.m.	-48	191	143	VAR	06:25:00 p.m.	10530	11346	21875	VAR	12:25:00 a.m.	0	1349	1349	VAR
12:35:00 p.m.	0	35	35	VAR	06:35:00 p.m.	10720	11615	22335	VAR	12:35:00 a.m.	0	1354	1354	VAR
12:45:00 p.m.	0	0	0	VAR	06:45:00 p.m.	11120	11909	23029	VAR	12:45:00 a.m.	0	1356	1356	VAR
12:55:00 p.m.	0	0	0	VAR	06:55:00 p.m.	11088	11836	22924	VAR	12:55:00 a.m.	0	1360	1359	VAR
01:05:00 p.m.	273	-37	236	VAR	07:05:00 p.m.	10915	11637	22552	VAR	01:05:00 a.m.	0	1364	1364	VAR
01:15:00 p.m.	394	120	514	VAR	07:15:00 p.m.	10638	11295	21933	VAR	01:15:00 a.m.	0	1359	1359	VAR
01:25:00 p.m.	2129	817	2946	VAR	07:25:00 p.m.	10505	10821	21325	VAR	01:25:00 a.m.	0	1368	1367	VAR
01:35:00 p.m.	2485	682	3167	VAR	07:35:00 p.m.	9731	10681	20412	VAR	01:35:00 a.m.	0	1368	1368	VAR
01:45:00 p.m.	1132	0	1132	VAR	07:45:00 p.m.	9918	10873	20790	VAR	01:45:00 a.m.	0	1368	1367	VAR
01:55:00 p.m.	885	0	884	VAR	07:55:00 p.m.	9782	10701	20483	VAR	01:55:00 a.m.	0	1366	1366	VAR
02:05:00 p.m.	691	747	1437	VAR	08:05:00 p.m.	9773	10954	20728	VAR	02:05:00 a.m.	0	1362	1362	VAR
02:15:00 p.m.	548	893	1441	VAR	08:15:00 p.m.	8748	10273	19022	VAR	02:15:00 a.m.	0	1365	1365	VAR
02:25:00 p.m.	661	102	763	VAR	08:25:00 p.m.	7176	10062	17238	VAR	02:25:00 a.m.	0	1350	1349	VAR
02:35:00 p.m.	631	1214	1846	VAR	08:35:00 p.m.	4721	9082	13804	VAR	02:35:00 a.m.	0	1328	1328	VAR
02:45:00 p.m.	551	961	1513	VAR	08:45:00 p.m.	2682	4026	6709	VAR	02:45:00 a.m.	0	1331	1330	VAR
02:55:00 p.m.	667	828	1496	VAR	08:55:00 p.m.	1691	2583	4274	VAR	02:55:00 a.m.	0	1336	1336	VAR
03:05:00 p.m.	616	1038	1655	VAR	09:05:00 p.m.	251	1298	1550	VAR	03:05:00 a.m.	0	1345	1345	VAR
03:15:00 p.m.	586	1131	1717	VAR	09:15:00 p.m.	175	1470	1645	VAR	03:15:00 a.m.	0	1352	1352	VAR
03:25:00 p.m.	1012	2230	3242	VAR	09:25:00 p.m.	0	1286	1285	VAR	03:25:00 a.m.	0	1352	1352	VAR
03:35:00 p.m.	1343	2191	3534	VAR	09:35:00 p.m.	0	1265	1264	VAR	03:35:00 a.m.	0	1348	1348	VAR
03:45:00 p.m.	860	2095	2956	VAR	09:45:00 p.m.	0	1288	1287	VAR	03:45:00 a.m.	0	1341	1341	VAR
03:55:00 p.m.	798	2093	2891	VAR	09:55:00 p.m.	0	1306	1305	VAR	03:55:00 a.m.	0	1352	1351	VAR

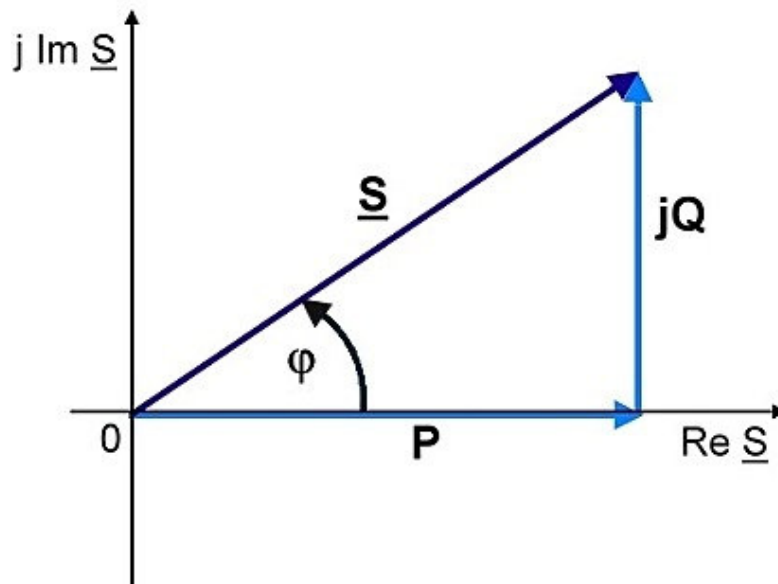
Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

1.2.6.3 Potencia aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($\cos\phi=1$), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "entretener" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S y se mide en voltiamperios (VA).

Figura 12: Relación entre potencia activa, reactiva y aparente.



Fuente: www.es.wikipedia.org

Tabla XX: Muestras de la potencia aparente tomadas por el medidor de calidad de energía.

Hora de la Medida	VA1	VA2	Suma VA	Unidades	Hora de la Medida	VA1	VA2	Suma VA	Unidades	Hora de la Medida	VA1	VA2	Suma VA	Unidades
10:05:00 a.m.	2297	0	2297	VA	04:05:00 p.m.	3910	3322	7232	VA	10:05:00 p.m.	0	1942	1942	VA
10:15:00 a.m.	2268	0	2269	VA	04:15:00 p.m.	3832	4475	8307	VA	10:15:00 p.m.	0	1967	1966	VA
10:25:00 a.m.	2286	0	2286	VA	04:25:00 p.m.	2934	6314	9248	VA	10:25:00 p.m.	0	1973	1974	VA
10:35:00 a.m.	2244	0	2244	VA	04:35:00 p.m.	4017	6359	10376	VA	10:35:00 p.m.	0	1986	1987	VA
10:45:00 a.m.	2248	0	2248	VA	04:45:00 p.m.	11538	9575	21113	VA	10:45:00 p.m.	0	1984	1985	VA
10:55:00 a.m.	2269	0	2269	VA	04:55:00 p.m.	21080	16748	37828	VA	10:55:00 p.m.	0	2005	2006	VA
11:05:00 a.m.	2485	0	2485	VA	05:05:00 p.m.	24754	19127	43881	VA	11:05:00 p.m.	0	2001	2000	VA
11:15:00 a.m.	2622	0	2622	VA	05:15:00 p.m.	24562	22440	47002	VA	11:15:00 p.m.	0	1996	1996	VA
11:25:00 a.m.	1584	471	2055	VA	05:25:00 p.m.	27194	22371	49566	VA	11:25:00 p.m.	0	2019	2019	VA
11:35:00 a.m.	1873	1032	2905	VA	05:35:00 p.m.	28210	24014	52225	VA	11:35:00 p.m.	0	2006	2006	VA
11:45:00 a.m.	576	0	577	VA	05:45:00 p.m.	28491	26820	55311	VA	11:45:00 p.m.	0	2008	2008	VA
11:55:00 a.m.	0	1479	1480	VA	05:55:00 p.m.	28021	27677	55698	VA	11:55:00 p.m.	0	2004	2004	VA
12:05:00 p.m.	0	1615	1615	VA	06:05:00 p.m.	28009	26518	54526	VA	12:05:00 a.m.	0	1992	1993	VA
12:15:00 p.m.	399	2047	2447	VA	06:15:00 p.m.	29282	26481	55763	VA	12:15:00 a.m.	0	1979	1979	VA
12:25:00 p.m.	559	1704	2263	VA	06:25:00 p.m.	31245	27059	58304	VA	12:25:00 a.m.	0	1988	1989	VA
12:35:00 p.m.	0	296	297	VA	06:35:00 p.m.	31355	26777	58131	VA	12:35:00 a.m.	0	1994	1994	VA
12:45:00 p.m.	0	0	0	VA	06:45:00 p.m.	32145	27231	59377	VA	12:45:00 a.m.	0	1997	1996	VA
12:55:00 p.m.	0	0	0	VA	06:55:00 p.m.	31468	28316	59784	VA	12:55:00 a.m.	0	2001	2002	VA
01:05:00 p.m.	397	274	670	VA	07:05:00 p.m.	33248	27960	61210	VA	01:05:00 a.m.	0	2007	2008	VA
01:15:00 p.m.	1271	1067	2338	VA	07:15:00 p.m.	31611	26562	58173	VA	01:15:00 a.m.	0	2000	2000	VA
01:25:00 p.m.	5587	1610	7197	VA	07:25:00 p.m.	31640	26258	57897	VA	01:25:00 a.m.	0	2011	2011	VA
01:35:00 p.m.	6998	1194	8192	VA	07:35:00 p.m.	30906	24117	55023	VA	01:35:00 a.m.	0	2012	2011	VA
01:45:00 p.m.	5190	0	5189	VA	07:45:00 p.m.	29983	24783	54766	VA	01:45:00 a.m.	0	2012	2011	VA
01:55:00 p.m.	4481	0	4481	VA	07:55:00 p.m.	29562	25040	54601	VA	01:55:00 a.m.	0	2010	2010	VA
02:05:00 p.m.	3320	3138	6459	VA	08:05:00 p.m.	28652	25368	54020	VA	02:05:00 a.m.	0	2005	2006	VA
02:15:00 p.m.	2421	4902	7324	VA	08:15:00 p.m.	24747	22498	47244	VA	02:15:00 a.m.	0	2009	2010	VA
02:25:00 p.m.	2411	5404	7815	VA	08:25:00 p.m.	19645	18822	38466	VA	02:25:00 a.m.	0	1989	1989	VA
02:35:00 p.m.	2510	6587	9097	VA	08:35:00 p.m.	13504	13467	26971	VA	02:35:00 a.m.	0	1963	1963	VA
02:45:00 p.m.	2654	5252	7905	VA	08:45:00 p.m.	8250	6028	14277	VA	02:45:00 a.m.	0	1965	1964	VA
02:55:00 p.m.	3257	4263	7520	VA	08:55:00 p.m.	4535	3984	8519	VA	02:55:00 a.m.	0	1972	1972	VA
03:05:00 p.m.	2986	5559	8545	VA	09:05:00 p.m.	2284	2103	4387	VA	03:05:00 a.m.	0	1983	1983	VA
03:15:00 p.m.	2749	5556	8307	VA	09:15:00 p.m.	1688	2161	3848	VA	03:15:00 a.m.	0	1991	1991	VA
03:25:00 p.m.	5380	4469	9849	VA	09:25:00 p.m.	0	1907	1906	VA	03:25:00 a.m.	0	1991	1991	VA
03:35:00 p.m.	8039	3757	11796	VA	09:35:00 p.m.	0	1880	1880	VA	03:35:00 a.m.	0	1987	1987	VA
03:45:00 p.m.	4622	3433	8055	VA	09:45:00 p.m.	0	1910	1910	VA	03:45:00 a.m.	0	1978	1978	VA
03:55:00 p.m.	4060	3473	7533	VA	09:55:00 p.m.	0	1930	1931	VA	03:55:00 a.m.	0	1991	1991	VA

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

1.2.7 Distorsión armónica total

La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Al hablar de distorsión armónica, normalmente se hace referencia a la llamada distorsión armónica total, que es precisamente, la cantidad de armónicos que el equipo introduce y que no estaban en la señal original.

Esta distorsión armónica total se mide introduciendo un tono de 1 kHz y midiendo la señal de salida. En los parámetros técnicos de los equipos, suele figurar la distorsión armónica total y se da en forma de porcentaje. Habitualmente, se indica con las siglas en inglés DAT (Distorsión Armónica Total). Por ejemplo, DAT 0,3 @ 1 kHz.

La distorsión armónica total nunca debe estar por encima del 1%. De estarlo, en lugar de enriquecer la señal, la distorsión empieza a desvirtuarla y el sonido resultante empieza a dejar de parecerse al original

Tabla XXI: Muestras de la distorsión armónica total tomadas por el medidor de calidad de energía.

Hora de la Medida	Vthd 1 (%)	Vthd 2 (%)	Hora de la Medida	Vthd 1 (%)	Vthd 2 (%)	Hora de la Medida	Vthd 1 (%)	Vthd 2 (%)
10:05:00 a.m.	3.3	3.3	04:05:00 p.m.	3.6	3.5	10:05:00 p.m.	3	2.9
10:15:00 a.m.	3.2	3.2	04:15:00 p.m.	3.6	3.5	10:15:00 p.m.	2.9	2.8
10:25:00 a.m.	3.1	3.1	04:25:00 p.m.	3.5	3.5	10:25:00 p.m.	2.9	2.8
10:35:00 a.m.	3.2	3.2	04:35:00 p.m.	3.6	3.5	10:35:00 p.m.	2.9	2.8
10:45:00 a.m.	3.3	3.2	04:45:00 p.m.	3.8	3.6	10:45:00 p.m.	3	2.9
10:55:00 a.m.	3.5	3.4	04:55:00 p.m.	4	3.8	10:55:00 p.m.	2.9	2.8
11:05:00 a.m.	3.6	3.5	05:05:00 p.m.	4	3.8	11:05:00 p.m.	2.7	2.7
11:15:00 a.m.	3.5	3.4	05:15:00 p.m.	3.9	4	11:15:00 p.m.	2.7	2.7
11:25:00 a.m.	3.5	3.5	05:25:00 p.m.	4	3.9	11:25:00 p.m.	2.8	2.7
11:35:00 a.m.	3.5	3.4	05:35:00 p.m.	4.1	4.1	11:35:00 p.m.	2.7	2.6
11:45:00 a.m.	3.4	3.4	05:45:00 p.m.	4	4.1	11:45:00 p.m.	2.6	2.6
11:55:00 a.m.	3.3	3.3	05:55:00 p.m.	3.9	4	11:55:00 p.m.	2.7	2.6
12:05:00 p.m.	3.3	3.3	06:05:00 p.m.	4	4	12:05:00 a.m.	2.6	2.5
12:15:00 p.m.	3.4	3.4	06:15:00 p.m.	4	4	12:15:00 a.m.	2.6	2.6
12:25:00 p.m.	3.5	3.5	06:25:00 p.m.	4.1	4	12:25:00 a.m.	2.7	2.6
12:35:00 p.m.	3.5	3.5	06:35:00 p.m.	4.2	4.1	12:35:00 a.m.	2.7	2.6
12:45:00 p.m.	3.6	3.6	06:45:00 p.m.	4.1	4	12:45:00 a.m.	2.6	2.6
12:55:00 p.m.	3.6	3.6	06:55:00 p.m.	4.1	4.1	12:55:00 a.m.	2.6	2.6
01:05:00 p.m.	3.6	3.6	07:05:00 p.m.	4.1	4	01:05:00 a.m.	2.5	2.5
01:15:00 p.m.	3.7	3.7	07:15:00 p.m.	4.1	4	01:15:00 a.m.	2.5	2.5
01:25:00 p.m.	3.8	3.7	07:25:00 p.m.	4.1	4	01:25:00 a.m.	2.6	2.5
01:35:00 p.m.	3.8	3.6	07:35:00 p.m.	4.1	3.8	01:35:00 a.m.	2.6	2.6
01:45:00 p.m.	3.8	3.7	07:45:00 p.m.	4.1	3.9	01:45:00 a.m.	2.6	2.5
01:55:00 p.m.	3.7	3.6	07:55:00 p.m.	4	3.8	01:55:00 a.m.	2.6	2.5
02:05:00 p.m.	3.7	3.7	08:05:00 p.m.	3.9	3.8	02:05:00 a.m.	2.5	2.5
02:15:00 p.m.	3.6	3.7	08:15:00 p.m.	3.7	3.6	02:15:00 a.m.	2.6	2.5
02:25:00 p.m.	3.6	3.7	08:25:00 p.m.	3.6	3.4	02:25:00 a.m.	2.4	2.4
02:35:00 p.m.	3.6	3.8	08:35:00 p.m.	3.4	3.2	02:35:00 a.m.	2.5	2.4
02:45:00 p.m.	3.6	3.7	08:45:00 p.m.	3.3	3.1	02:45:00 a.m.	2.5	2.4
02:55:00 p.m.	3.7	3.7	08:55:00 p.m.	3.2	3.1	02:55:00 a.m.	2.4	2.4
03:05:00 p.m.	3.7	3.8	09:05:00 p.m.	3.2	3.1	03:05:00 a.m.	2.3	2.3
03:15:00 p.m.	3.6	3.7	09:15:00 p.m.	3.1	3	03:15:00 a.m.	2.3	2.2
03:25:00 p.m.	3.7	3.6	09:25:00 p.m.	3.1	3	03:25:00 a.m.	2.3	2.2
03:35:00 p.m.	3.8	3.5	09:35:00 p.m.	3	2.9	03:35:00 a.m.	2.4	2.3
03:45:00 p.m.	3.7	3.5	09:45:00 p.m.	3	2.9	03:45:00 a.m.	2.3	2.2
03:55:00 p.m.	3.6	3.5	09:55:00 p.m.	3	2.9	03:55:00 a.m.	2.4	2.3

Fuente: Analizador de calidad de energía Power Pad; lectura tomada en el edificio S-3 el día 11/19/2005.

Tabla XXII: Índices de distorsión armónica total calculados según las normas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Índice de Distorsión Armónica Total			
Voltajes	Total de Mediciones	Intervalos Fuera de Norma	% de Intervalos Fuera de Norma
Línea 1	108	0	0%
Línea 2	108	0	0%

1.3 Redes de tierra

Los sistemas de puesta a tierra son un conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica. La función es forzar o drenar al terreno y las intensidades de corriente que se puedan originar por corto circuito, por inducción o por descarga atmosférica.

Las Normas Eléctricas Internacionales como la IEEE (*Institute of Electric and Electronic Engineer*) disponen el uso correcto e invariable del sistema de Tierra Física en toda la instalación eléctrica, las razones son:

- Seguridad Humana
- Seguridad de operación de los sistemas

Existen dos tipos de Electrodos de puesta a tierra que son: los **Naturales** que resultan de las instalaciones hidráulicas, estructurales y/o metálicas en cualquier edificación y las **Artificiales** que son los conductores metálicos que ex profeso se entierran para conexión eléctrica del sistema.

Las líneas de tierra son conductores o conjuntos de ellos que unen la instalación eléctrica y los electrodos para los propósitos de protección, a su vez los electrodos y las líneas de tierra deben estar empalmados solidamente entre sí.

El tratamiento de los empalmes bajo tierra, es de extrema importancia para lograr adecuadas resistencias a tierra, las uniones de los componentes de un sistema de tierras es algo fundamental, por eso está establecido que las uniones de las tierras físicas, o sea, las uniones que se producen en el terreno entre electrodos y cables de unión, deben ser uniones soldadas, y nunca empalmes mecánicos, excepto en el punto de unión entre el sistema de electrodos y el cable de anclaje de la instalación o los pararrayos. Se hace de esta forma para poder permitir la desconexión ante mediciones, no obstante, debe prestarse especial cuidado en la correcta ejecución de los mismos.

Se recomiendan las uniones con soldadura exotérmica o en su defecto la soldadura autógena, para la soldadura de un cable con un electrodo. La unión directa del cable y la aplicación de la soldadura normalmente conlleva al deterioro del cable por el calor propio de la mecha de oxiacetileno y por consiguiente en oportunidades, la unión se debilita.

Un adecuado camino para conducir la corriente de falla, sea de una descarga eléctrica atmosférica, de un cortocircuito, de una descarga electrostática u otras, debe reunir los siguientes requisitos mínimos:

- a- Representar un camino permanente y continuo.

- b- Conducir adecuadamente cualquier corriente a la que sea sometido producto de fallas o descargas atmosféricas.
- c- Tener suficiente baja impedancia para limitar el voltaje a tierra y facilitar la operación de los circuitos de protección.

1.3.1 Condición actual

La red de tierras que se encuentra actualmente en el edificio consta de una sola varilla de cobre conectada al neutro del sistema en la caja de distribución principal justo después de la alimentación por parte de la empresa distribuidora, que en éste caso es la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

Se realizó una medición con un medidor para electrodos de tierra tipo gancho el cual registró un valor de *2.5 ohmios*, valor que esta dentro del rango que la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. exige por norma a sus usuarios, siendo el valor máximo 5 ohmios.

1.4 Iluminación

La luz es una forma de radiación electromagnética, que se transmite en el vacío con una velocidad de aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo. El ojo humano es capaz de recibir la información lumínica solamente en un rango muy limitado de longitudes de onda, desde 400 nm (que corresponde al violeta), hasta 700 nm (que corresponde al rojo). La energía electromagnética proveniente del sol va más de estos límites, pero nuestro ojo solamente percibe este rango, y dada la mezcla de las diferentes longitudes de onda, la interpreta como un blanco.

Las lámparas fluorescentes, presentan una distribución espectral discontinua de ciertas longitudes de onda limitadas, que dependen del vapor metálico o del recubrimiento utilizado.

La magnitud básica de iluminación, según el sistema SI, es la Intensidad Luminosa, cuya unidad es la *candela*. Y está definida como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia igual a 540 THz, y cuya intensidad energética en esa dirección, es 1/683 W por estereorradián.

El flujo luminoso Φ de una fuente es igual al producto de su intensidad por el ángulo sólido que abarca y su unidad es el Lumen. Las lámparas se distinguen por lo tanto principalmente por los lúmenes que son capaces de producir.

El efecto de la luz, al incidir sobre una superficie, constituye la iluminación o iluminancia, cuya unidad es el lux, que es la iluminancia producida por el flujo de un lumen al quedar distribuido uniformemente sobre la superficie de 1 m².

Las lámparas fluorescentes son del tipo de descarga por arco en un gas (vapor de mercurio de baja presión). Inicialmente se ioniza el vapor de mercurio, permitiendo el establecimiento de una corriente de electrones de un cátodo al otro. Los cátodos emiten electrones de conducción de alta velocidad que chocan contra los electrones de valencia de los átomos del gas, excitándolos y elevándolos a un nivel más alto de energía.

Los electrones de valencia retornan posteriormente a su nivel original de energía, liberando por esta transición un quantum de radiación ultravioleta. La longitud de onda de la radiación emitida está en función de la energía transferida en el choque. En las lámparas fluorescentes se utilizan recubrimientos de materiales llamados genéricamente “fósforos” (que incluyen no solamente fosfatos, sino también otros materiales como silicatos y tungstatos), cuyos cristales son a su vez excitados por la radiación ultravioleta emitida, que resulta en una elevación del nivel de energía de los electrones de este material, que al decaer a su nivel original, emitan quantas de luz del color característico.

1.4.1 Medición de luxes

Los datos que se presentan en la Tabla fueron tomados con un fotómetro a la altura de los escritorios (aproximadamente 75 centímetros) que se encontraban en las aulas, nivel en donde se utiliza la iluminación.

Tabla XXIII: de muestras de los niveles de iluminación actual en las diferentes áreas del edificio S-3

Tabla de muestras de los niveles de iluminación actual en las áreas iluminadas en el edificio S - 3

No.	Salones	Promedio de iluminación en luxes	No.	Salones	Promedio de iluminación en luxes	No.	Salones	Promedio de iluminación en luxes
1	101	221	21	207	203	41	306	263
2	102	215	22	208	208	42	307	175
3	103	286	23	209	237	43	308	186
4	104	280	24	210	298	44	309	245
5	105	284	25	211	165	45	310	305
6	106	186	26	212	253	46	311	190
7	107	195	27	213	250	47	312	256
8	108	208	28	214	256	48	313	260
9	109	222	29	215	148	49	314	250
10	110	287	30	216	305	50	315	144
11	111	190	31	217	316	51	316	312
12	112	196	32	218	308	52	317	253
13	113	188	33	219	309	53	318	308
14	114	193	34	220	253	54	319	311
15	201	220	35	221	303	55	320	249
16	202	185	36	301	225	56	321	315
17	203	242	37	302	192	57	pasillos	65
18	204	257	38	303	148	58	baños	185
19	205	250	39	304	259	59	gradas	95
20	206	256	40	305	254	60	Parqueos	3

2 DIAGRAMAS UNIFILARES














Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una forma de visualización completa del sistema, de una manera más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno. Es rara vez necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama *diagrama unifilar o de una línea*. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas.

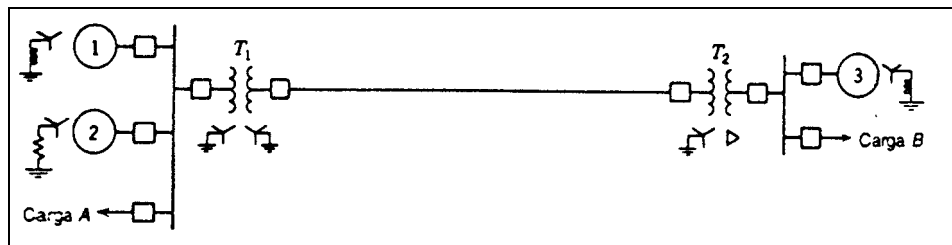
Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla, depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencia que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición.

Figura 13: Símbolos estándar para los diagramas eléctricos.

Máquina o armadura rotatoria (básico)		Interruptor de potencia de aceite u otro líquido	
Transformador de potencia de dos devanados		Interruptor de aire	
Transformador de potencia de tres devanados		Conexión delta trifásica o de tres conductores	
Fusible		Y trifásica, neutro no aterrizado	
Transformador de corriente		Y trifásica, neutro aterrizado	
Transformador de potencial			
Amperímetro y voltímetro			

Es importante conocer la localización de los puntos en que el sistema se aterriza, con el fin de calcular la corriente que fluye cuando ocurre una falla asimétrica que involucra la tierra. Si una resistencia o reactancia se inserta entre el neutro de la Y y la tierra, para limitar el flujo de corriente a tierra durante la falla, se le pueden adicionar al símbolo estándar de la Y aterrizada los apropiados para la resistencia o la inductancia. La mayoría de los neutros de transformadores de los sistemas de transmisión están sólidamente aterrizados. Por lo general, los neutros de los generadores se aterrizan a través de resistencias razonablemente elevadas y algunas veces a través de bobinas.

Figura 14: Diagrama unifilar de un sistema eléctrico de potencia



Este diagrama unifilar es de un sistema de potencia sencillo. Dos generadores uno aterrizado a través de una reactancia y el otro a través de una resistencia, éstos están conectados a una barra y por medio de un transformador de elevación de tensión, a una línea de transmisión. El otro generador aterrizado a través de una reactancia se conecta a una barra y por medio de un transformador, al extremo opuesto de la línea de transmisión. Una carga está conectada en cada barra. Es común dar información sobre el diagrama que esté relacionada con las cargas, los valores nominales de los generadores y transformadores y con las reactancias de los diferentes componentes del circuito.

2.1 Diagrama unifilar de la red eléctrica general

Figura 15: Diagrama unifilar visto desde la entrada del periférico

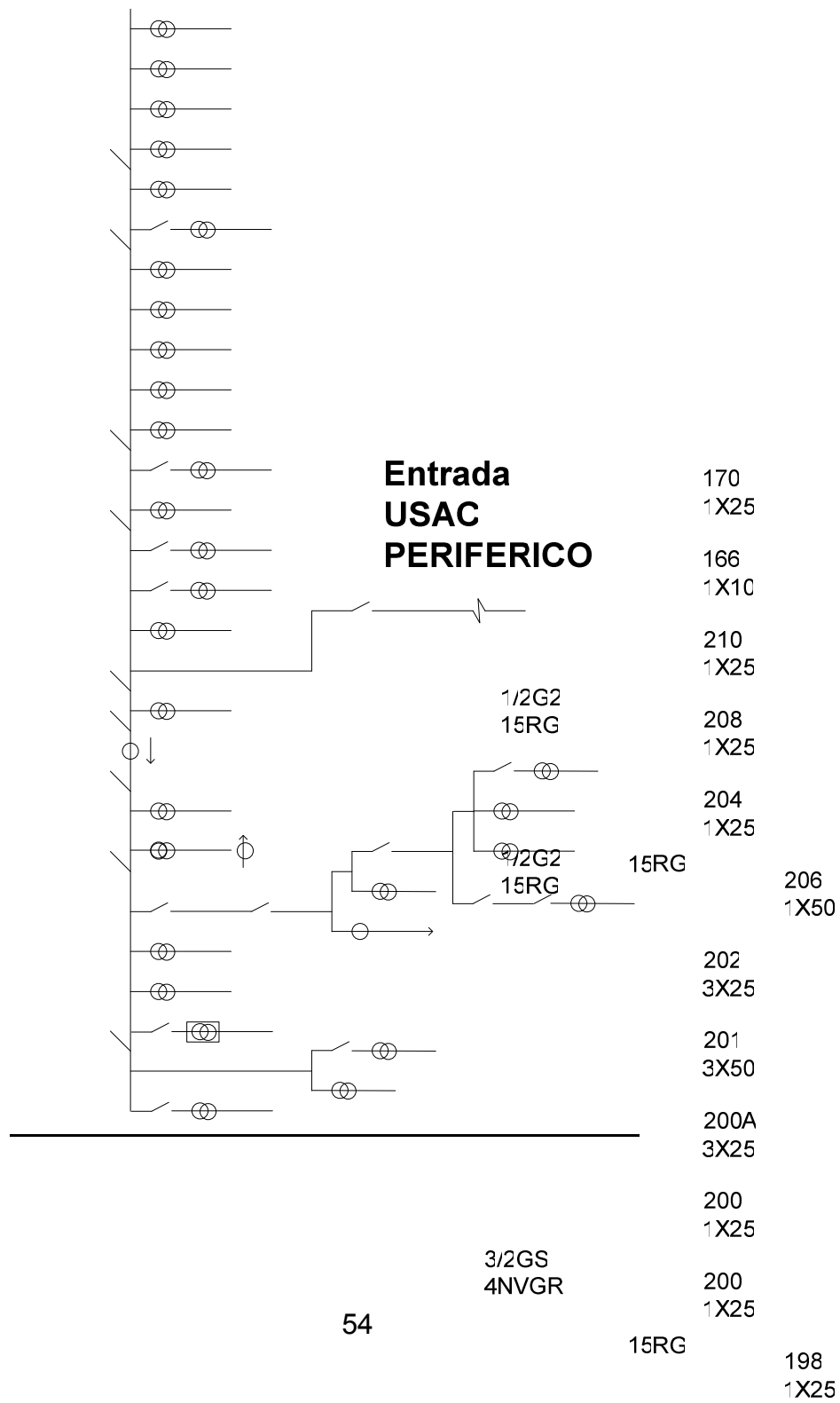
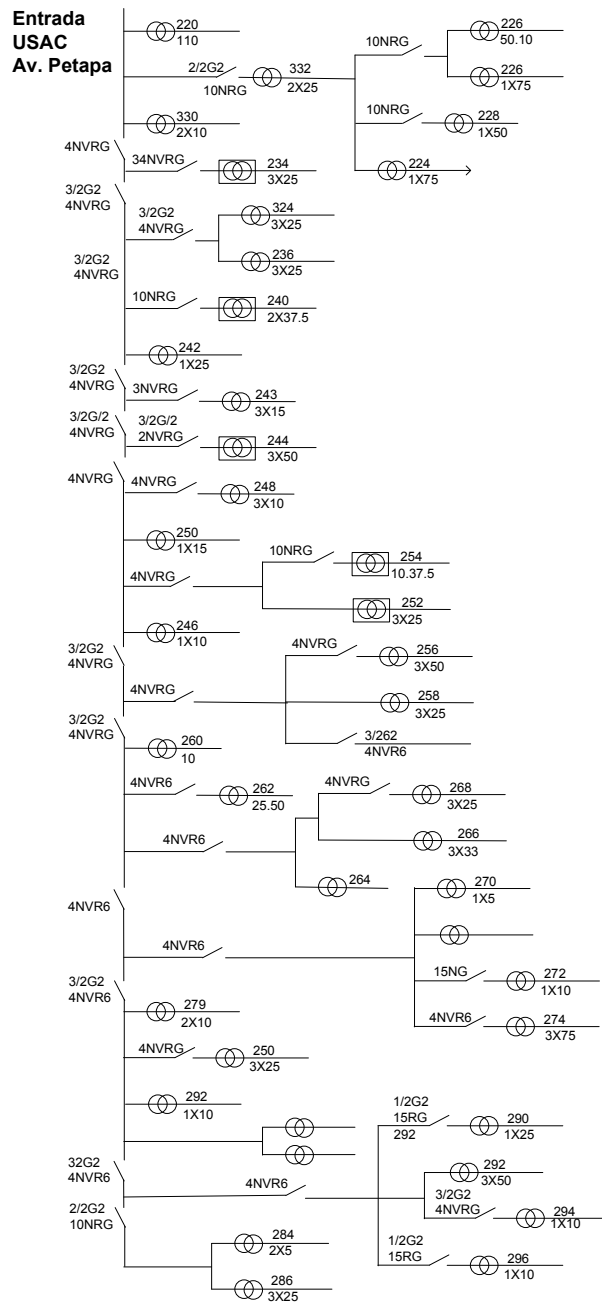


Figura 16: Diagrama unifilar visto desde la entrada de la Avenida Petapa



2.2 Diagrama unifilar de la red eléctrica del edificio

Figura 17: Diagrama unifilar del tablero principal

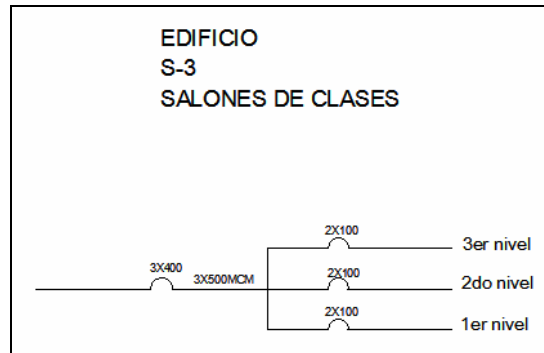


Figura 18: Diagrama unifilar del tablero del primer nivel

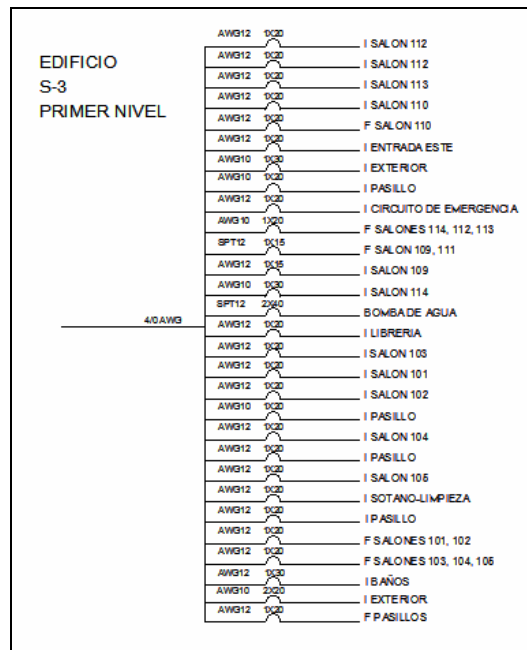


Figura 19: Diagrama unifilar del tablero del segundo nivel

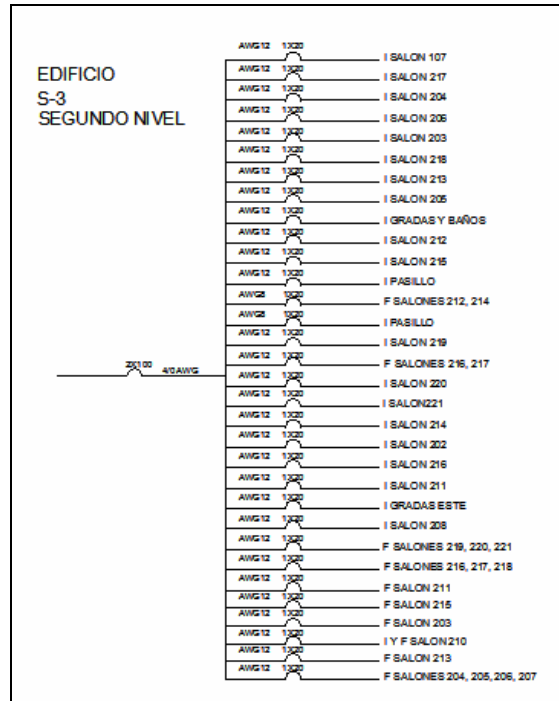
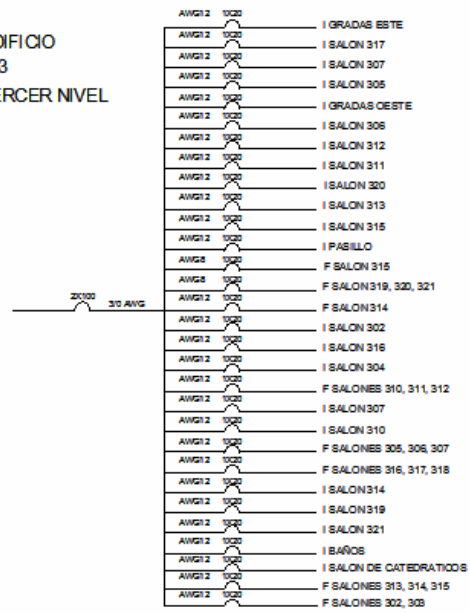


Figura 20: Diagrama unifilar del tablero del tercer nivel

EDIFICIO
S-3
TERCER NIVEL



3 ANALISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

3.1 Cálculo de conductores eléctricos

Para la correcta selección de un conductor eléctrico deben considerarse varios factores, a saber:

- El valor máximo del voltaje que se aplicará
- La capacidad de conducción de corriente eléctrica
- El valor máximo de la caída de tensión

El cálculo del conductor debe efectuarse de dos maneras: por corriente y por caída de tensión. El resultado del cálculo que arroje el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

3.1.1 Método de cálculo por corrientes

Este método utiliza el supuesto que toda la potencia aparente esta conectada en el instante que se realiza el cálculo, primero se calcula lo corriente que pasaría por el conductor en el caso de que esto se llegara a dar y luego se busca en la tabla, que presenta el fabricante para este conductor para nuestro caso la tabla VII este trabajo, el calibre que le corresponde y el área transversal de este, la formula que nos ayuda con este cálculo es la siguiente:

$$I = \frac{S}{Vn}$$

Donde :

I = Corriente total

S = Potencia aparente

V_n = Voltaje nominal de línea a neutro

Se utilizo una tabla de Excel para realizar con mayor facilidad los calculos de cada una de las corrientes y los resultados se presentan a continuación en forma de tablas separándolas por niveles:

Tabla XXIV: Cálculo teórico de los conductores del primer nivel por el método de corrientes

PRIMER NIVEL							
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA REAL	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V	P	S	I	A	
		volts	watts	va	amperios	mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación 112	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 2	Iluminación 112	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 3	Iluminación 113	120	480	505	4.00	2.08	14
Circuito 4	Iluminación 110	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 5	Fuerza salón 110	120	450	474	3.75	2.08	14
Circuito 6	Iluminación entrada oeste	120	720	758	6.00	2.08	14
Circuito 7	Iluminación exterior	120	1520	1600	12.67	2.08	14
Circuito 8	Iluminación pasillo	120	1280	1347	10.67	2.08	14
Circuito 9	Iluminación emergencia	120	400	421	3.33	2.08	14
Circuito 10	Fuerza salones 114, 112, 113	120	600	632	5.00	2.08	14
Circuito 11	Fuerza salón 109, 111	120	600	632	5.00	2.08	14
Circuito 12	Iluminación 109	120	1600	1684	13.33	2.08	14
Circuito 13	Iluminación salón 114	120	1280	1347	10.67	2.08	14
Circuito 14	Bomba de agua	240	2600	2737	10.83	2.08	14
Circuito 15	Iluminación librería	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 16	Iluminación salón 103	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 17	Iluminación salón 101	120	1600	1684	13.33	2.08	14
Circuito 18	Iluminación salón 102	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 19	Iluminación pasillo	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 20	Iluminación salón 104	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 21	Iluminación pasillo	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 22	Iluminación salón 105	120	960	1011	8.00	2.08	14
Circuito 23	Iluminación sótano limpieza	120	160	168	1.33	2.08	14
Circuito 24	Iluminación pasillo	120	1280	1347	10.67	2.08	14
Circuito 25	Fuerza salones 101, 102	120	900	947	7.50	2.08	14
Circuito 26	Fuerza salones 103, 104, 105	120	900	947	7.50	2.08	14
Circuito 27	Iluminación baños y entrada este	120	1600	1684	13.33	2.08	14
Circuito 28	Iluminación exterior	120	1520	1600	12.67	2.08	14
Circuito 29	Fuerza pasillo	120	450	474	3.75	2.08	14

Tabla XXV: Cálculo teórico de los conductores del segundo nivel por el método de corrientes

SEGUNDO NIVEL							
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA REAL	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V volts	P watts	S va	I amperios	A mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación salón 207	114	1200	1263	10.53	2.08	14
Circuito 2	Iluminación salón 217	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 3	Iluminación salón 204	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 4	Iluminación salón 206	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 5	Iluminación salón 203	114	1200	1263	10.53	2.08	14
Circuito 6	Iluminación salón 218	114	480	505	4.21	2.08	14
Circuito 7	Iluminación salón 213	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 8	Iluminación salón 205	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	114	1120	1179	9.82	2.08	14
Circuito 10	Iluminación salón 212	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 11	Iluminación salón 215	114	1600	1684	14.04	2.08	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	114	45	47	0.39	2.08	14
Circuito 13	Fuerza salones 212, 214	120	900	947	7.50	2.08	14
Circuito 14	Iluminación pasillo	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 15	Iluminación salón 219	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 16	Fuerza salones 216, 217	120	600	632	5.00	2.08	14
Circuito 17	Iluminación salón 220	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 18	Iluminación salón 221	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 19	Iluminación salón 214	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 20	Iluminación salón 202	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 21	Iluminación salón 216	114	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 22	Iluminación salón 211	114	1440	1516	12.63	2.08	14
Circuito 23	Iluminación gradas oeste	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 24	Iluminación salón 208	114	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 25	Fuerza salones 219, 220, 221	120	900	947	7.50	2.08	14
Circuito 26	Fuerza salones 216, 217, 218	120	900	947	7.50	2.08	14
Circuito 27	Fuerza salones 211	120	600	632	5.00	2.08	14
Circuito 28	Fuerza salón 215	120	450	474	3.75	2.08	14
Circuito 29	Fuerza salón 203	120	450	474	3.75	2.08	14
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	120	1460	1537	12.17	2.08	14
Circuito 31	Fuerza salón 213	120	450	474	3.75	2.08	14
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 207	120	1350	1421	11.25	2.08	14

Tabla XXVI: Cálculo teórico de los conductores del segundo nivel por el método de corrientes

TERCER NIVEL							
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA REAL	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V volts	P watts	S va	I amperios	A mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación gradas este	120	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 2	Iluminación salón 317	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 3	Iluminación salón 307	120	1280	1347	11.23	2.08	14
Circuito 4	Iluminación salón 305	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 5	Iluminación gradas oeste	120	800	842	7.02	2.08	14
Circuito 6	Iluminación salón 306	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 7	Iluminación salón 312	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 8	Iluminación salón 311	120	1200	1263	10.53	2.08	14
Circuito 9	Iluminación salón 320	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 10	Iluminación salón 313	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 11	Iluminación salón 315	120	1600	1684	14.04	2.08	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	120	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 13	Fuerza salón 315	120	450	474	3.95	2.08	14
Circuito 14	Fuerza salones 319, 320, 321	120	900	947	7.89	2.08	14
Circuito 15	Fuerza salón 314	120	450	474	3.95	2.08	14
Circuito 16	Iluminación salón 302	120	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 17	Iluminación salón 316	120	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 18	Iluminación salón 304	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	120	1500	1579	13.16	2.08	14
Circuito 20	Iluminación salón 307	120	1200	1263	10.53	2.08	14
Circuito 21	Iluminación salón 310	120	960	1011	8.42	2.08	14
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	120	1050	1105	9.21	2.08	14
Circuito 23	Fuerza salones 316, 317, 318	120	900	947	7.89	2.08	14
Circuito 24	Iluminación salón 314	120	720	758	6.32	2.08	14
Circuito 25	Iluminación salón 319	120	480	505	4.21	2.08	14
Circuito 26	Iluminación salón 321	120	480	505	4.21	2.08	14
Circuito 27	Iluminación baños	120	800	842	7.02	2.08	14
Circuito 28	Iluminación salón de catedráticos	120	480	505	4.21	2.08	14
Circuito 29	Fuerza salones 313, 314, 315	120	1050	1105	9.21	2.08	14
Circuito 30	Fuerza salones 302, 303	120	900	947	7.89	2.08	14
Circuito 31	Iluminación 303	120	1200	1263	10.53	2.08	14
Circuito 32	Iluminación 316	120	480	505	4.21	2.08	14

Como se observa en las tablas anteriores en el cálculo de conductores por el método de corrientes todos los conductores dan un calibre de 14 AWG debido a que ningún conductor excede los 25 Amperios que es el máximo que este calibre soporta de corriente a temperatura ambiente.

3.1.2 Método de cálculo por caídas de tensión

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación se produce en ellas una caída de tensión que corresponde a la siguiente:

$$V_p = I \times R_c (V)$$

Donde:

V_p = voltaje de pérdida (V)

I = corriente de carga (A)

R_c = resistencia de los conductores

La resistencia de un conductor eléctrico, responde a la siguiente expresión, que relaciona sus parámetros físicos y la naturaleza del material conductor.

$$R_c = \frac{2 \times \rho \times L}{A}$$

Donde:

ρ = resistencia específica del conductor (Ohm mm²/m)

$\rho_{cu} = \rho$ para cobre = 0.018 Ohm mm²/m

L = longitud del conductor (m)

A = sección de conductores (mm²)

La expresión para determinar la sección del conductor en función del V_p queda finalmente del siguiente modo:

$$A = \frac{2 \times \rho \times L}{V_p} \times I (\text{mm}^2)$$

La exigencia con respecto al V_p , establece que la pérdida de tensión en la línea no debe exceder a un 3% de la tensión nominal de fase.

Tomando como un ejemplo, calculemos el calibre del conductor para la iluminación del salón 101:

Para este salón tenemos:

- Una carga instalada en iluminación de 1600 Watts
- Voltaje de fase a neutro de 120 voltios
- Distancia del interruptor a la luminaria más lejana en este circuito de 25 metros
- Se quiere una caída de tensión de no más de 3% (3.6 voltios)

Luego se procede a aplicar las ecuaciones planteadas anteriormente para este método:

$$I = \frac{1600}{120} = 13.33 \text{ Amperios}$$

$$A = \frac{2 \times 0.018 \times 25}{3.6} \times 13.33 = 3.33 \text{ mm}^2$$

Este resultado se busca en la tabla que el fabricante da para su producto que en nuestro caso es la tabla VII de este trabajo de graduación:

El calibre de conductor recomendado es 10 AWG.

Con el objeto de obtener el calibre correcto de los conductores alimentadores de cada circuito, de los respectivos niveles se calculó utilizando el método planteado en éste índice y se presenta en una serie de tablas a continuación:

Tabla XXVII: Cálculo teórico de conductores por el método de caída de tensión del Primer Nivel

PRIMER NIVEL										
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA	CORRIENTE	DISTANCIA	LONGITUD	CAIDA DE TENSION (3%)	CONDUCTIVIDAD	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V volts	P watts	I amperios	d metros	L metros	Vp volts	K (mm ²)(Ω-m)	A mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación 112	120	960	8.00	24	48	3.6	57	1.87	14
Circuito 2	Iluminación 112	120	960	8.00	24	48	3.6	57	1.87	14
Circuito 3	Iluminación 113	120	480	4.00	15	30	3.6	57	0.58	14
Circuito 4	Iluminación 110	120	960	8.00	32	64	3.6	57	2.49	12
Circuito 5	Fuerza salón 110	120	450	3.75	32	64	3.6	57	1.17	14
Circuito 6	Iluminación entrada oeste	120	720	6.00	45	90	3.6	57	2.63	14
Circuito 7	Iluminación exterior	120	1520	12.67	50	100	3.6	57	6.16	8
Circuito 8	Iluminación pasillo	120	1280	10.67	40	80	3.6	57	4.15	10
Circuito 9	Iluminación emergencia	120	400	3.33	30	60	3.6	57	0.97	14
Circuito 10	Fuerza salones 114, 112, 113	120	600	5.00	18	36	3.6	57	0.88	14
Circuito 11	Fuerza salón 109, 111	120	600	5.00	28	56	3.6	57	1.36	14
Circuito 12	Iluminación 109	120	1600	13.33	35	70	3.6	57	4.54	10
Circuito 13	Iluminación salón 114	120	1280	10.67	18	36	3.6	57	1.87	14
Circuito 14	Bomba de agua	240	2600	10.83	45	90	7.2	57	2.37	12
Circuito 15	Iluminación librería	120	960	8.00	20	40	3.6	57	1.56	14
Circuito 16	Iluminación salón 103	120	960	8.00	28	56	3.6	57	2.18	12
Circuito 17	Iluminación salón 101	120	1600	13.33	25	50	3.6	57	3.24	10
Circuito 18	Iluminación salón 102	120	960	8.00	25	50	3.6	57	1.94	14
Circuito 19	Iluminación pasillo	120	960	8.00	45	90	3.6	57	3.50	10
Circuito 20	Iluminación salón 104	120	960	8.00	33	66	3.6	57	2.57	12
Circuito 21	Iluminación pasillo	120	960	8.00	45	90	3.6	57	3.50	10
Circuito 22	Iluminación salón 105	120	960	8.00	37	74	3.6	57	2.88	12
Circuito 23	Iluminación sótano limpieza	120	1360	11.33	45	90	3.6	57	4.36	10
Circuito 24	Iluminación pasillo	120	1280	10.67	45	90	3.6	57	4.67	10
Circuito 25	Fuerza salones 101, 102	120	900	7.50	25	50	3.6	57	1.82	14
Circuito 26	Fuerza salones 103, 104, 105	120	900	7.50	33	66	3.6	57	2.41	12
Circuito 27	Iluminación baños y entrada este	120	1600	13.33	45	90	3.6	57	5.83	8
Circuito 28	Iluminación exterior	120	1520	12.67	45	90	3.6	57	5.54	8
Circuito 29	Fuerza pasillo	120	450	3.75	30	60	3.6	57	1.09	14

Tabla XXVIII: Cálculo teórico de conductores del Segundo Nivel

SEGUNDO NIVEL										
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA	CORRIENTE	DISTANCIA	LONGITUD	CAIDA DE TENSION (3%)	CONDUCTIVIDAD	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V volts	P watts	I amperios	d metros	L metros	Vp volts	K (mm ²)(Ω-m)	A mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación salón 207	120	1200	10.00	57	114	3.6	57	5.54	8
Circuito 2	Iluminación salón 217	120	960	8.00	37	74	3.6	57	2.88	12
Circuito 3	Iluminación salón 204	120	960	8.00	29	58	3.6	57	2.26	12
Circuito 4	Iluminación salón 206	120	960	8.00	47	94	3.6	57	3.86	10
Circuito 5	Iluminación salón 203	120	1200	10.00	30	60	3.6	57	2.92	12
Circuito 6	Iluminación salón 218	120	480	4.00	42	84	3.6	57	1.63	14
Circuito 7	Iluminación salón 213	120	720	6.00	29	58	3.6	57	1.69	14
Circuito 8	Iluminación salón 205	120	960	8.00	38	76	3.6	57	2.96	12
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	120	1120	9.33	45	90	3.6	57	4.08	10
Circuito 10	Iluminación salón 212	120	720	6.00	40	80	3.6	57	2.33	12
Circuito 11	Iluminación salón 215	120	1600	13.33	8	16	3.6	57	1.04	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	120	45	0.38	45	90	3.6	57	0.16	14
Circuito 13	Fuerza salones 212, 214	120	900	7.50	25	50	3.6	57	1.82	14
Circuito 14	Iluminación pasillo	120	960	8.00	45	90	3.6	57	3.50	10
Circuito 15	Iluminación salón 219	120	720	6.00	30	60	3.6	57	1.75	14
Circuito 16	Fuerza salones 216, 217	120	600	5.00	33	66	3.6	57	1.60	14
Circuito 17	Iluminación salón 220	120	720	6.00	23	46	3.6	57	1.34	14
Circuito 18	Iluminación salón 221	120	720	6.00	23	46	3.6	57	1.34	14
Circuito 19	Iluminación salón 214	120	720	6.00	15	30	3.6	57	0.88	14
Circuito 20	Iluminación salón 202	120	960	8.00	25	50	3.6	57	1.94	14
Circuito 21	Iluminación salón 216	120	960	8.00	28	56	3.6	57	2.18	12
Circuito 22	Iluminación salón 211	120	1440	12.00	43	86	3.6	57	5.02	10
Circuito 23	Iluminación gradas oeste	120	720	6.00	45	90	3.6	57	2.63	12
Circuito 24	Iluminación salón 208	120	720	6.00	65	130	3.6	57	3.79	10
Circuito 25	Fuerza salones 219, 220, 221	120	900	7.50	23	46	3.6	57	1.68	14
Circuito 26	Fuerza salones 216, 217, 218	120	900	7.50	37	74	3.6	57	2.70	12
Circuito 27	Fuerza salones 211	120	600	5.00	43	86	3.6	57	2.99	12
Circuito 28	Fuerza salón 215	120	450	3.75	8	16	3.6	57	0.29	14
Circuito 29	Fuerza salón 203	120	450	3.75	30	60	3.6	57	1.09	14
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	120	1460	12.17	55	110	3.6	57	6.51	8
Circuito 31	Fuerza salón 213	120	450	3.75	29	58	3.6	57	1.06	14
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 207	120	1350	11.25	38	76	3.6	57	4.16	10

Tabla XXIX: Cálculo teórico de conductores del Tercer Nivel

TERCER NIVEL										
CIRCUITO	DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA	CORRIENTE	DISTANCIA	LONGITUD	CAIDA DE TENSION (3%)	CONDUCTIVIDAD	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
		V volts	P watts	I amperios	d metros	L metros	Vp volts	K (mm ²)/(Ω-m)	A mm ²	AWG
Circuito 1	Iluminación gradas este	120	960	8.00	45	90	3.6	57	3.50	10
Circuito 2	Iluminación salón 317	120	720	6.00	38	76	3.6	57	2.22	12
Circuito 3	Iluminación salón 307	120	1280	10.67	61	122	3.6	57	6.33	8
Circuito 4	Iluminación salón 305	120	720	6.00	43	86	3.6	57	2.51	12
Circuito 5	Iluminación gradas oeste	120	800	6.67	25	50	3.6	57	1.62	14
Circuito 6	Iluminación salón 306	120	720	6.00	53	106	3.6	57	3.99	12
Circuito 7	Iluminación salón 312	120	720	6.00	47	94	3.6	57	2.74	12
Circuito 8	Iluminación salón 311	120	1200	10.00	47	94	3.6	57	4.57	10
Circuito 9	Iluminación salón 320	120	720	6.00	46	92	3.6	57	2.68	12
Circuito 10	Iluminación salón 313	120	720	6.00	32	64	3.6	57	1.87	14
Circuito 11	Iluminación salón 315	120	1600	13.33	15	30	3.6	57	1.94	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	120	960	8.00	45	90	3.6	57	3.50	10
Circuito 13	Fuerza salón 315	120	450	3.75	15	30	3.6	57	0.55	14
Circuito 14	Fuerza salones 319, 320, 321	120	900	7.50	35	70	3.6	57	2.55	12
Circuito 15	Fuerza salón 314	120	450	3.75	16	32	3.6	57	0.58	14
Circuito 16	Iluminación salón 302	120	960	8.00	29	58	3.6	57	2.26	12
Circuito 17	Iluminación salón 316	120	960	8.00	30	60	3.6	57	2.33	12
Circuito 18	Iluminación salón 304	120	720	6.00	35	70	3.6	57	2.04	12
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	120	1500	12.50	47	94	3.6	57	5.71	10
Circuito 20	Iluminación salón 307	120	1200	10.00	61	122	3.6	57	5.93	8
Circuito 21	Iluminación salón 310	120	960	8.00	79	158	3.6	57	6.14	8
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	120	1050	8.75	53	106	3.6	57	4.51	10
Circuito 23	Fuerza salones 316, 317, 318	120	900	7.50	40	80	3.6	57	2.92	12
Circuito 24	Iluminación salón 314	120	720	6.00	16	32	3.6	57	0.93	14
Circuito 25	Iluminación salón 319	120	480	4.00	35	70	3.6	57	1.36	14
Circuito 26	Iluminación salón 321	120	480	4.00	51	102	3.6	57	1.98	14
Circuito 27	Iluminación baños	120	800	6.67	50	100	3.6	57	3.24	10
Circuito 28	Iluminación salón de catedráticos	120	480	4.00	45	90	3.6	57	1.75	14
Circuito 29	Fuerza salones 313, 314, 315	120	1050	8.75	20	40	3.6	57	1.70	14
Circuito 30	Fuerza salones 302, 303	120	900	7.50	32	64	3.6	57	2.33	12
Circuito 31	Iluminación 303	120	1200	10.00	32	64	3.6	57	3.11	12
Circuito 32	Iluminación 316	120	480	4.00	33	66	3.6	57	1.28	14

Tabla XXX: Cálculo de los Conductores que Alimentan los tableros de Distribución

ALIMENTADORES											
DESCRIPCION	VOLTAJE	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA TOTAL	CORRIENTE	DISTANCIA	LONGITUD	CAIDA DE TENSION	CONDUCTIVIDAD	ÁREA	CALIBRE DEL CONDUCTOR
	V	P	S	S	I	d	L	Vp	K	A	AWG
	volts	watts	va	va	amperios	metros	metros	volts	(mm ²)/(Ω-m)	mm ²	
Acometida	240			88386	368	24	41.6	4.4	57	61.04	2/0
Nivel 1	240			30889	129	6	10.4	4.4	57	5.33	8
Nivel 2	240			28655	119	10	17.3	4.4	57	8.25	8
Nivel 3	240			28842	120	15	26.0	4.4	57	12.45	6

3.2 Cálculo de tuberías

Para el edificio se determinó que en las canaletas se alojaban ocho conductores de calibre No. 10, es importante hacer notar que los conductores mencionados son conductores activos (conductores calientes). Ello nos condujo a efectuar el siguiente cálculo para hallar el diámetro de la canaleta adecuada.

Primero seleccionamos el factor de relleno que es del 40% ya que es mayor de tres conductores.

$$F = a/A$$

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización.

Se localiza el área de cada uno de los conductores en una tabla y se efectúa la sumatoria de éstos, para el conductor No. 10 se tiene un área de 0.0311 pulg²

$$a = 0.0311+0.0311+0.0311+0.0311+0.0311+0.0311+0.0311+0.0311 = 0.2488\text{pulg}^2$$

Despejando la ecuación de factor de relleno se tiene:

$$F = \frac{0.2488}{0.40} = 0.622 \text{ Pulg}^2$$

De esta manera hemos encontrado el área de la canaleta rectangular que necesitamos y podemos observar con el que actualmente se encuentra instalada que es de 15.5 pulg²

Es decir, que sólo se ha aprovechado el 4% del área total y cuenta con un área libre del 96% se puede ver que tiene muy buen espacio para ventilarse.

Este estudio fue echo para cada nivel del edificio correspondiente en mención.

El procedimiento es análogo con el anterior, con la diferencia de que para éste caso en especial el número de conductores es de menor en cantidad y menor en calibre, además que la tubería tiene una geometría circular, es decir de sección transversal circular.

Para seleccionar el factor de relleno de la tubería, como es un conductor activo el que va para cada circuito entonces seleccionamos el 53%, y el conductor es de calibre No. 12, de tabla de áreas de conductores sabemos que el No. 12 es de sección transversal de 0.0251 pulg² entonces:

$$a = 1 \times 0.0251 = 0.0251 \text{ pulg}^2$$

$$F = \frac{0.0251}{0.53} = 0.047 \text{ pulg}^2$$

Encontrando diámetro de la tubería a través de la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{\frac{Ax4}{\Pi}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior se tiene

$$d = \sqrt{\frac{0.047 \times 4}{\Pi}} = 0.2446 \text{ pulg}^2$$

$$d \approx \frac{1}{4} \text{ pulg}^2$$

La tubería que debería de utilizarse es de un cuarto de pulgada, pero comercialmente ésta medida no se encuentra, por tal razón se usará el inmediato siguiente que es de 1/2 pulg., y esa es la medida que actualmente tiene, por lo que se concluye diciendo que es adecuada la tubería que cuenta actualmente.

3.3 Cálculo de iluminación

Existen varios métodos par el cálculo de iluminación, tanto para interiores como exteriores. En este caso solo se analizara los métodos aplicables a interiores, la finalidad es determinar el número de luminarias requeridos para obtener el nivel de iluminación adecuando a la labor a realizarse en el ambiente a considerar.

Primeramente se describirán los parámetros que intervienen en el cálculo de iluminación.

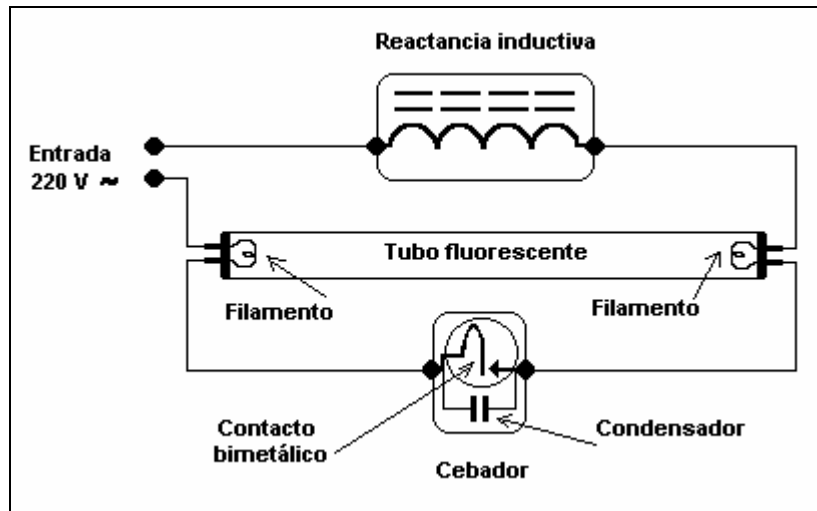
3.3.1 Lámparas fluorescentes

Una lámpara fluorescente, también denominada tubo fluorescente, es un tipo de lámpara utilizada para la iluminación doméstica e industrial. Su gran ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

Está formada por un tubo o bulbo de vidrio fino revestido interiormente con un recubrimiento que contiene fósforo y otros elementos que emiten luz al recibir una radiación ultravioleta. El tubo contiene una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón, todo ello a una presión ligeramente inferior a la presión atmosférica. Asimismo, en los extremos del tubo existen dos filamentos de tungsteno.

En la Figura 21, se aprecian los elementos de que consta la instalación de una lámpara.

Figura 21: Elementos de una lámpara



Fuente: www.es.wikipedia.org

En esta figura se distinguen, aparte de la propia lámpara, dos elementos fundamentales: el cebador y la reactancia inductiva.

El cebador está formado por una pequeña ampolla de cristal rellena de gas neón a baja presión y en cuyo interior se halla un contacto formado por láminas bimetalicas. En paralelo con este contacto se halla un condensador destinado a actuar de apagachispas.

El elemento de reactancia inductiva está constituido por una bobina arrollada sobre un núcleo de chapas de hierro.

Al aplicar la tensión de alimentación, el gas contenido en la ampolla del cebador se ioniza con lo que aumenta su temperatura lo suficiente para que la lámina bimetálica se deforme cerrando el circuito, lo que hará que los filamentos de los extremos del tubo se enciendan. Al cerrarse el contacto el cebador se apaga y el gas vuelve a enfriarse, con lo que los contactos se abren nuevamente y se repite el proceso. De este modo la corriente aplicada a los filamentos es pulsatoria.

La función del condensador, contenido en el cebador, es absorber los picos de tensión que se producen al abrir y cerrar el contacto, evitando su deterioro por las chispas que en otro caso se producirían.

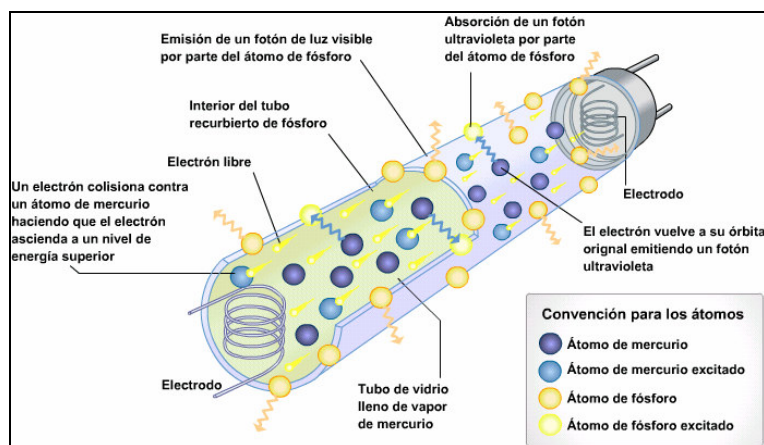
Los filamentos al calentarse generan electrones para ionizar el argón que llena el tubo, formando un plasma que conduce la electricidad. Este plasma excita los átomos de mercurio que, como consecuencia, emiten luz visible y ultravioleta.

El revestimiento interior de la lámpara tiene la función de filtrar y convertir la luz ultravioleta en visible. La coloración de la luz emitida por la lámpara depende del material de dicho recubrimiento interior.

Las lámparas fluorescentes son dispositivos con resistencia negativo-dependiente de la tensión. Esto significa que cuanto mayor es la corriente que la atraviesa mayor es el grado de ionización del gas y, por tanto, menor la resistencia que opone al paso de dicha corriente. Así, si se conecta la lámpara a una fuente tensión prácticamente constante, como es la red eléctrica, la lámpara se destruiría en pocos segundos. Para evitar esto siempre se conectan a través de un elemento limitador de corriente para mantener esta dentro de límites tolerables. Este elemento limitador, en el caso de la instalación de la Figura 1, es la reactancia inductiva.

Finalmente, la disminución de la resistencia interna del tubo una vez encendido, hace que la tensión entre los terminales del cebador sea insuficiente para ionizar el gas contenido en su ampolla y por tanto el contacto bimetalico queda inactivo cuando el tubo está encendido.

Figura 22: Funcionamiento de una lámpara fluorescente



Fuente: www.es.wikipedia.org

Las lámparas fluorescentes tienen un rendimiento luminoso que puede estimarse entre 50 y 80 lúmenes por vatio (lm/W).

3.3.2 Intensidad de iluminación

La intensidad de iluminación se puede obtener de tablas generadas por sociedades especializadas en el estudio de esta rama de la ingeniería, en el caso de los Estados Unidos de Norteamérica la Illuminating Engineering Society (IES) publica los valores recomendados.

3.3.3 Superficie

El área por iluminarse se considera en metros cuadrados si el nivel de iluminación se maneja en luxes, o bien en pies cuadrados si se toman valores de pies candela (foot-candles) la conversión es 1 pie-candela equivale a 10.76 luxes.

3.3.4 Factor de mantenimiento

Este factor es una función de la depreciación de la emisión luminosa de la luminaria, dividido a la acumulación de suciedad en el mismo, así como a la depreciación de las superficies reflectoras o transmisoras de la luz ocasionadas por el envejecimiento y las horas de uso.

El factor de mantenimiento se obtiene multiplicando el valor de la depreciación de la lámpara por la depreciación por suciedad de la luminaria. Este factor puede estimarse considerando los siguientes porcentajes:

Para locales limpios: 78%

Para locales de limpieza regular: 65 %

Para locales sucios: 55 %

3.3.5 Coeficiente de utilización

Se le llama así al cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo (flujo útil), y el flujo total emitido por las lámparas instaladas.

$$\text{Coeficiente de Utilización (CU)} = \frac{\phi_u}{\phi_t}$$

Este coeficiente depende de diversas variables tales como la eficacia de las luminarias, la reflectancia de las paredes, y las dimensiones del local.

La luminaria, aparato utilizado para soportar, alojar y distribuir el flujo luminoso de las lámparas, tiene una relativa incidencia sobre el coeficiente de utilización, según se trate de un sistema de iluminación directa, semidirecta o a través de difusores. El sistema directo o semidirecto tiene escasas pérdidas, no llegan al 4%, mientras que los sistemas a través de difusor tienen unas pérdidas comprendidas entre el 10 y el 20%.

La reflexión de la luz sobre las paredes del local juega un importante papel sobre el coeficiente de utilización. De la totalidad del flujo luminoso que incide sobre las paredes, una parte se refleja, mientras que otra es absorbida y anulada, dependiendo la proporción de una y otra, del color de las paredes.

Por ejemplo, en un local pintado de blanco, el flujo total que incide sobre las paredes se ve reflejado en un 70%, mientras que un 30% es absorbido. Por el contrario, si está pintado de un color oscuro, solamente el 10% de la luz incidente es reflejada, mientras que el 90% es absorbida.

Aunque se pueden diferenciar un gran número de colores y tonalidades, para nuestro propósito será suficiente diferenciar cuatro tonalidades diferentes, según se indica en la tabla que mostramos siguiente.

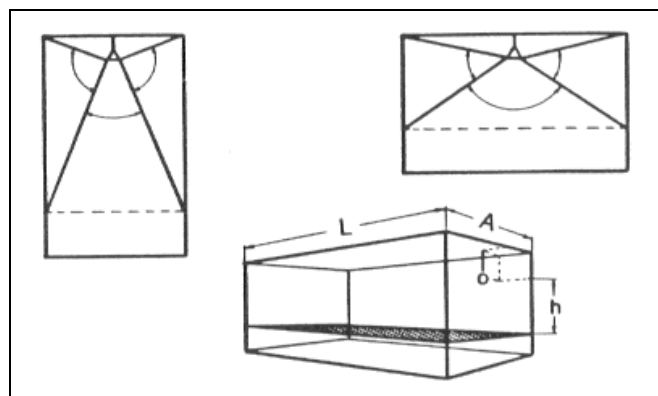
Tabla XXXI: Índices de reflexión de acuerdo al color de la superficie

COLOR	REFLEXIÓN
Blanco	70%
Claro	50%
Medio	30%
Obscuro	10%

Fuente: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-2.htm>

Así, el comportamiento del flujo total emitido por las lámparas de un local, es el siguiente: del flujo luminoso total emitido por las lámparas, solamente una parte llega directamente a la superficie de trabajo; otra parte del flujo emitido, se dirige a las paredes, donde, como ya sabemos, una fracción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo después de una o varias reflexiones; finalmente, otra parte del flujo luminoso se emite hacia el techo donde, como antes, una porción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo.

Figura 23: Relación existente entre la longitud y ancho de un ambiente con el coeficiente de utilización



Fuente: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-2.htm>

Por último, las dimensiones del local también juegan un papel importante sobre el valor del coeficiente de utilización. Esto se pone en evidencia con lo expresado anteriormente, "la proporción de flujo luminoso que llega a la superficie de trabajo depende de la relación que exista entre el flujo directo y el reflejado".

Un local estrecho y alto desperdicia mucho más flujo luminoso que otro que en proporción sea más ancho y más bajo. Esto equivale a decir que la cantidad de flujo enviado al plano útil de trabajo es directamente proporcional a la superficie e inversamente proporcional a la altura.

La dependencia de las dimensiones del local a iluminar sobre el coeficiente de utilización, se determina mediante una fórmula empírica:

$$K = \frac{0.8A + 0.2L}{H}$$

Donde:

K = Coeficiente Espacial

A = Anchura del local

L = Largo del local

H = Altura del local

Así, según sean las proporciones del local, así será el coeficiente espacial K, estando comprendido, normalmente, entre 1 y 10. El valor uno corresponderá a locales muy estrechos y altos, mientras que el valor diez lo obtendrán locales anchos y bajos.

Según lo expuesto, la interrelación de estas tres variables es fundamental en la determinación del coeficiente de utilización, y para un mejor entendimiento hemos resumido este concepto en seis tablas, cuya utilización resultará imprescindible para obtener el citado coeficiente.

Sea, por ejemplo, un local de 4m. de ancho, 6m. de largo y con una altura útil, de las luminarias al plano de trabajo, de 2,2 m.; el techo se halla pintado de un color claro mientras que las paredes lo están con un color medio, y utiliza luminarias de tubos fluorescentes con difusor. Según estos datos el coeficiente espacial K, queda determinado:


$$K = \frac{0.8(4) + 0.2(6)}{2.2} = 2$$


La reflexión del techo será del 50%, mientras que las paredes la tienen del 30%.


Según estos tres datos, en la tabla correspondiente a los tubos fluorescentes que utilizan difusores, encontramos el valor del coeficiente de utilización, siendo en este caso del 38%. Esto quiere decir que del total del flujo luminoso utilizado en este local, solamente se aprovecha el 38%.

Obsérvese en esta tabla la enorme influencia que tiene la forma del local sobre el coeficiente espacial.

Figura 24: Coeficiente de utilización en función de el factor de mantenimiento y la reflexión del local

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30			
		Parades %	K	Coeficiente de utilización C _u									
				50	30	10	50	30	10	30	10		
DIRECTO 	Bueno 70 Medio 60 Malo 50	1	30	25	22	29	25	22	25	22			
		1,2	38	33	30	37	33	29	32	29			
		1,5	44	39	36	43	39	36	38	35			
		2	51	46	42	49	45	41	44	41			
		2,5	55	50	47	54	49	46	48	45			
		3	62	57	53	60	56	52	54	52			
		4	65	61	58	63	60	57	58	56			
		6	68	65	62	66	63	60	61	59			
		8	72	69	66	70	67	65	65	63			
		10	74	72	69	72	70	68	68	66			

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30		
		Parades %	K	Coeficiente de utilización C _u								
				50	30	10	50	30	10	30	10	
SEMIDIRECTO 	Bueno 70 Medio 60 Malo 50	1	28	23	20	27	23	20	23	20		
		1,2	36	32	28	35	31	28	30	27		
		1,5	43	38	34	41	37	33	36	33		
		2	49	44	40	47	42	39	41	38		
		2,5	54	49	45	51	47	44	45	42		
		3	60	55	51	57	53	50	50	48		
		4	64	60	56	60	57	54	54	51		
		6	67	63	60	63	60	57	56	54		
		8	70	67	64	66	63	61	60	58		
		10	73	70	68	68	66	64	62	61		

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30		
		Parades %	K	Coeficiente de utilización C _u								
				50	30	10	50	30	10	30	10	
CON DIFUSOR 	Bueno 78 Medio 65 Malo 55	1	27	22	20	26	22	19	25	22		
		1,2	33	29	26	33	29	25	32	28		
		1,5	38	34	30	38	33	30	37	33		
		2	43	38	35	42	38	34	41	38		
		2,5	46	42	38	46	41	38	44	41		
		3	50	47	43	50	46	43	48	46		
		4	53	50	47	53	49	47	51	48		
		6	55	52	50	54	52	49	53	51		
		8	58	55	53	58	55	53	56	54		
		10	60	57	55	59	57	55	57	56		

Fuente: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-2.htm>

3.3.6 Método de flujo luminoso por cavidad de zonas

Este es un método que permite calcular el valor del coeficiente de utilización por medio de tablas que consideran lo siguiente:

- Longitud ilimitada de los planos de trabajo

- Altura diferentes a los planos de trabajo
- Reflejos diferentes por encima y por debajo de las luminarias.
- Obstrucciones en la cavidad del techo y en el espacio por debajo de las luminarias.

Se consideran las tres cavidades del local siguientes:

- Cavidad del techo. Área medida desde el plano de la luminaria al techo.
- Cavidad del cuarto. Espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla el trabajo y la parte inferior de la luminaria.
- Cavidad del piso. Se toma desde el piso hasta la parte superior del plano de trabajo.

Relaciones de las cavidades:

$$\text{Del techo: } RCT = \frac{5hct(L + A)}{LA}$$

$$\text{Del cuarto: } RCC = \frac{5hcc(L + A)}{LA}$$

$$\text{Del piso: } RCP = \frac{5hcp(L + A)}{LA}$$

Donde:

RCT = relación de cavidad de techo L = largo de la instalación
 RCC = relación de cavidad del cuarto A = ancho de la instalación
 RCP = relación de cavidad del piso
 hct = altura de cavidad del techo
 hcc = altura de cavidad del cuarto
 hcp = altura de cavidad del piso

3.3.7 Método de iluminación por número de luminarias

Este es un método estimado, empleado cuando se requiere tener una idea de la carga, número de lámparas necesarias para un proyecto o anteproyecto dado.

Los pasos de este método son los siguientes

- Se determina las dimensiones del local, las características la luminaria y el nivel de iluminación deseado.
- Se calcula el índice del cuarto (IC) mediante la formula:

$$IC = \frac{L \times A}{H(L \times A)}$$

En donde H es la altura del montaje (distancia entre el plano de trabajo y la lámpara).

- Es las tablas de los fabricantes se obtiene el coeficiente de utilización (CU), el factor de depreciación de la lámpara y el factor de depreciación por suciedad de la luminaria para obtener el factor de mantenimiento (FM).
- Se utiliza la fórmula siguiente para obtener el flujo luminoso necesario en el local por iluminar.

$$F = \frac{E \times S}{CU \times FM}$$

En donde S es la superficie en metros cuadrados y F el flujo total.

- Se divide el flujo luminoso total entre los lúmenes emitidos por lámpara, para obtener el número de lámparas necesarias.

$$NI = \frac{\text{No. de luminarias} \times \text{lámparas por luminaria} \times \text{Lúmenes por lámpara} \times CU \times FM}{\text{área por iluminar}}$$

$$\text{No. de lámparas} = \frac{NI \times \text{área por iluminar}}{\text{Lámparas por luminaria} \times \text{Lúmenes por lámpara} \times CU \times FM}$$

Donde :

NI = Nivel de iluminación

Tabla XXXII: Cálculo teórico de la iluminación de los salones del primer nivel del edificio S-3

PRIMER NIVEL										
Salón	Numero de lamparas instaladas	Largo	Ancho	Area	Factor de espacio, K	Reflexión del Techo	Reflexión de las Paredes	Coefficiente de Utilización	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
101	20	14.5	9	130.50	4.49	70%	50%	54%	18	36
102	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
103	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
104	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
105	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
109	20	15	9	135.00	4.53	70%	50%	54%	18	37
110	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
111	6	9	4.5	40.50	2.40	70%	50%	46%	7	13
112	12	9	9	81.00	4.00	70%	50%	53%	11	23
113	6	9	4.5	40.50	2.40	70%	50%	45%	7	13
114	16	11	9	99.00	4.18	70%	50%	54%	14	27

Tabla XXXIII: Cálculo teórico de la iluminación de los salones del segundo nivel del edificio S-3

SEGUNDO NIVEL										
Salón	Numero de lamparas instaladas	Largo	Ancho	Area	Factor de espacio, K	Reflexión del Techo	Reflexión de las Paredes	Coefficiente de Utilización	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
202	12	11	9	99.00	4.18	70%	50%	53%	14	28
203	15	11	11	121.00	4.89	70%	50%	54%	17	33
204	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
205	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
206	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
207	15	11	11	121.00	4.89	70%	50%	54%	17	33
208	Baño Hombre	4.5	3.5	15.75	1.64	70%	50%	40%	3	6
		4.5	1.75	7.88	1.02	70%	50%	25%	2	5
209	Baño Mujeres	4.5	4.5	20.25	2.00	70%	50%	43%	3	7
		4.5	2	9.00	1.11	70%	50%	30%	2	4
210	12	11	6.5	71.50	3.29	70%	50%	52%	10	20
211	20	13.5	11	148.50	5.11	70%	50%	54%	20	41
212	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
213	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
214	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
215	20	12.5	11	137.50	5.02	70%	50%	54%	19	38
216	6	6	5.5	33.00	2.49	70%	50%	46%	5	11
217	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
218	6	6	5.5	33.00	2.49	70%	50%	46%	5	11
219	6	6	5.5	33.00	2.49	70%	50%	46%	5	11
220	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	49%	7	15
221	6	6	5.5	33.00	2.49	70%	50%	46%	5	11

TablaXXXIV: Cálculo teórico de la iluminación de los salones del tercer nivel del edificio S-3

TERCER NIVEL										
Salón	Numero de lamparas instaladas	Largo	Ancho	Area	Factor de espacio, K	Reflexión del Techo	Reflexión de las Paredes	Coefficiente de Utilización	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
301	5	4	4.5	18.00	1.96	70%	50%	53%	3	5
302	12	11	9	99.00	4.18	70%	50%	53%	14	28
303	15	11	11	121.00	4.89	70%	50%	54%	17	33
304	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	49%	7	15
305	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	49%	7	15
306	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	49%	7	15
307	15	11	11	121.00	4.89	70%	50%	54%	17	33
310	12	11	6.5	71.50	3.29	70%	50%	52%	10	20
311	20	11	5.5	60.50	2.93	70%	50%	50%	9	18
312	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
313	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
314	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
315	20	13	11	143.00	5.07	70%	50%	54%	20	39
316	6	6.5	5.5	35.75	2.53	70%	50%	46%	6	11
317	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
318	6	6.5	5.5	35.75	2.53	70%	50%	46%	6	11
319	6	6.5	5.5	35.75	2.53	70%	50%	46%	6	11
320	9	9	5.5	49.50	2.76	70%	50%	48%	8	15
321	6	6.25	5.5	34.38	2.51	70%	50%	46%	6	11

4 CAMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS

Es muy importante hacer el análisis de comparar el trabajo efectuado por el diseñador inicial comparándolo con las normas vigentes actualmente, esto da como resultado las diferencias que existen entre lo que está hecho que fue pensado inicialmente de un estudio técnico y el trabajo de ingeniería hecho.

Se debe tomar en cuenta que las instalaciones han sufrido muchos cambios pero principalmente por falta de mantenimiento se han visto bastante deterioradas, a parte de eso en el momento de que se desee hacer un cambio de algún equipo, como por ejemplo, los interruptores, se tendrán que cambiar los tableros completos debido a que actualmente en el mercado no existen los mismos equipos que cuando se instalaron estos.

Las dimensiones de cada protección están adecuadas sin un incremento de carga por circuito, el edificio fue previsto para las funciones que actualmente se desarrollan. Cualquier incremento desmedido de carga que sobrepase un mínimo de porcentaje hará que se dispare las protecciones que están coordinadas de forma adecuada.

Dentro de las protecciones del edificio que se deben tener está la red de tierras y pararrayos, estos, que son los encargados de proteger contra sobrecorrientes en las líneas y descargas electroatmosféricas, se encuentran sin instalación y diseño, por lo que su comparación técnica-teórico no es posible.

El cálculo de conductores y el diseño de iluminación es lo más resaltante y en lo que mayor énfasis se hace, primero; los conductores están bien dimensionados técnicamente, los resultados dados en las tablas de los apéndices correspondientes marcan una diferencia ligeramente mayor y, en algunos casos por sobrecargas de circuitos y mayores distancias entre la distribución y la carga, son calibres mayores a utilizar.

Segundo, Se posee ausencia de iluminación en parqueo, esto sumado a la mala posición de las luminarias en los salones, hacen que la iluminación sea defectuosa para los fines a los que se utiliza el edificio.

Posteriormente, se concluirá la situación del edificio que, técnicamente se encuentra operando normalmente pero de seguir este análisis y recomendaciones se puede dar la confiabilidad en su uso cotidiano y prolongar el tiempo de vida de la instalación eléctrica.

4.1 Comparación de conductores

Tabla XXXV: Comparación entre el cálculo teórico de los conductores y los instalados actualmente de primer nivel del edificio S-3.

CIRCUITOS DEL PRIMER NIVEL			
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores
Circuito 1	Iluminación 112	12	14
Circuito 2	Iluminación 112	12	14
Circuito 3	Iluminación 113	12	14
Circuito 4	Iluminación 110	12	12
Circuito 5	Fuerza salón 110	12	14
Circuito 6	Iluminación entrada este	12	14
Circuito 7	Iluminación exterior	10	8
Circuito 8	Iluminación pasillo	10	10
Circuito 9	Iluminación emergencia	12	14
Circuito 10	Fuerza salones 114, 112, 113	10	14
Circuito 11	Fuerza salón 109, 111	12	14
Circuito 12	Iluminación 109	12	10
Circuito 13	Iluminación salón 114	10	14
Circuito 14	Bomba de agua	12	12
Circuito 15	Iluminación librería	12	14
Circuito 16	Iluminación salón 103	12	12
Circuito 17	Iluminación salón 101	12	10
Circuito 18	Iluminación salón 102	12	14
Circuito 19	Iluminación pasillo	10	10
Circuito 20	Iluminación salón 104	12	12
Circuito 21	Iluminación pasillo	12	10
Circuito 22	Iluminación salón 105	12	12
Circuito 23	Iluminación sotano limpieza	12	14
Circuito 24	Iluminación pasillo	12	10
Circuito 25	Fuerza salones 101, 102	12	14
Circuito 26	Fuerza salones 103, 104, 105	12	12
Circuito 27	Iluminación baños	12	8
Circuito 28	Iluminación exterior	10	8
Circuito 29	Fuerza pasillo	12	14

Tabla XXXVI: Comparación entre el cálculo teórico de los conductores y los instalados actualmente de segundo nivel del edificio S-3.

CIRCUITOS DEL SEGUNDO NIVEL			
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores
Circuito 1	Iluminación salón 207	12	8
Circuito 2	Iluminación salón 217	12	12
Circuito 3	Iluminación salón 204	12	12
Circuito 4	Iluminación salón 206	12	10
Circuito 5	Iluminación salón 203	12	12
Circuito 6	Iluminación salón 218	12	14
Circuito 7	Iluminación salón 213	12	14
Circuito 8	Iluminación salón 205	12	12
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	12	10
Circuito 10	Iluminación salón 212	12	12
Circuito 11	Iluminación salón 215	12	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	12	14
Circuito 13	Fuerza salones 212, 214	8	14
Circuito 14	Iluminación pasillo	8	10
Circuito 15	Iluminación salón 219	12	14
Circuito 16	Fuerza salones 216, 217	12	14
Circuito 17	Iluminación salón 220	12	14
Circuito 18	Iluminación salón 221	12	14
Circuito 19	Iluminación salón 214	12	14
Circuito 20	Iluminación salón 202	12	14
Circuito 21	Iluminación salón 216	12	12
Circuito 22	Iluminación salón 211	12	10
Circuito 23	Iluminación gradas este	12	12
Circuito 24	Iluminación salón 208	12	10
Circuito 25	Fuerza salones 219, 220, 221	12	14
Circuito 26	Fuerza salones 216, 217, 218	12	12
Circuito 27	Fuerza salones 211	12	12
Circuito 28	Fuerza salón 215	12	14
Circuito 29	Fuerza salón 203	12	14
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	12	8
Circuito 31	Fuerza salón 213	12	14
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 2	12	10

TablaXXXVII: Comparación entre el cálculo teórico de los conductores y los instalados actualmente de tercer nivel del edificio S-3.

CIRCUITOS DEL TERCER NIVEL			
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores
Circuito 1	Iluminación gradas este	12	10
Circuito 2	Iluminación salón 317	12	12
Circuito 3	Iluminación salón 307	12	8
Circuito 4	Iluminación salón 305	12	12
Circuito 5	Iluminación gradas oeste	12	14
Circuito 6	Iluminación salón 306	12	12
Circuito 7	Iluminación salón 312	12	12
Circuito 8	Iluminación salón 311	12	10
Circuito 9	Iluminación salón 320	12	12
Circuito 10	Iluminación salón 313	12	14
Circuito 11	Iluminación salón 315	12	14
Circuito 12	Iluminación pasillo	12	10
Circuito 13	Fuerza salón 315	8	14
Circuito 14	Fuerza salones 319, 320, 321	8	12
Circuito 15	Fuerza salón 314	12	14
Circuito 16	Iluminación salón 302	12	12
Circuito 17	Iluminación salón 316	12	12
Circuito 18	Iluminación salón 304	12	12
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	12	10
Circuito 20	Iluminación salón 307	12	8
Circuito 21	Iluminación salón 310	12	8
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	12	10
Circuito 23	Fuerza salones 316, 317, 318	12	12
Circuito 24	Iluminación salón 314	12	14
Circuito 25	Iluminación salón 319	12	14
Circuito 26	Iluminación salón 321	12	14
Circuito 27	Iluminación baños	12	10
Circuito 28	Iluminación salón de catedraticos	12	14
Circuito 29	Fuerza salones 313, 314, 315	12	14
Circuito 30	Fuerza salones 302, 303	12	12
Circuito 31	Iluminación 303	12	12
Circuito 32	Iluminación 316	12	14

Analizando los resultados obtenidos de la comparación hecha en las tres tablas anteriores se tiene que existen 7 circuitos en el primer nivel, 7 en el segundo y 9 en el tercero que necesitan mejoras en el cableado debido a que el calibre del conductor que arroja el cálculo teórico de mayor sección transversal que el que se encuentra instalado actualmente.

Se puede apreciar mejor esto en las tablas de resumen que a continuación se muestran:

Tabla XXXVIII: Resumen de los circuitos que necesitan mejoras del primer nivel.

PRIMER NIVEL				
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores	Longitud total del conductor
Circuito 7	Iluminación exterior	10	8	10
Circuito 12	Iluminación 109	12	10	70
Circuito 17	Iluminación salón 101	12	10	50
Circuito 21	Iluminación pasillo	12	10	90
Circuito 24	Iluminación pasillo	12	10	90
Circuito 27	Iluminación baños	12	8	90
Circuito 28	Iluminación exterior	10	8	90

Tabla XXXIX: Resumen de los circuitos que necesitan mejoras del segundo nivel.

SEGUNDO NIVEL				
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores	Longitud total del conductor
Circuito 1	Iluminación salón 207	12	8	114
Circuito 4	Iluminación salón 206	12	10	94
Circuito 9	Iluminación gradas y baños	12	10	90
Circuito 22	Iluminación salón 211	12	10	86
Circuito 24	Iluminación salón 208	12	10	130
Circuito 30	Iluminación y fuerza salón 210	12	8	110
Circuito 32	Fuerza salones 204, 205, 206, 2	12	10	76

Tabla XXXX: Resumen de los circuitos que necesitan mejoras del tercer nivel.

TERCER NIVEL				
No.	Descripción	Calibre del conductor instalados actualmente	Calculo teorico de los conductores	Longitud total del conductor
Circuito 1	Iluminación gradas este	12	10	90
Circuito 3	Iluminación salón 307	12	8	122
Circuito 8	Iluminación salón 311	12	10	94
Circuito 12	Iluminación pasillo	12	10	90
Circuito 19	Fuerza salones 310, 311, 312	12	10	94
Circuito 20	Iluminación salón 307	12	8	122
Circuito 21	Iluminación salón 310	12	8	158
Circuito 22	Fuerza salones 305, 306, 307	12	10	106
Circuito 27	Iluminación baños	12	10	100

Según las tres tablas anteriores se puede sumar y encontrar que se necesita reconductoras 2166 metros de cable de diferentes calibres debido a que actualmente están sub-dimensionados.

4.2 Comparación de Iluminación

Tabla XXXXI: Comparación entre las lámparas instaladas y las calculadas teóricamente del primer nivel.

PRIMER NIVEL			
Salón	Numero de lamparas instaladas	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
101	20	18	36
102	12	11	23
103	12	11	23
104	12	11	23
105	12	11	23
109	20	18	37
110	12	11	23
111	6	7	13
112	12	11	23
113	6	7	13
114	16	14	27

Tabla XXXXII: Comparación entre las lámparas instaladas y las calculadas teóricamente del segundo nivel.

SEGUNDO NIVEL			
Salón	Numero de lamparas instaladas	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
202	12	14	28
203	15	17	33
204	9	8	15
205	9	8	15
206	9	8	15
207	15	17	33
208	6	5	11
209	7	5	11
210	12	10	20
211	20	20	41
212	9	8	15
213	9	8	15
214	9	8	15
215	20	19	38
216	6	5	11
217	9	8	15
218	6	5	11
219	6	5	11
220	9	7	15
221	6	5	11

Tabla XXXXIII: Comparación entre las lámparas instaladas y las calculadas teóricamente del tercer nivel.

TERCER NIVEL			
Salón	Numero de lamparas instaladas	Lamparas Recomendadas Min. (250 Lux)	Lamparas Recomendadas Max. (500 Lux)
301	5	3	5
302	12	14	28
303	15	17	33
304	9	7	15
305	9	7	15
306	9	7	15
307	15	17	33
310	12	10	20
311	20	9	18
312	9	8	15
313	9	8	15
314	9	8	15
315	20	20	39
316	6	6	11
317	9	8	15
318	6	6	11
319	6	6	11
320	9	8	15
321	6	6	11

5 ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En proyectos como este en los cuales se pretende hacer una comparación entre los datos tomados en la práctica y los calculados en base a formulamientos matemáticos o según normas vigentes que involucran los diferentes temas analizados en este trabajo de graduación.

Es necesario hacer hincapié en el aspecto de que el edificio para el que fue diseñada la red eléctrica ha sufrido modificaciones que por suerte no han sido significativas, pero si es de interés mencionarlas.

Tomando como 20 años la vida útil para los tableros e interruptores que son los que se ha visto que esta con mayor deterioro se plantea el cambio para evitar posibles fallas y eliminar algunas que están ocurriendo en los momentos de máxima utilización de las instalaciones.

Para empezar se revisaron los tableros, los interruptores, las canaletas, conductores y por ultimo la iluminación. El análisis de cada aspecto ha sido mencionado con anterioridad por lo que se hará referencia únicamente de los detalles económicos con respecto a las mejoras que se podrían hacer para obtener una mejor calidad en el servicio final.

El cálculo para cada aspecto se realizó para la cantidad necesaria para corregir los problemas, en el caso de la falta de los tomacorrientes de todos los salones del edificio se menciona en el cálculo que se deben incluir en su totalidad debido a la ausencia total de estos dispositivos, tomando en cuenta

que en la actualidad la tecnología forma una gran parte en nuestras vidas y tanto los catedráticos como los estudiantes hacen uso de esta para desenvolverse mejor en los salones de clase.

En el caso de la iluminación se presenta igualmente el cálculo para los tubos dañados, así como los difusores que estén maltratados y para el caso de la iluminación exterior o del parqueo se presenta el cálculo completo debido a la ausencia total de los dispositivos.

Además del presupuesto de los materiales, se realizó un cálculo substancial sobre el costo de la mano de obra que este proyecto llevaría si se subcontrata a una empresa para realizar esta tarea, esta lleva un margen de error dado la variabilidad de los precios de los instaladores de los dispositivos.

Hemos mencionado con anterioridad que los tableros se encuentra en buenas condiciones, según lo grados IP mencionados anteriormente, sin embargo, es necesario darle el mantenimiento contra polvo, humedad e identificar con plástico adhesivo a que pertenece cada flip-on.

En el caso de sustitución de tableros, por nivel, para el aseguramiento de las instalaciones se cuenta con los siguientes costos:

Un Tablero Industrial tipo NCB, monofásico, 120/240, de 36 polos, con barras de 400 Amperios, N/S, N/Am con terminales de alimentación: **Q8, 640.00**

Teniendo un costo total por el edificio de: $Q8, 640.00 * 3 = \mathbf{Q25, 920.00}$

Esto incluye los interruptores ramales de 2 * 40 Amperios.

A esto se le agrega el costo por el montaje e instalación de Q500.00 por tablero que es igual a $Q500.00 * 3 = \mathbf{Q1, 500. 00}$

Teniendo un total de: $\mathbf{Q25, 920.00 + Q1, 500. 00 = \underline{Q27, 420.00}}$

Que es un valor que puede variar según los precios del distribuidor de los productos eléctricos y la mano de obra del contratista.

Interruptores

Para el caso de los interruptores, se necesitara cambiar por completo todos son 29 en el primer nivel, 32 en el segundo y 30 en el tercero para hacer un total de 91 interruptores para el edificio S-3.

El precio promedio de los interruptores de 2 polos para 120/240 VDC, es de $Q15. 00 * 91 = \mathbf{Q1, 365. 00}$

El costo de instalación por unidad sin cambiar el conductor es de Q30.00. Teniendo un total de $Q30.00 * 91 = \mathbf{Q2, 730.00}$

Sumado el total es de $Q1, 365.00 + Q2, 730.00 = \underline{\mathbf{Q4, 095.00}}$

Canaletas

Las canaletas se encuentran en un buen estado y, como se mencionó anteriormente, con un rango de utilización muy por debajo del permitido, por lo que su recambio puede no darse y no ser justificado.

Sin embargo, se presenta una cotización que variará según la fecha del cambio, pero que actualmente las características de la canaleta con su precio son:

Sección de canal eléctrica tipo ducto pintada de 4 * 4 " = **Q151.00**

Ésta tiene una longitud de 2.44 metros o lo que es igual a 8 pulgadas. El cambio, de efectuarse, sería un gasto innecesario para el edificio, pero cualquier extensión tendría el valor anteriormente mencionado.

Conductores

Los conductores son importantes para la seguridad de la instalación eléctrica, éstos han sido revisados y se han tomado muestras con las pruebas respectivas en su apartado.

El diagnóstico final para los forros o aislamientos de los conductores es bueno, por que su cambio no es necesario. Lo mínimo necesario para su uso confiable es el no exceder en cuanto a la carga instalada, evitar los sobreesfuerzos de los conductores y limpiar los tableros para que el polvo no haga daño en los forros.

En la actualidad el edificio esta alambrado con centros de carga, es decir, parten desde el tablero de sub-distribución hasta el centro de cada salón sea el caso de iluminación o fuerza.

Se presenta únicamente el precio del conductor que en su mayoría es AWG 12 que en metros lineales se calculo que eran: 2500 metros.

El valor del metro en la actualidad es de Q8.00

Teniendo un total de $2500 * Q8.00 = \mathbf{Q20,000.00}$

Sumado a esto la mano de obra que por ser el recambio a todo el edificio se estima en: **Q8,000.00**

Que suma en total: **Q28,000.00**

Iluminación de interiores

Hemos reiterado en varias ocasiones que dadas las funciones que cumple el edificio, que es la docencia, la iluminación es un factor muy importante ha corregir. Dadas las conclusiones obtenidas luego del estudio y posterior cálculo se requiere de sumar lámparas a los salones además de corregir su posición actual.

La cantidad de lámparas a adherir para corregir la ausencia de lúmenes es de 4 a 5 lámparas de 2*40 Watts.

Las lámparas deben ser fluorescentes de cualquier marca (proelca, General electric, etc.) tipo industrial de 2 *40 RS que incluyendo los dos (2) tubos de 40 watts tienen un precio de Q215.00 cada una.

Los salones donde son necesarias 4 lámparas son 12, que es igual a:

$$12 * 4 = 36 \text{ y } Q215.00 * 36 = \mathbf{Q7, 740.00}$$

Los salones donde son necesarias 5 lámparas son 15 que es igual a:

$$15 * 5 = 75 \text{ y } Q215.00 * 75 = \mathbf{Q16, 125.00}$$

Teniendo un total de: $\mathbf{Q7, 740.00 + Q16, 125.00 = Q23, 185.00}$

A esto se le suma el costo de instalación que es Q100.00 quetzales por unidad

$$120 * Q100.00 = \mathbf{Q12, 000.00}$$

Que es un total de: $\mathbf{Q23, 185.00 + Q12, 000 = \underline{Q35, 185.00}}$

6 EVALUACIÓN DE INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO AL MERCADO MAYORISTA

Para participar en el Mercado Mayorista deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Presentar ante el AMM cuando se realicen transacciones en el Mercado a Término, de conformidad con la Norma de Coordinación Comercial No. 13, la siguiente información:
- Una solicitud indicando que se desea incorporar al Mercado a Término (Se llama mercado a término aquél que está constituido por contratos entre Participantes del Mercado Mayorista, con precios, cantidades y duración pactadas entre las partes), un contrato o modificación a un contrato vigente.
- Declaración Jurada con el resumen de las condiciones contractuales más importantes, tales como: Tipo de Contrato, Precio, plazo, punto de entrega, fórmulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13.

- Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.
- Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1, Base de Datos), Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1, Coordinación del Despacho de Carga), que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la Programación de Largo Plazo, Programación Semanal y Despacho Diario.
- Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el Artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.
- Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.
- La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo.

- Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el Mercado Mayorista, una declaración jurada de que su demanda excede 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro.

CONCLUSIONES

1. Debido a que el edificio fue diseñado sólo para aulas, actualmente, no se necesita un sistema de pararrayos siendo este sistema un gasto innecesario para las necesidades actuales.
2. La red de tierras como se mencionó en el capítulo uno se encuentra en buenas condiciones tomando en cuenta cinco ohmios como mínimo para una instalación industrial, y habiendo medido 2.5 ohmios.
3. El edificio S-3 no califica como un Gran Usuario, tomando en cuenta el simple hecho de que no tiene un historial de demanda máxima de 100 kW, por un período de seis meses.
4. Se presenta una buena distribución de la energía eléctrica en el edificio S-3, con las protecciones adecuadas para la carga que actualmente esta instalada.
5. El voltaje se encuentra con una buena regulación, luego de las mediciones efectuadas por un intervalo de un día, en el cual se midió al edificio a plena carga.

RECOMENDACIONES

1. En cuanto a la iluminación en los espacios abierto se puede decir que se encuentra en buenas condiciones, no así las aulas en las que se debe mejorar esta situación, se puede observar en el capítulo 1 los niveles de iluminación medidos con el fotómetro y en capítulo 3 las lámparas que deberían de estar instaladas como están distribuidas las luminarias según los niveles de iluminación de 250 a 500 luxes.
2. Las modificaciones planteadas en el capítulo cinco son necesarias para prestar un mejor servicio a los estudiantes que reciben clases día a día en estas instalaciones, quienes en realidad son los usuarios.
3. Las modificaciones que se puedan proponer para mejorar el edificio, se podrían proyectar con un plan de mejoras periódicas a largo plazo fraccionando la inversión en montos relativamente pequeños que la Administración de la Universidad no tendría problema en otorgar.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRATU, NAUGU Y CAMPERO LITTLEWOOD, EDUARDO. **Instalaciones Eléctricas**. 2da. Edición México: Alfaomega, 1992.
2. ENRIQUE HARPER, GILBERTO. **Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión**. 2da. Edición México: Editorial Limusa, 2000.
3. KOENIGSBERGER, RODOLFO. **Instalaciones Eléctricas 1**. Guatemala: Facultad de Ingeniería, 1982.
4. SIEMES APARATOS Y SISTEMAS. **Catalogo 2004**. Alemania: 2004
5. FINK, DONALD G. Y BEATY, H. WAYNE. **Manual de Ingeniería Eléctrica**. 13ra. Edición: Editorial McGraw-Hill.
6. <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/armonico519.htm>.
Marzo 2006.
7. <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/armonicos.htm>.
Marzo 2006.
8. <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/calidad.HTM>. Marzo 2006