

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

**ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Bayron Neftalí Soto Bautista**

**Asesor: Ing. Carlos Alberto Quijivix R.**

Guatemala, mayo de 2,006.



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

**ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y  
CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10  
DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

**Bayron Nefalí Soto Bautista**

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, mayo de 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BAYRON NEFTALÍ SOTO BAUTISTA**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RACANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MAYO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz 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
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **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 GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.

Bayron Neftalí Soto Bautista.



FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio le informo que como Asesor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica **BAYRON NEFTALÍ SOTO BAUTISTA**, procedí a revisar el Informe Final de la práctica de EPS, titulado **“ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA”**

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte a nuestra Universidad.

En tal virtud, lo doy por **APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj  
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 30 de enero de 2006  
Ref. EPS. D. 036.01.06

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Sic García

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera Ingeniería Eléctrica, **BAYRON NEFTALÍ SOTO BAUTISTA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **“ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte a nuestra universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
*“Id y enseñad a todos”*

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.  
Supervisor de EPS Ing. Eléctrica



cc. Archivo  
KIER/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 30 de enero de 2006  
Ref. EPS. C. 028. 01. 06

Ing. Renato Escobedo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Escobedo

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **“ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario **BAYRON NEFTALÍ SOTO BAUTISTA** quien fue asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la **APROBACIÓN DEL MISMO**, por parte de asesor y supervisor, **ESTA COORDINACIÓN TAMBIÉN APRUEBA SU CONTENIDO**; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
*“Id y enseñad a todos”*

Ing. Angel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS



cc. Archivo  
ARSG/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación de la estudiante; Bayron Nefali Soto Bautista titulado: Estudio general de las instalaciones y calidad de Energía Eléctrica del Edificio S-10 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR

GUATEMALA, 24 DE MAYO 2,006.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-10 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Bayron Neftalí Soto Bautista**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, mayo 29 de 2,006

/gdech

*Tudo por ti, Carolingia Alia*  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

## DEDICATORIA A

**DIOS** por darme la oportunidad de terminar lo que un día me permitió comenzar, por la sabiduría, por despertar en mí ese amor a la ciencia, la investigación y todo lo apasionante que me enseñó la carrera;

**Mis padres** por el apoyo y esfuerzo que han hecho para hacer este sueño realidad;

**Mi madre** por todo el amor derramado durante estos años de mi vida, por reconfortarme en mis tropiezos y darme el ánimo de seguir siempre adelante;

**Mi abuelita** Esperanza Méndez (**Q.E.P.D.**) este logro es parte de tu esfuerzo y de todo el amor que me diste, eternamente gracias;

**Mis tíos** Egil y Amed; por mostrarme con su ejemplo dos formas diferentes de pensar;

**Mis sobrinos** José Rodrigo, María José y Oscar David; que algún día comprendan que fueron una razón más para concluir este trabajo de graduación;

**Mis compañeros**

de estudios y desvelos: Elvis Leal, Otto Contreras, Alex Sánchez, Byron Cuyán, Fermín González, Joaquín Reyes, Hydri Mazariegos;

**Cubículo X**

los del departamento de matemática: Ángel López, Álvaro Ramírez, Alfredo González y Carlos Bolaños;

**Mis amigos**

Ronald, Luís, José Francisco, Herber, Iván, Mario, Orsibal, Paco, Samuel, Walfre, Fernando.  
Que la amistad sea para siempre.

## **AGRADECIMIENTOS A**

**La División de Servicios Generales**

Por el soporte técnico aportado.

**Ingeniero Gustavo Catún**

Por la asesoría en el manejo de equipo eléctrico.

**Ingeniero Carlos Quijvix**

Por la asesoría en el trabajo realizado.

**Escuela de Mecánica Industrial**

Por el soporte técnico aportado.

**CCI**

Por las mediciones realizadas.

*Desde el fondo de mi corazón*

$$\mathcal{R} = 2 + 2 \cos \Phi$$

*JEMV*

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>
<b>1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES</b>	<b>1</b>
1.1. Instalaciones	1
1.1.1. Caracterización de cargas	4
1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de los conductores	13
1.1.2.1. Resistencia de aislamiento	13
1.1.2.2. capacidad, calibres y sección de conductores	15
1.1.3. Tuberías	18
1.1.4. Protección	18
1.1.4.1. Prueba de disparo	20
1.1.4.2. Capacidad de corto circuito	21
1.1.4.3. Corriente nominal	22
1.1.5. Tableros	22
1.1.5.1. Condición actual	23
1.2. Análisis de redes	24
1.2.1. Corrientes	25
1.2.2. Voltajes	28
1.2.3. Factor de potencia	31
1.2.4. Potencia	34
1.2.4.1. Potencia activa	34
1.2.4.2. Potencia reactiva	37
1.2.4.3. Potencia aparente	40

1.2.5.	Factor K	42
1.2.6.	Análisis de armónicos	43
	1.2.6.1. Distorsión armónica THDV	45
1.2.7.	Captura de perturbaciones	47
1.2.8.	Desbalance	49
1.3.	Red de tierras	50
	1.3.1. Condición actual	51
	1.3.2. Comprobación de utilidad	52
1.4.	Pararrayos	53
	1.4.1. Situación actual	54
1.5.	Iluminación	55
	1.5.1. Revisión visual	55
	1.5.2. Características de las luminarias	56
	1.5.3. Medición de luxes	56
1.6.	Instalaciones especiales	58
<b>2</b>	<b>DIAGRAMAS UNIFILARES</b>	<b>59</b>
2.1.	Diagrama unifilar de la red eléctrica general	60
2.2.	Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica	67
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	<b>65</b>
3.1.	Cálculo de conductores	65
	3.1.1. Cálculo por caída de tensión	65
	3.1.2. Cálculo por capacidad de corriente	72
3.2.	Cálculo de iluminación	78
	3.2.1. Iluminación en interiores	78
	3.2.1.1. Método de cavidad zonal	79
	3.2.1.2. Para el salón 101 del edificio S-10	82
	3.2.2. Iluminación en exteriores	94
3.3.	Cálculo de pararrayos	97
3.4.	Diseño de red de tierras	98
3.5.	Cálculo de tuberías	102

<b>4</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-10</b>	<b>105</b>
4.1.	Tableros	105
4.2.	Interruptores	105
4.3.	Protección	106
4.4.	Pararrayos y redes de tierra	106
4.5.	Conductores	106
4.6.	Canaletas	108
4.7.	Iluminación	108
<b>5</b>	<b>IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-10 A LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>111</b>
5.1.	THDV Gráficos	112
5.2.	Desbalance en el tiempo	114
<b>6</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO S-10 A LA ASOCIACIÓN DEL MERCADO MAYORISTA</b>	<b>117</b>
<b>7</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	<b>119</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>129</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>131</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>133</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>1304</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Curva de demanda horaria de potencia activa	4
2.	Curva de demanda horaria de potencia reactiva	5
3.	Corriente de fase 1	25
4.	Corriente de fase 2	26
5.	Corriente de fase 3	26
6.	Corriente de neutro	27
7.	Voltaje de fase 1	29
8.	Voltaje de fase 2	29
9.	Voltaje de fase 3	30
10.	Factor de potencia línea 1	32
11.	Factor de potencia línea 2	33
12.	Factor de potencia línea 3	33
13.	Potencia real de fase 1	35
14.	Potencia real de fase 2	36
15.	Potencia real de fase 3	36
16.	Suma de potencia real	37
17.	Potencia reactiva fase 1	38
18.	Potencia reactiva fase 2	38
19.	Potencia reactiva fase 3	39
20.	Suma de potencias reactivas	39
21.	Potencia aparente fase 1	40
22.	Potencia aparente fase 2	41

23.	Potencia aparente fase 3	41
24.	Suma de potencia aparente	42
25.	Suma de onda armónica a la fundamental	43
26.	Onda de tensión	45
27.	Diagrama unifilar de la red general	61
28.	Diagrama de la sub-red eléctrica, primer nivel	62
29.	Diagrama de la sub-red eléctrica, segundo nivel	63
30.	Diagrama de la sub-red eléctrica, tercer nivel	64
31.	Área de características físicas del salón 101	83
32.	Área de características físicas	84
33.	Plano de distribución de luminarias	91
34.	Planta de distribución de luminarias	92
35.	Plano de iluminación del parqueo	95
36.	Perfil de iluminación	96
37.	THDV línea 1	112
38.	THDV línea 2	113
39.	THDV línea 3	113
40.	Desbalance de tensión	115

## **Tablas**

1.	Nivel 1	7
2.	Caracterización por salones	8
3.	Caracterización del pasillo nivel 1	8
4.	Servicios sanitarios	8
5.	Nivel 2	9
6.	Caracterización, nivel 2	10
7.	Nivel 3	10

8.	Caracterización por pasillo	11
9.	Servicios sanitarios, nivel 3	11
10.	Resistencia de aislamiento	14
11.	Capacidad de conductores	16
12.	Aislamiento	17
13.	Análisis de gráficas de corriente	27
14.	Análisis de voltaje en norma	31
15.	Promedio de factor de potencia	34
16.	Armónicos	44
17.	Captura de distorsión armónica	48
18.	Datos del suelo	51
19.	Cantidad de lúmenes por ambiente	57
20.	Cálculo de conductores por área	69
21.	Cálculo para segundo nivel	70
22.	Cálculo para tercer nivel	71
23.	Cálculo de conductores principales	72
24.	Factores de corrección	73
25.	Factores de corrección final	74
26.	Cálculo de conductores por corriente	75
27.	Cálculo de conductores por corriente, nivel 2	76
28.	Cálculo de conductores por corriente, nivel 3	77
29.	Resumen colores por ambiente	80
30.	Cuadro de resumen	85
31.	Extrapolación del techo	86
32.	Interpolaciones	88
33.	Interpolaciones 2	88
34.	Cálculo de reflectancias	90
35.	Valores medidos versus valores permitidos	100
36.	Comparación de resultados	107

37.	Niveles de iluminación	109
38.	Cálculo económico de materiales	125
39.	Cálculo económico de materiales y mano de obra	126
40.	Cálculo económico de materiales y mano de obra	127

## GLOSARIO

<b>Acometida</b>	Conjunto de conductores y componentes que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde las líneas de distribución de baja tensión de la empresa distribuidora hasta la instalación eléctrica del mismo.
<b>Aislamiento</b>	Conjunto de dispositivos capaces de separar partes de máquinas, aparatos e instalaciones con diferencia de potencial entre ambas partes o a tierra física.
<b>Ampacidad:</b>	Capacidad de conducción eléctrica de un diferente tipo conductor.
<b>Amperio</b>	Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica.
<b>Capacidad</b>	Es la capacidad máxima de conducción en amperios a temperatura ambiente de los conductores eléctricos.
<b>Carga</b>	Cantidad de potencia dada o recibida en un punto sobre un intervalo de tiempo para transportar la energía eléctrica desde el transformador hasta el contador del usuario.

<b>Demanda</b>	Suma total de la carga y las pérdidas de potencia correspondientes en un instante determinado, de un cliente o usuario, sector de usuarios o un sistema en su totalidad.
<b>Dieléctrico</b>	Medio que permite la propagación de ondas electromagnéticas pero no la conducción eléctrica, usado generalmente como medio aislante en las unidades de transformación.
<b>Factor de potencia</b>	Razón entre la potencia eléctrica útil consumida y la cantidad de potencia eléctrica que se debe suministrar al consumidor.
<b>Impedancia</b>	Elemento de oposición en corriente alterna, formado por una resistencia en la parte real una reactancia inductiva o capacitiva en la parte imaginaria.

## RESUMEN

Este trabajo estudia los parámetros de confiabilidad de una instalación eléctrica, específicamente del edificio S-10 de la Universidad San Carlos de Guatemala, el cual tiene una cantidad de años que sobrepasa los límites garantizables.

Se compone de pruebas realizadas, según normas internacionales de calidad de energía, parten desde un balance común de carga hasta la medición de armónicos y componentes simétricas que descomponen en algún momento la onda de tensión y por ende la calidad de energía que maneja dicho edificio. Se incluyen cálculos teóricos que respaldan la vida útil del conductor, específicamente el aislamiento del mismo que debido al paso del tiempo y al aumento de carga ha sido deteriorado.

En el capítulo tres se menciona también un estudio de tierras, para la protección de dichas instalaciones que en la actualidad no posee. En el capítulo uno se hicieron mediciones de luxes para ver la calidad de iluminación que tiene cada ambiente del edificio, la importancia de ésta radica en que la actividad principal que se realiza en éste es el de docencia, incluyendo los niveles de luminancia del parqueo.

En el último capítulo se hace un análisis de la adherencia, por carga y consumo, de la incorporación del edificio al Mercado Mayorista, para la reducción de costos en cuanto a la facturación de energía eléctrica.

## OBJETIVOS

- **General**

Determinar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas utilizando la tecnología necesaria para medir los parámetros que se exigen en normas internacionales, y presentar las mejoras pertinentes para su mantenimiento.

- **Específicos**

1. Cuantificar la potencia total instalada, por nivel, circuito o fase.
2. Medir la resistencia de aislamiento por circuito, para posteriormente, realizar el cálculo teórico de cada conductor con su carga actual.
3. Medir y analizar los parámetros más determinantes de calidad, para la energía que sostiene al edificio.
4. Medir y analizar la cantidad de luxes por unidad de área en cada ambiente, correspondiente al edificio.
5. Analizar la resistividad del suelo, las condiciones del edificio y en general todo tópico necesario para la protección de la instalación eléctrica del edificio.

## INTRODUCCIÓN

Para el desempeño y buen funcionamiento de una instalación eléctrica es necesario tener un mantenimiento para cada circuito que la conforma. Ese mantenimiento hace que se tenga un control de las instalaciones para que con ello se prevee la durabilidad de dicha instalación.

Inicialmente una instalación se garantiza para un promedio de 20 años, para los cuales se calculan sobreesfuerzos eléctricos y una holgura de sobrecarga adecuada, sean estos por crecimiento de anexos a la infraestructura inicial o cortos circuitos. Ésta garantiza, además, que la operación de cada circuito sea correcto lógicamente y que ante cualquier situación de corto circuito la coordinación de protección hará que se deshabiliten los circuitos con falla más no así el resto de elementos de la instalación.

Otro de los elementos de la garantía de la instalación es la condición del conductor, el cual no escapa del paso del tiempo, y que en algún momento puede devenir en una falla.

La universidad San Carlos de Guatemala tiene en la actualidad más de cincuenta años de haberse trasladado al valle de Guatemala, tiempo muy cercano de la mayoría de sus edificios y por lo tanto de las instalaciones eléctricas de cada uno de ellos.

En la actualidad se desconoce el estado de dichas instalaciones y de la calidad de energía que se tenga, para ello es necesario realizar un estudio previo para que, con certeza, se hagan las correcciones pertinentes.

Estudio que se realizó profunda y extensamente, llenando los estándares o normas actualizadas que para ello exigen.

Se presenta, entonces, un estudio completo de las instalaciones eléctricas del edificio S-10, el cual forma parte del campus central y que se utiliza para docencia.

De esta forma el autor presenta los resultados de los estudios que parten desde un recuento de carga, un balance general, medición de resistencia de aislamiento, y otros, abarcando incluso estudio sobre la calidad de energía, sobre lo concerniente al costo de la energía, una evaluación de la posibilidad de adherencia al administrador del mercado de mayoristas y otros temas que hacen que se complemente el estudio que a continuación se presenta.

# 1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

## 1.1 Instalaciones

### Generalidades de Instalaciones eléctricas del edificio S-10

Una instalación eléctrica es el conjunto de equipos y accesorios necesarios para llevar la energía eléctrica, desde un punto de alimentación o toma a diferentes puntos para su utilización en aparatos receptores.

Para que una instalación eléctrica cumpla con las necesidades del usuario debe encontrarse enlazada a un sistema que proporcione una buena calidad de servicio. Cuando se tiene calidad de servicio es porque el servicio es continuo, buena regulación de voltaje, frecuencia y otros.

Los requisitos necesarios para una instalación eléctrica son:

- seguridad,
- eficiencia y economía,
- flexibilidad,
- accesibilidad,
- cumplimiento de las estipulaciones o normas técnicas actualizadas.

La seguridad de la instalación eléctrica debe preverse al diseño de la instalación, inclusive al costo de la misma. Esto debido a la seguridad que debe tenerse para los usuarios de la instalación.

Las consideraciones previas deben satisfacer los estándares exigidos por normas y que se estipulan de acuerdo al nivel de tensión, el ambiente de la instalación y si esta será sobreexpuesta o empotrada.

Además de ello se consideran las partes metálicas accesibles las cuales deben tener un sistema de aterrizaje en el que la corriente se drene por un camino que ofrezca menor resistencia al paso de la corriente.

La eficiencia y economía de una instalación se consigue cuando en ella se tiene la menor cantidad de pérdidas posibles, el menor consumo de energía así como la menor caída de tensión en la acometida y los diferentes ramales. La caída de tensión total definida por norma es del 5% del voltaje nominal, desde el punto de la acometida hasta la carga más alejada.

Con este principio se realizó el cálculo del edificio S-10, teniendo nuestros valores nominales se estimó el valor de la caída de tensión y posteriormente se calculó el conductor apropiado para dicho ramal. El 5% se subdivide en forma práctica de la siguiente forma:

- 2% de la toma de acometida al interruptor principal, o entre el interruptor principal y los subtableros;
- 3% de los subtableros a la carga.

La flexibilidad de la instalación se refiere a la facilidad de manejo de los ramales cuando es requerido cambios a la misma, sin que sea muy significativo. Como sería el caso de agregar una cantidad de circuitos a la canaleta, para lo cual, únicamente, sea necesario agregar tuberías para el acceso de la canaleta a la parte que queremos servir.

Cuando nos referimos a facilidad de acceso, hablamos de que los centros de carga, cualquier panel de control eléctrico y equipo de medición propio o de la empresa distribuidora no deben estar ocultos en sitios como puntos de almacenaje o estibamiento.

Tampoco es recomendable situarlos en sitios muy concurridos como corredores con paso frecuente de personas para evitar que profanos puedan hacer uso indebido de los mismos. En todo caso, deben tomarse sitios discretos y accesibles que no riñan con la seguridad y la estética.

El edificio S-10, que se encuentra ubicado dentro del campus central de la universidad San Carlos de Guatemala y que tiene aproximadamente 20 años de operar, posee buenas características en cuanto a la accesibilidad de mantenimiento, ya que cada parte en estudio tuvo un acceso adecuado.

El rango de operación del ingeniero o de la persona encargada del contrato y elaboración de la instalación eléctrica, se encuentra limitado o restringido al interior del inmueble, hasta el contador en una acometida residencial o industrial de hasta 75 KVA y hasta el bushing secundario de los transformadores cuando la acometida sobrepasa los 75 KVA. Todo este trabajo se encuentra normado en el *Nacional Electrical Code* (NEC) de los Estados Unidos de Norte América que, a falta de un normativo propio, es aceptado en el territorio nacional.

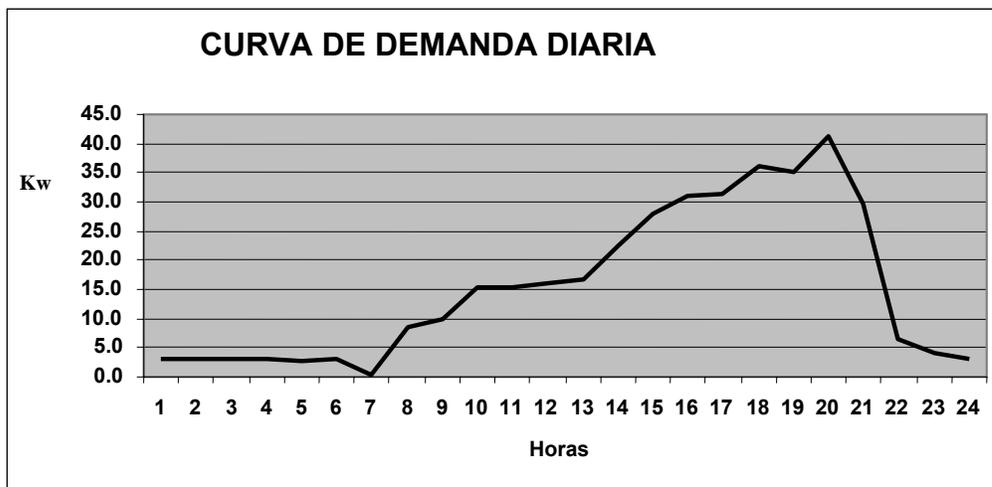
La descripción de las instalaciones del edificio se define como un recuento de carga por circuito, para poder ver el dimensionamiento posterior de los conductores. Las instalaciones se conforman de iluminación y fuerza.

### 1.1.1. Caracterización de cargas

La caracterización de carga estima factores que sirven para poder ver el comportamiento del edificio, este comportamiento puede ser expresado como una función y de forma gráfica.

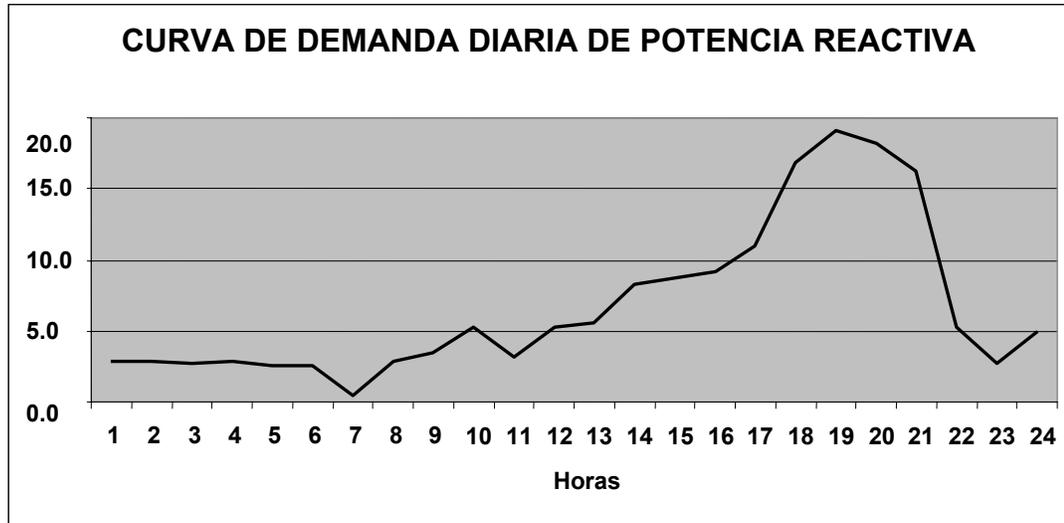
La forma gráfica es la representación denominada curva de carga, la cual estima los picos y valles que dan el comportamiento de la carga durante un intervalo de tiempo. Las siguientes figuras muestran las curvas de demanda de potencia activa y reactiva horaria del edificio S-10, éstas definen el comportamiento de la carga en función del tiempo a lo largo del día; la menor demanda de potencia se da entre las 23:00 hrs. y las 07:00 horas, mientras que el período de mayor demanda esta entre las 18:00 y las 21:00 hrs. Que son las horas en las que el edificio posee mayor carga conectada.

**Figura 1.** Curva de demanda horaria de potencia activa



Fuente: Propia

**Figura 2.** Curva de demanda horaria de potencia reactiva



Fuente: Propia

Las características de la carga del edificio son las siguientes:

- Factor de potencia de 0.90 en promedio.
- Una carga instalada de 90.13 Kilowatts.
- La energía consumida durante el día es de 350.9 KWh.
- La demanda máxima (Dmax) es de 40.7 KW.

La demanda promedio se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$DP = \frac{\text{Energía consumida en el periodo}}{\text{No. horas del periodo}} \quad (1)$$

Donde:

DP: demanda promedio

$$DP = \frac{350.9 \text{ KWh}}{24 \text{ h}} = 14.62 \text{ KW}$$

El factor de carga se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{DP}{D_{\max}} \quad (2)$$

Donde:

DP: demanda promedio

Dmax: demanda máxima

$$Fc = \frac{14.62 \text{ KW}}{40.7 \text{ KW}} = 0.35$$

El factor de pérdidas se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Fp = \frac{\sum_0^{24} P_{hr}^2}{24 * D_{\max}^2} * 100(\%) \quad (3)$$

Donde:

Phr: demandas horarias

Dmax: demanda máxima

$$F_{perd} = \frac{10222.7}{24 * 40.7^2} * 100(\%) = 25.71\%$$

Por otro lado las cargas fueron designadas únicamente como fuerza e iluminación, ya que en el edificio no se encuentra otro tipo de elemento que, conectado al sistema, cargue el mismo.

La iluminación es de gas neón, separada en tres tipos de ambientes, los cuales son: aulas, pasillo y entradas al edificio. Teniendo como punto de referencia el este donde se encuentra ubicado el tablero de distribución general y al lado oeste donde se encuentra ubicado el parqueo principal del edificio.

La iluminación esta distribuida por salones, pasillos, entradas al edificio y servicios sanitarios. Los salones varía su cantidad dependiendo de las dimensiones del salón, es decir, existen salones de 9, 12 y 15 lámparas, variando igualmente su potencia instalada, la cual se resume en las tablas que posteriormente se presentan.

**Tabla I.** Nivel 1 edificio S-10.

<b>Entradas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia</b>	<b>Potencia</b>
<b>Principales</b>	<b>Lámparas</b>		<b>WATTS</b>	<b>Total</b>
2	8	2	40	1280

Fuente: Propia

**Tabla II.** Caracterización por salones

Salón	Cantidad de	Tubos	Potencia	Potencia
	Lámparas		WATTS	Total
101	15	2	40	1200
102	12	2	40	960
103	12	2	40	960
104	12	2	40	960
105	12	2	40	960
106	12	2	40	960
107	12	2	40	960
108	12	2	40	960
109	12	2	40	960
110	12	2	40	960

Fuente: Propia

**Tabla III.** Caracterización del pasillo nivel 1

Pasillo	Cantidad de	Tubos	Potencia	Potencia
	Lámparas		Watts	Total
	60	1	40	2400

Fuente: Propia

**Tabla IV** Caracterización de servicios sanitarios, nivel 1

S.S. Hombres y Mujeres	Cantidad de lámparas	Tubos	Potencia	Potencia
			Watts	Total
Por Baño	3 lámparas	2	40	240
Total	6 lámparas			480

Fuente: Propia

Teniendo una Potencia Total Instalada de **14,000 Watts.**

La fuerza del nivel esta dada por la suma total de los tomacorrientes de cada salón, cada uno posee tres tomacorrientes y para lo que se ha designado un valor de 150 VA por cada uno, según referencias bibliográficas. Por lo que tenemos una suma total de: 1654 VA

Para el nivel 2 tenemos unas características repetitivas debido al parecido en cuanto a su construcción variando en algunos aspectos que se dan en la tabla siguiente:

**Tabla V.** Nivel 2 edificio S-10.

<b>Salón</b>	<b>Cantidad de Lámparas</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia WATTS</b>	<b>Potencia Total</b>
201	15	2	40	1200
202	12	2	40	960
203	12	2	40	960
204	12	2	40	960
205	12	2	40	960
206	12	2	40	960
207	12	2	40	960
208	12	2	40	960
209	12	2	40	960
210	12	2	40	960

Fuente: Propia

Teniendo una potencia de **9,840 Watts.**

**Tabla VI.** Caracterización por pasillo, nivel 2

<b>Pasillo</b>	<b>Cantidad de Lámparas</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia WATTS</b>	<b>Potencia Total</b>
	60	1	40	2400

Fuente: Propia

Teniendo una potencia de **2,400 Watts.**

En iluminación se tiene una potencia total instalada de **12,200 Watts.**

Tomando en cuenta el mismo criterio utilizado en el nivel anterior se tiene un fuerza de 3513 VA.

**Tabla VII.** Nivel 3 edificio S-10

<b>Salón</b>	<b>Cantidad de Lámparas</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia WATTS</b>	<b>Potencia Total</b>
301	12	2	40	960
302	12	2	40	960
303	12	2	40	960
304	12	2	40	960
305	16	2	40	1280
306	12	2	40	960
307	16	2	40	1280
308	12	2	40	960
309	12	2	40	960
310	12	2	40	960
311	16	2	40	960
312	12	2	40	960

Fuente: Propia

Teniendo una potencia de **12,160 Watts**

**Tabla VIII.** Caracterización por pasillo, nivel 3

<b>Pasillo</b>	<b>Cantidad de</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia</b>	<b>Potencia</b>
	<b>Lámparas</b>		<b>WATTS</b>	<b>Total</b>
	60	1	40	2400

Fuente: Propia

Teniendo una potencia de **2,400 Watts.**

**Tabla IX.** Caracterización de servicios sanitarios, nivel 3

<b>S.S. Hombres y Mujeres</b>	<b>Cantidad De lámparas</b>	<b>Tubos</b>	<b>Potencia</b>	<b>Potencia</b>
				<b>Total</b>
Por Baño	3 lámparas	2	40	240
Total	6 lámparas			480

Fuente: Propia

Teniendo una potencia de **480 Watts.**

En iluminación se posee una potencia total instalada de: **15,040 Watts**

En la caracterización de fuerza se repite como anteriormente, teniendo una cantidad de fuerza de: 3654 VA

Luego de la caracterización se realiza un balance de carga, dividiendo cada nivel en circuitos para ver la cantidad de potencia por protección de cada circuito y posterior cálculo del conductor.

En el sistema de iluminación se tienen elementos no lineales, debido al tipo de lámparas el cual, como mencionamos con anterioridad es de tipo halógeno y que está formado por un tubo de gas de mercurio que se ioniza por medio de un alto potencial, El voltaje que le llega al tubo es elevado por un transformador denominado: “Balastro” el cual eleva el voltaje para la activación del gas.

Esta parte del equipo hace que la iluminación sea del tipo no lineal y que en algunos momentos descomponga o afecte la onda de tensión, misma que será analizada posteriormente en el capítulo de calidad de energía.

El balance de carga especifica cuanta potencia esta sostenida en cada circuito del tablero de distribución, el cual tiene, por cada circuito, su respectiva protección, este se resume en la tabla No. 1 del apéndice A, la cual esta dada por niveles y circuitos, es decir, cada nivel tiene un número estipulado de circuitos los cuales tienen su respectiva carga.

La mayoría de circuitos son independientes unos de otros por lo que se activan de distinto interruptor, sean estos de iluminación o fuerza, aunque existen algunos casos de dependencia.

Para la presentación de la carga con su respectiva protección (tabla 2 del apéndice A) se presentan diagramas unifilares, los cuales mencionan: protección en amperios y su respectiva carga, la cual ha sido calculada para los casos de fuerza e iluminación, teniendo en cuenta las dimensionales, dado que la iluminación está cuantificada en watts y la fuerza en voltios amperios.

Para dicho cálculo se utiliza una simple fórmula en la cual se eliminan los amperios dividiendo por el factor de potencia, el cual tiene un valor de 0.95, el cual es comprobado posteriormente con el equipo de medición.

### **1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores**

El estado actual de los conductores se comprueba mediante la medición de parámetros que involucran la medición de resistencia de aislamiento, verificación física de los conectores y protecciones del tablero de distribución y los alimentadores principales, las conexiones correctas de la parte que conforma la fuerza y el uso de criterios para el cálculo correcto de cada conductor que dependerá, según sea el caso a utilizar, de factores como: distancia en metros de la caja de distribución a la carga, cantidad de carga a alimentar, etc..

#### **1.1.2.1. Resistencia de aislamiento**

La resistencia de aislamiento es la resistencia o grado de resistencia que posee el conductor bajo condiciones de carga, esto es que tanto “forro” posee el conductor luego del paso del tiempo.

Para la medición de la resistencia de aislamiento se utiliza equipo especial debidamente certificado. Esta medición, claro esta, en ohmios, indica la cantidad de resistencia que opone aún el conductor, luego del paso del tiempo.

Para la prueba del aislamiento del edificio S-10 se uso un megger, que es un instrumento para la medición de valores de resistencia muy altos. El edificio está formado por un tablero principal de pared, de interruptor principal y tres circuitos seccionados para los diferentes niveles, cada nivel variando su cantidad de circuitos utilizables pero una cantidad exacta de protecciones instaladas, es decir, para el primer nivel se tiene una cantidad de 17 circuitos, para el segundo nivel 21 circuitos y para el tercer nivel una cantidad de 22 circuitos.

Los calibres son mayores que #10 en casi todos los circuitos y no manejan más de 50 A, y la resistencia de aislamiento mínima se especifica en la siguiente tabla.

**Tabla X.** Resistencia de aislamiento

Instalación	Resistencia de aislamiento Ohms
Para circuitos con conductores # 14 ó # 12 AWG	1,000,000
Para circuitos con conductores # 10 o mayores, y con capacidad De conducción de corriente de:	
25 a 50 A	250,000
51 a 100 A	100,000
101 a 200 A	50,000
201 a 400 A	25,000
401 a 800 A	12,000
Más de 800 A	5,000

Fuente: Instalaciones eléctricas Campero E.

Los valores de esta tabla son medidos con todos los equipos que normalmente forman parte de los circuitos, tales como tableros, portafusibles, medios de desconexión y dispositivos de protección contra sobre-corriente, instalados en su lugar y conectados.

Además la carga de iluminación y aparatos que normalmente sean una carga en el sistema deben conectarse aun sean circuitos derivados, la resistencia de aislamiento de los circuitos puede ser la mitad de los valores de la anterior tabla.

### **1.1.2.2. Capacidad, calibres y secciones de conductores**

En las instalaciones eléctricas los elementos que proveen la trayectoria para la circulación de la corriente eléctrica son los conductores. Estos, generalmente, están constituidos por un elemento conductor y forro o aislamiento. Los materiales que mayormente se utilizan para la construcción de los conductores son cobre y aluminio, cada uno con sus características y aplicaciones respectivas. Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica, como se verá en el cálculo que realizamos para nuestro estudio, pero con un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una mayor resistencia específica y un menor peso por lo que son los más utilizados en tendidos de líneas aéreas.

Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres los cuales están estipulados por la *American Wire Gauge* (AWG). En instalaciones eléctricas se utiliza desde el calibre # 14 (delgado) hasta el 1000 MCM, nuestro edificio posee para todos los circuitos alimentadores de los salones el calibre AWG # 12, el cual posee una sección de 3.3 milímetros cuadrados ( $3.3 \text{ mm}^2$ ). La capacidad es relacionada con los calibres, es decir, el calibre que da el fabricante que soporta cierta cantidad de corriente circundante sobre él a una cierta distancia de la caja de distribución.

La siguiente tabla, muestra las relaciones anteriormente mencionadas, en la que se estima el tamaño del conductor dada su sección transversal.

**Tabla XI.** Tabla de capacidad de conductores por su sección transversal

Tamaño conductor		Área Transversal	
AWG ó MCM	CM		mm <sup>2</sup>
14	4110		2.1
12	6530		3.3
10	10380		5.3
8	16510		8.4
6	26240		13.3
4	41740		21.2
2	66360		33.6
1/0	105600		53.5
2/0	133100		67.4
3/0	167800		85
4/0	211600		107.2
250			127.0
300			152.0
350			177.0
400			203.0
450			228.0
500			253.0
550			279.0
600			304.0
650			329.0
700			355.0
750			380.0
800			405.0
900			456.0
1000			507.0

Fuente: Instalaciones eléctricas Campero E.

La tabla siguiente nos indicará la relación anteriormente mencionada, debido a la variación del comportamiento del material del cual está construido el aislamiento del conductor y para lo cual se presenta la siguiente tabla:

**Tabla XII.** Aislamiento

<b>MATERIAL AISLANTE</b>	<b>TIPO</b>	<b>TEMP MAX °C</b>	<b>CUBIERTA</b>	<b>UTILIZACIÓN</b>
Hule resistente al calor	RH	75	Resistente a la humedad retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90		
Hule resistente al calor y humedad	RHW	75		Y húmedos
Termoplástico	T	60	Ninguna	Locales secos
Termoplástico Resistente humedad	TW	60		Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente calor y humedad	THW	75		

Fuente: Instalaciones eléctricas Campero E.

### **1.1.3. Tuberías**

La tubería es el elemento de la instalación que se encarga de transportar, agrupadamente, todo el cableado o conductores para los diferentes circuitos, es el que designa la forma de los ramales y los protege.

La tubería que comúnmente se utiliza puede ir desde tubos de acero o de materiales plásticos, hasta electroductos, charolas y ductos cuadrados, y se utilizan según sea la necesidad, tanto en precios, utilidad como en existencia.

Las tuberías de una instalación deben calcularse para no saturar de cables que, con el crecimiento de carga y elevación de temperatura de los conductores, puedan provocar una falla muy grave.

Debido a que la capacidad de conducción se calcula para cierta condición, debe procurarse que los alimentadores tengan las mismas características de ventilación y agrupamiento en todo su trayecto. En el caso del edificio S-10 dichas características de ventilación son apropiadas y se dan en tubo conduit y ducton (canaletas).

### **1.1.4. Protección**

Toda instalación debe tener dimensionada su protección tanto en alta, mediana y baja tensión, en el caso de la baja tensión, referente a los tableros de la red de distribución, se debe tomar en cuenta para condiciones máximas alcanzables.

Se dice que una instalación está preparada para soportar cortocircuitos cuando sus elementos cumplen las siguientes características:

- robustez suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos de la máxima fuerza posible.
- capacidad de los conductores para soportar los esfuerzos térmicos de la corriente más alta que pueda ocurrir.
- rapidez de respuesta del sistema de protecciones para interrumpir y aislar la zona donde aparezca un cortocircuito.
- capacidad de los interruptores para disipar la energía del arco.

Las protecciones de toda instalación deben estar diseñadas para operar con seguridad en condiciones extremas y para aislar las partes dañadas, de tal forma que pueda continuar funcionando el mayor número de equipos no cercanos a la falla.

Resulta, entonces, claro que para poder especificar los elementos de un circuito, diseñar el sistema de protección y coordinar debidamente estas protecciones es necesario conocer el valor de la corriente de cortocircuito en cada punto de la instalación.

Estas instalaciones, las del edificio S-10, tienen un dimensionamiento adecuado, dado el poco crecimiento de carga durante el tiempo transcurrido, ha sido poco frecuente la activación de sus protecciones en sus diferentes niveles. Actualmente, la carga por circuito tiene un margen aceptado para el calibre que posee, teniendo en cuenta que el trabajo realizado fue técnico y no de ingeniería y en general se posee una protección de 20 Amperios para todos los circuitos que alimentan los salones de clases.

En instalaciones más complejas, con varios niveles de tensión y algunos otros elementos especiales, los cálculos podrían resultar laboriosos y justificar la utilización de una computadora. Sin embargo en instalaciones como la nuestra con distribución radial en baja tensión, resulta suficiente realizar un cálculo manual.

#### **1.1.4.1. Prueba de disparo**

Se entiende que una instalación está razonablemente protegida si cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñe las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar los daños provocados por condiciones anormales y aislar la zona donde aparece la falla de tal forma que el resto de la instalación continúe operando en las mejores condiciones posibles. Esto es coordinación de protección y dentro de las garantías de la coordinación se presentan diversas pruebas, como la prueba de disparo.

La prueba de disparo indica la corriente a disipar por la protección a la cual se abrirá el paso del flujo de la corriente, ésta en su mayoría de veces, excederá el valor nominal a la cual está dimensionada la protección.

Una protección, como cualquier otro elemento de la instalación está probado para cierto número de operaciones, es decir, la protección se disparará un número de veces adecuado al tiempo estipulado por el fabricante.

### **1.1.4.2. Capacidad de corto circuito**

Anteriormente mencionamos las condiciones necesarias para protección de cortocircuitos, es decir, lo mínimo necesario para decir que una instalación esta garantizada en cuanto a protección contra cortocircuitos.

Para el edificio S-10 se realizaron mediciones y cálculos para disparo y su capacidad de corto circuito, enmarcado dentro de la coordinación de protección que incluye la red de tierras y su protección contra descargas electroatmosféricas.

La metodología para el cálculo consistió en:

- a) seleccionar el lugar o punto de la instalación en donde quiere conocer el nivel de falla;
- b) establecer un punto en el cual realizamos un aumento de carga hasta sobrecargar la protección.
- c) cortocircuitamos algunos elementos del sistema que conforma la red eléctrica del edificio para poder ver el comportamiento de la protección.
- d) calcular o estimar las correcciones que se considere necesario realizar en los resultados para compensar las suposiciones cuando se crea que éstas provocan una desviación importante del comportamiento probable.

### **1.1.4.3. Corriente nominal**

La corriente nominal en una instalación estipula la cantidad del flujo de electrones que pasan nominalmente. Para los cuales los conductores, protecciones y su coordinación están diseñados de forma normal. Ésta es la corriente utilizada para los cálculos de forma teórica que se presentarán en su capítulo correspondiente.

### **1.1.5. Tableros**

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar, necesario y en algunos casos obligatorio, para logra una instalación segura confiable y ordenada.

El edificio está constituido por un tablero principal o general y cada nivel con sus respectivos tableros secundarios.

El tablero general o principal es aquél que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Los tableros de distribución de cada nivel del edificio son aquellos que cubren cierta área, es decir, cada área de una instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Estos pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero donde se alimenta y del número de circuitos que alimente.

El edificio S-10 contiene una barra de cobre para el neutro y 1,2 y 3 barras conectadas a las fases respectivas, que son conectadas directamente a través del interruptor general.

Normalmente, a las barras de las fases se conectan interruptores termomagnéticos de 1,2 ó 3 polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: iluminación y fuerza de los salones que conforman cada nivel.

Las unidades de iluminación están al final de la instalación y transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente en calor, dependiendo del tipo de iluminación, que en nuestro caso es halógena.

#### **1.1.5.1. Condición actual**

La condición en la que se encuentra el edificio se resume en las tablas del apéndice A, en las cuales se presenta las protecciones correspondientes a su respectiva carga, el calibre que poseen para llevar la energía a su punto de entrega, sea esta fuerza o iluminación, y complementado en un capítulo donde se presentan sus diagramas unifilares correspondientes a cada nivel que conforma el edificio.

## 1.2. Análisis de Redes

Para la garantía del buen funcionamiento de la red general del edificio S-10, fue necesario realizar un estudio de calidad de energía, en éste se incluye análisis de voltajes, corrientes, el factor de potencia sea esta, activa reactiva o aparente, además del análisis de armónicos y la distorsión de la onda de tensión debida a elementos no lineales, se analizó las perturbaciones capturadas y el desbalance probable de la red general.

Este análisis fue hecho con un equipo de medición de una marca garantizada tecnológicamente, el cual posee características que se acomodan a nuestras necesidades.

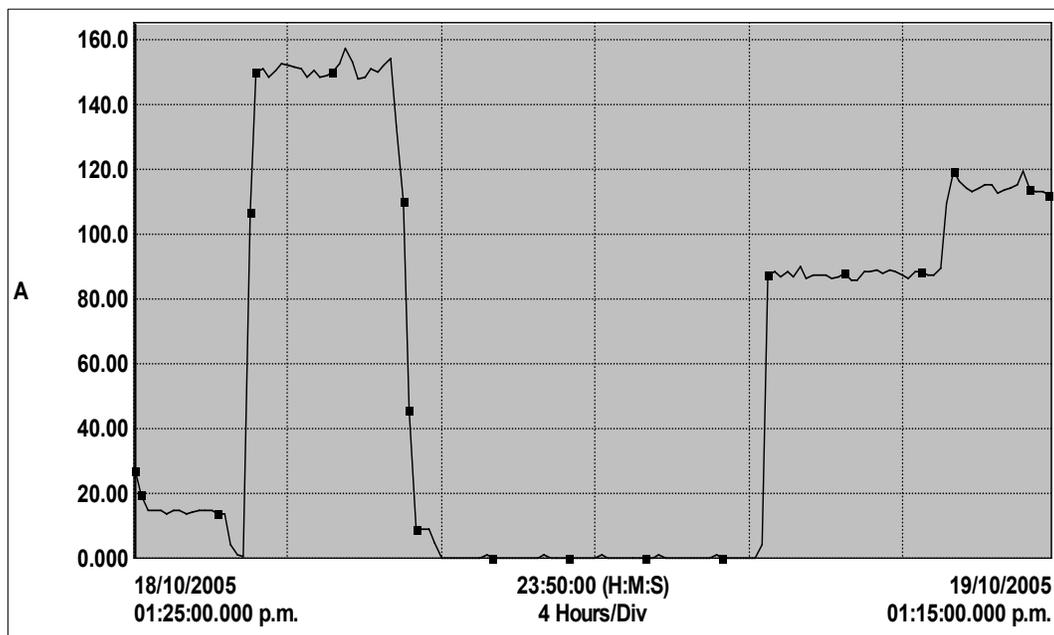
El equipo tiene una electrónica moderna el cual hace que el trabajo sea más fácil, la instalación del equipo consistió en 6 pasos simples:

- conexión del equipo a una fuente de voltaje de 110/120 vdc.
- conexión de conectores designados por color a sus respectivas entradas del equipo.
- conexión de los conectores del equipo con las fases de entrada del edificio (entrada principal), creando una especie de transformadores de corriente (ct's) alrededor de los conductores de las fases.
- conexión del neutro a su respectiva sección.
- programación del equipo para los vales de nuestro interés y por el intervalo de tiempo de 24 horas posteriores al inicio de la medición.

### 1.2.1 Corrientes

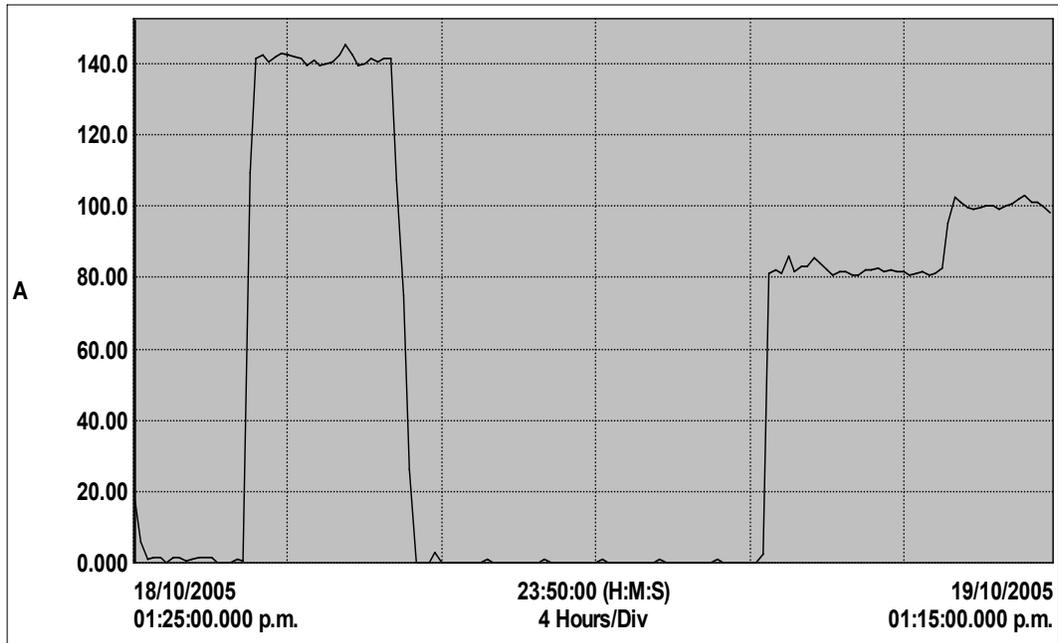
Las corrientes tomadas tienen un factor que indican la variabilidad de la misma durante el transcurso del tiempo de la medición, ésta, que tiene un comportamiento determinante en la durabilidad del conductor y de la instalación misma, es analizada versus el tiempo en el que fue tomada la medición, y esta dada por fases, la cual se presenta en la siguiente gráfica, la información numerada en tiempo se presenta en el apéndice B.

**Figura 3.** Corriente de Fase 1



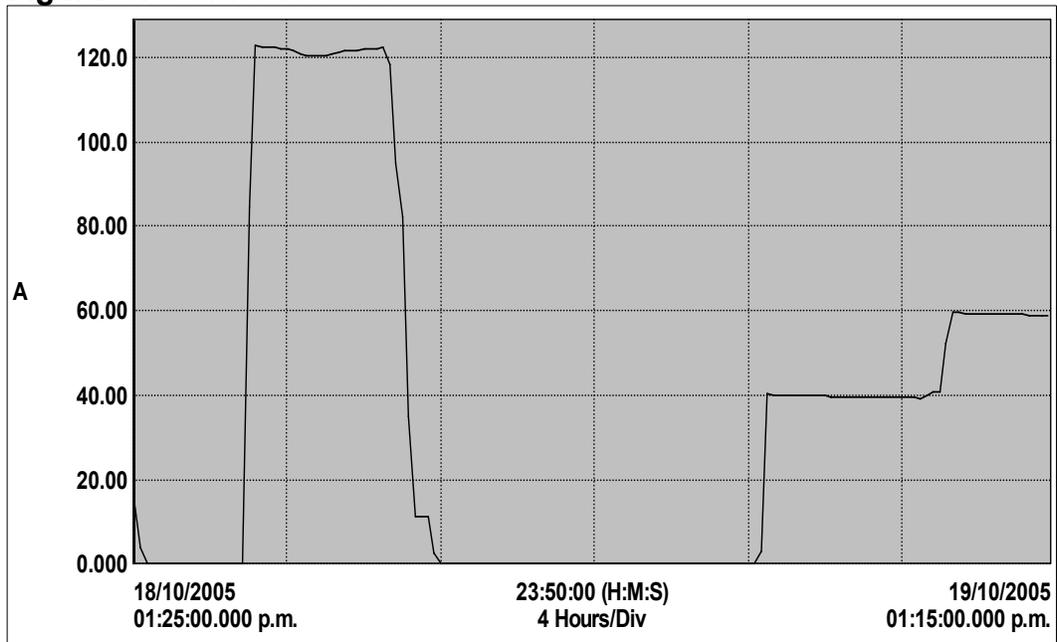
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 4.** Corriente de Fase 2



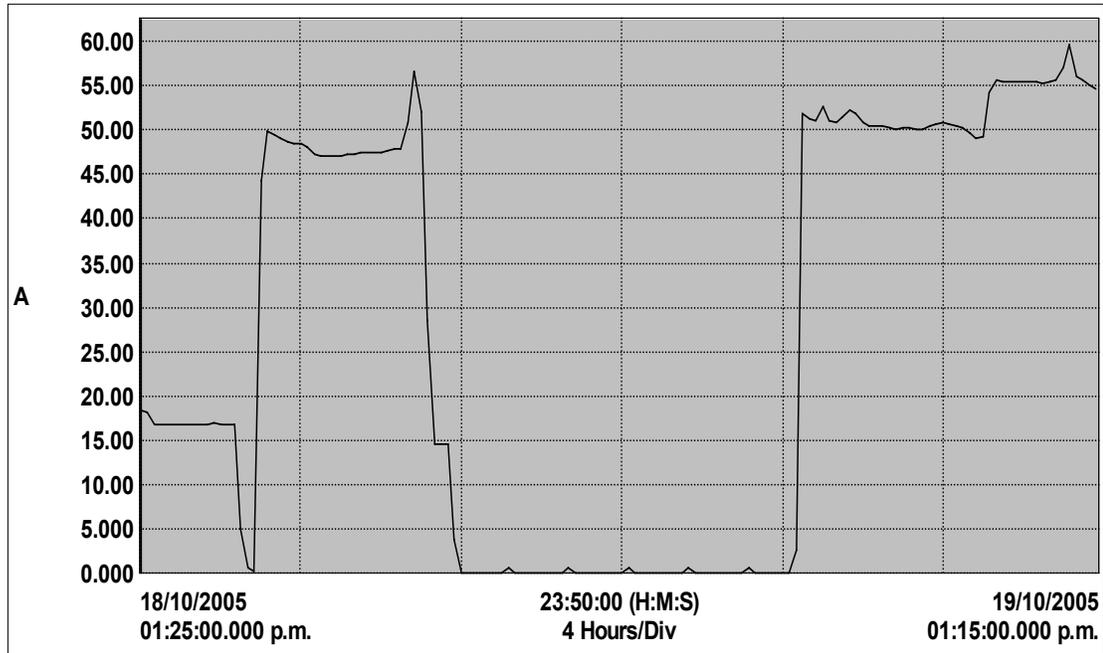
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 5.** Corriente de Fase 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 6.** Corriente de Neutro



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Analizando las gráficas tendremos los resultados siguientes:

**Tabla XIII.** Análisis de gráfica de corrientes

<b>Máxima Corriente Línea 1</b>	156.9 06:55:00 p.m.
<b>Corriente Promedio Línea 1</b>	58.15 A
<b>Máxima Corriente Línea 2</b>	144.9 06:55:00 p.m.
<b>Corriente Promedio Línea 2</b>	51.74 A
<b>Máxima Corriente Línea 3</b>	122.6 04:35:00 p.m.
<b>Corriente Promedio Línea 3</b>	35.59 A
<b>Máxima Corriente Neutral</b>	59.5 12:35:00 p.m.
<b>Corriente Promedio Neutral</b>	27.15 A

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Por lo que tenemos una corriente que varia y delata un desbalance dentro del sistema, esto ocurre en los periodos picos e inclusive en tiempos de mediana carga.

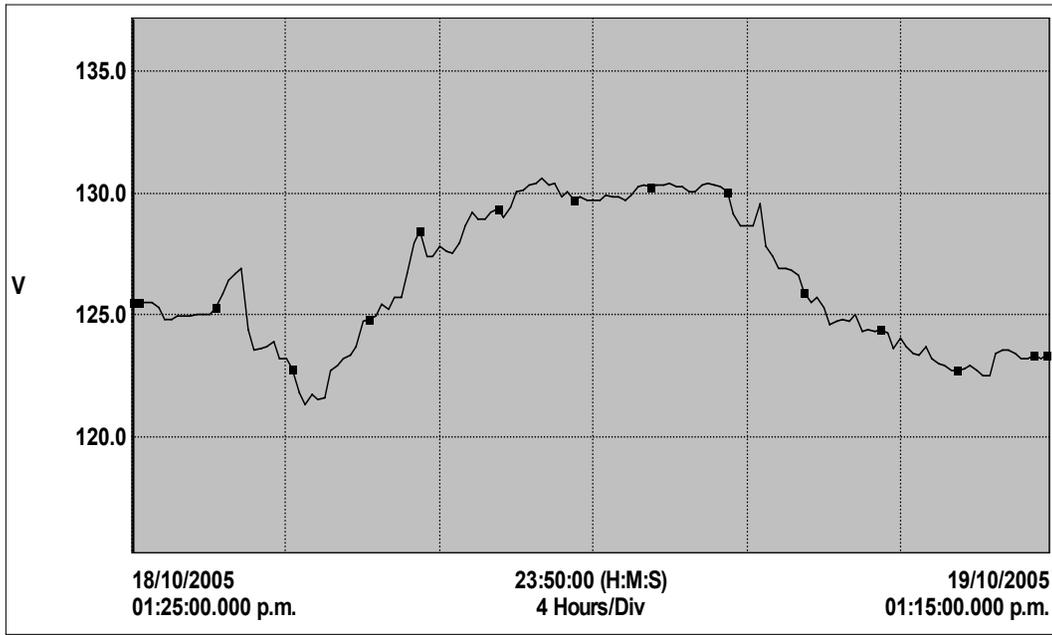
### **1.2.2. Voltajes**

El voltaje, que es independiente de la carga, se midió para el mismo intervalo de tiempo que la corriente, esto se realizó para ver la variabilidad del suministro, es decir, que tan constante se mantiene la energía suministrada por el distribuidor.

El promedio del voltaje se utilizó para el cálculo teórico de las instalaciones, sean estos los conductores y protecciones, sin embargo el comportamiento de la onda de tensión tuvo variabilidad dentro de la medición confirmando un desbalance entre líneas y neutro.

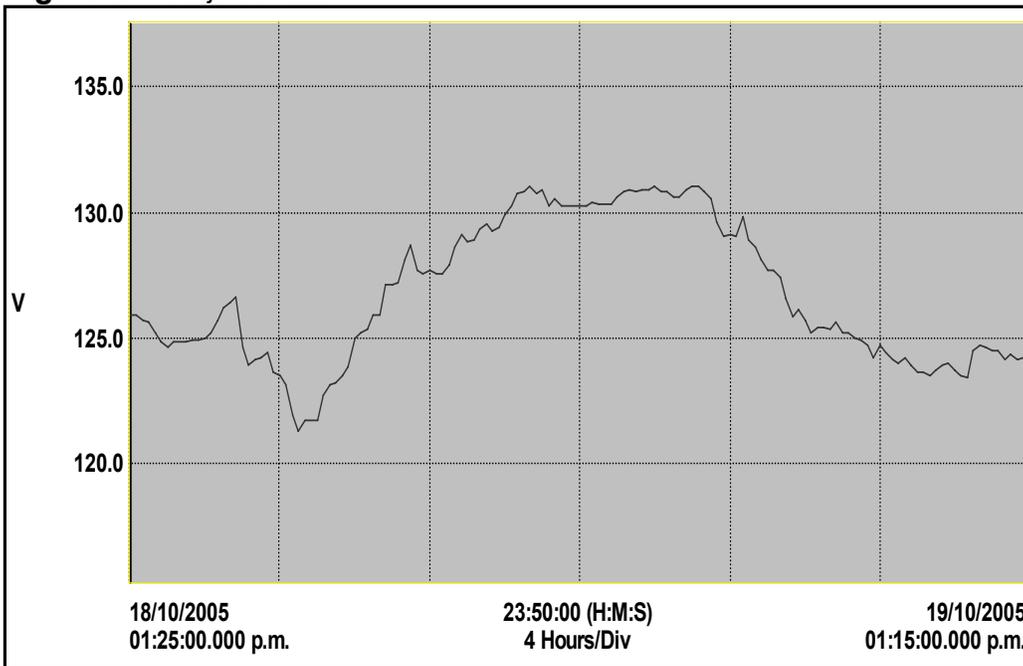
La información se resume en las siguientes gráficas, de los intervalos subdivididos para su mejor análisis del voltaje versus el tiempo.

**Figura 7.** Voltaje de Fase 1



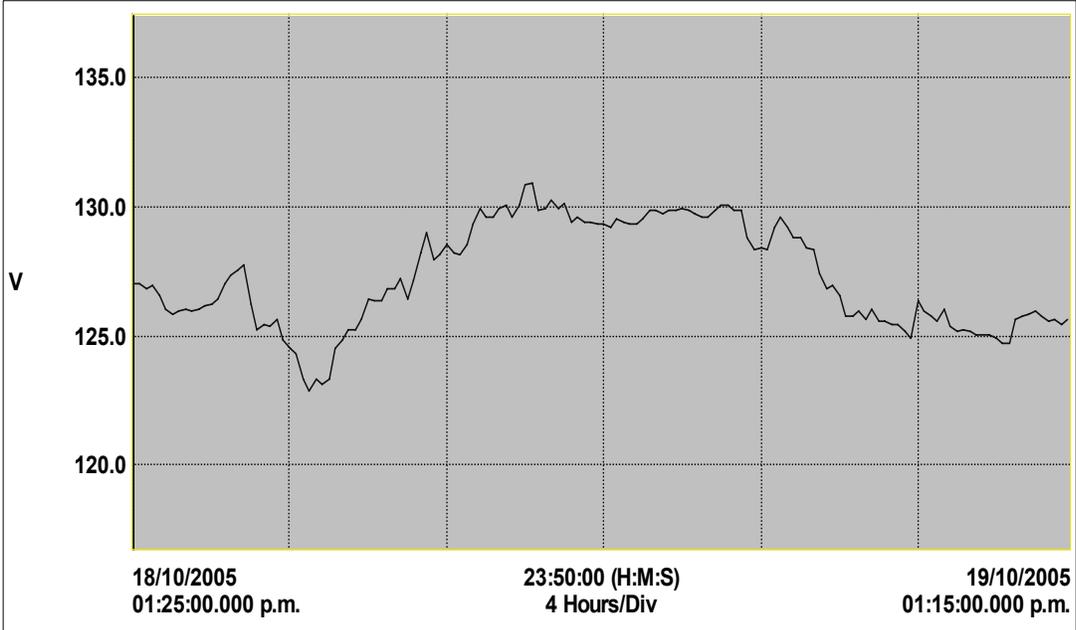
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 8.** Voltaje de Fase 2



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 9.** Voltaje de Fase 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Esto nos ayuda a analizar los siguientes resultados

**Tabla XIV.** Análisis de voltajes en norma

LÍNEA	Total de Mediciones	Intervalos fuera de norma	% de tiempo fuera de norma
Línea 1 (120V)	144	34	24%
Línea 2 (120V)	144	35	24%
Línea 3 (120V)	144	24	17%
Entre Líneas U1 (240)	144	31	22%
Entre Líneas U2 (240)	144	27	19%
Entre Líneas U3 (240)	144	38	26%
Desbalance de Voltaje	144	0	0%

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Según las NTSD para un periodo de medición corto o de transición se acepta un porcentaje de hasta el 12% 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 periodo de Medición, las mediciones muestran que la regulación de tensión ha excedido el rango de tolerancias establecidas, las tablas de memoria se ven en el apéndice B.

### 1.2.3. Factor de potencia

Para poder entender porqué aparece el factor de potencia en las instalaciones eléctricas, se hizo un análisis de los diferentes elementos que constituyen la carga de una instalación, incluyendo su participación en el consumo de energía.

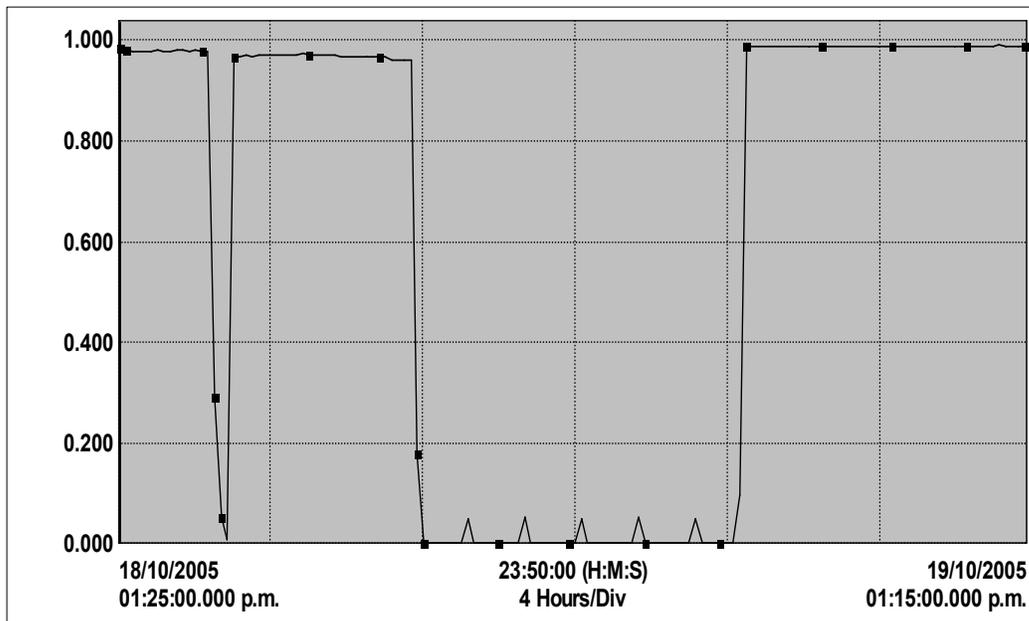
En las instalaciones eléctricas se encuentran dispositivos que transforman la energía en calor o en trabajo junto con elementos inductivos y capacitivos que no desarrollan trabajo.

Entonces, prácticamente siempre existe un ángulo entre el voltaje y la corriente que se conoce como ángulo de fase. Es importante hacer notar que este ángulo está medido en el tiempo y no en el espacio.

El factor de potencia puede definirse también como el cociente de la relación total de watts entre el total de voltio-amperios RMS (root-mean-square, valor medio cuadrático o valor efectivo), es decir, la relación de la potencia activa entre la potencia aparente.

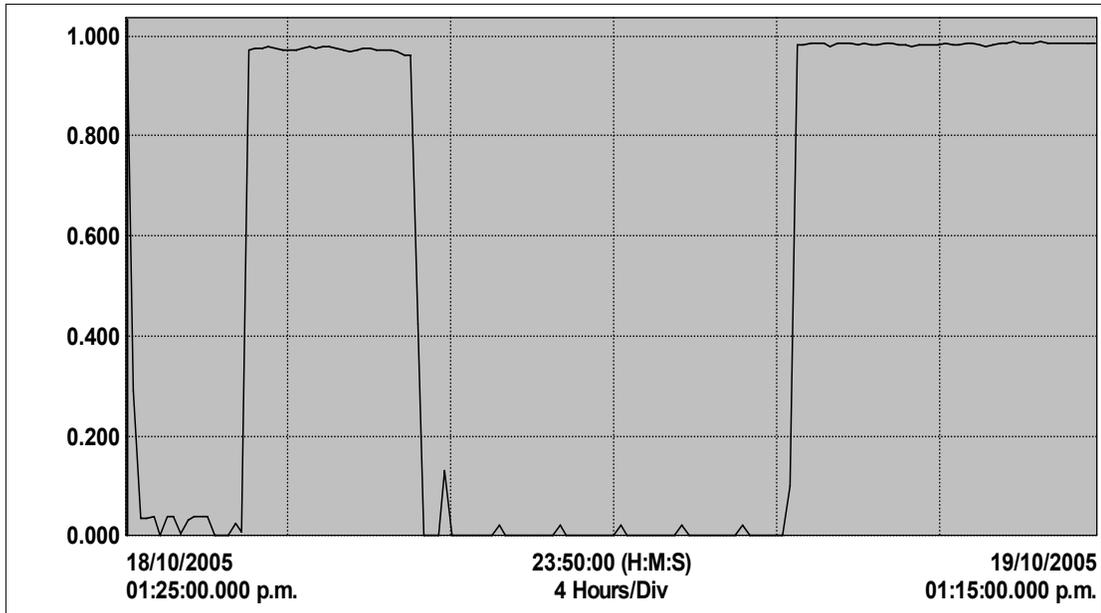
En nuestro estudio se obtuvieron las siguientes mediciones (tabla apéndice B) de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados igualmente por línea.

**Figura 10.** Factor de potencia línea 1



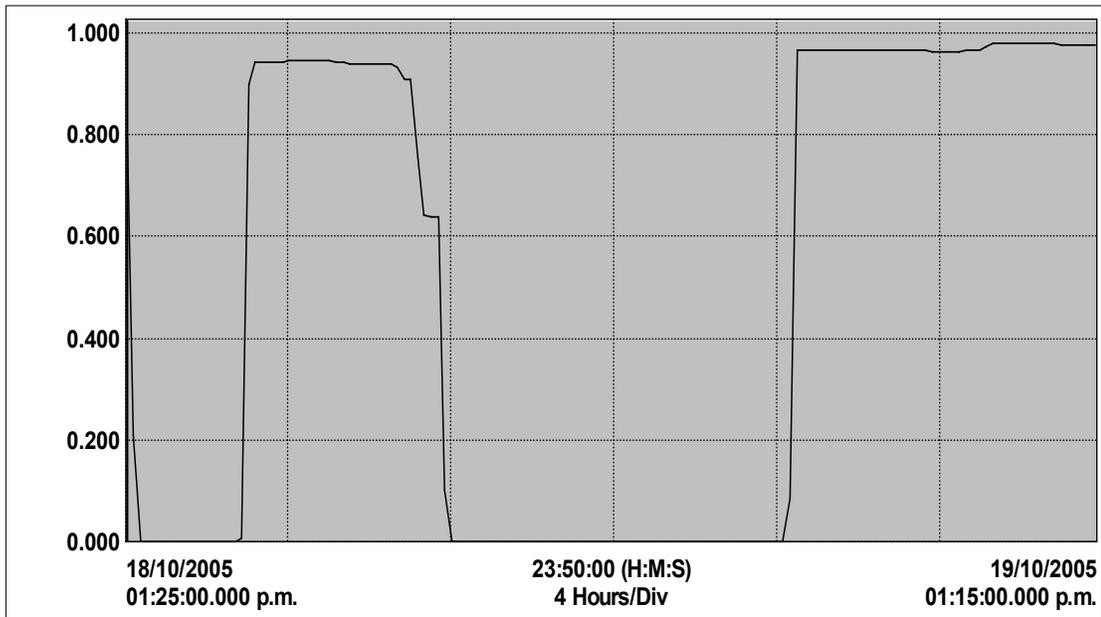
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 11.** Factor de potencia línea 2



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 12.** Factor de potencia línea 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

De lo cual establecemos un factor de potencia promedio:

**Tabla XV.** Promedio de factor de potencia

Promedio		
Fp 1	Fp2	Fp3
0.94	0.93	0.93

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Según las normas NTSD para usuarios con potencias superiores a los 11kW el factor de potencia no deberá ser menor a 0.90.

Cabe mencionar que en la medición se desprecian los valores en los cuales el factor de potencia arrojado por el equipo de medición es cero (0) debido a que la corriente era tan pequeña para la precisión de dicho instrumento.

#### **1.2.4. Potencia**

Es la fuerza necesaria para realizar un trabajo, en el caso de las redes eléctricas, será la fuerza, por unidad de medida, necesaria para llevar el flujo de electrones a su carga.

##### **1.2.4.1. Potencia activa**

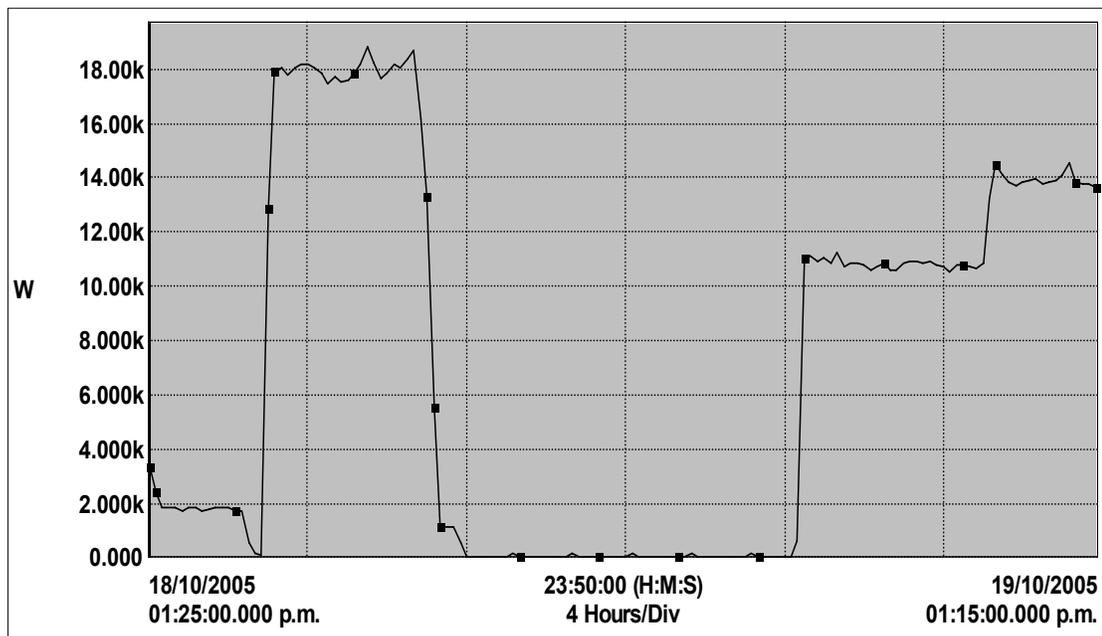
Si se hace circular una corriente directa de valor constante a través de una resistencia (R), la energía eléctrica se transforma en energía térmica.

De acuerdo con la ley de Joule, la energía calorífica es igual a la potencia por unidad de tiempo "t". Se tiene:

$$\text{Energía calorífica} = R * I^2 * T = P * T \quad (4)$$

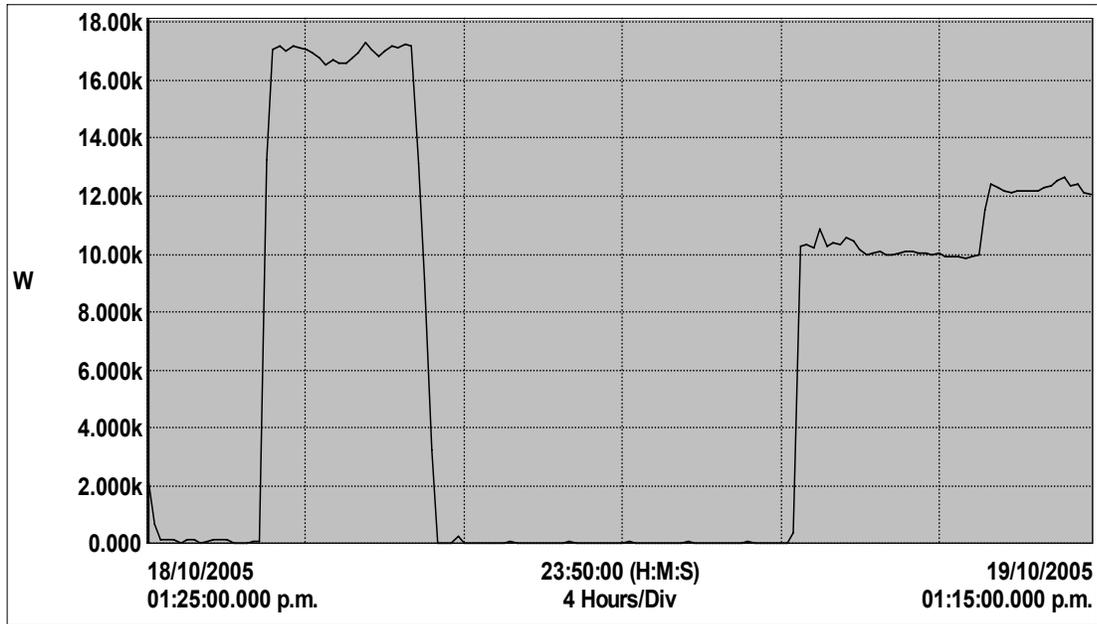
A esta potencia “P”, que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica a otra forma de energía (por ejemplo: calor o trabajo), se le conoce como potencia Activa

**Figura 13.** Potencia real de Fase 1



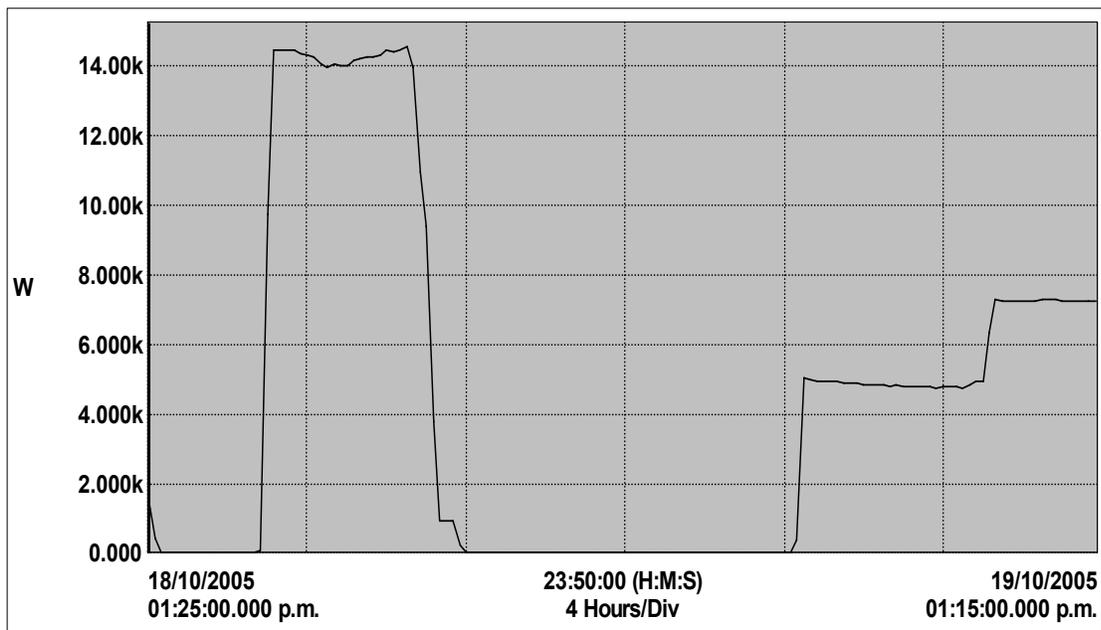
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 14.** Potencia real de Fase 2



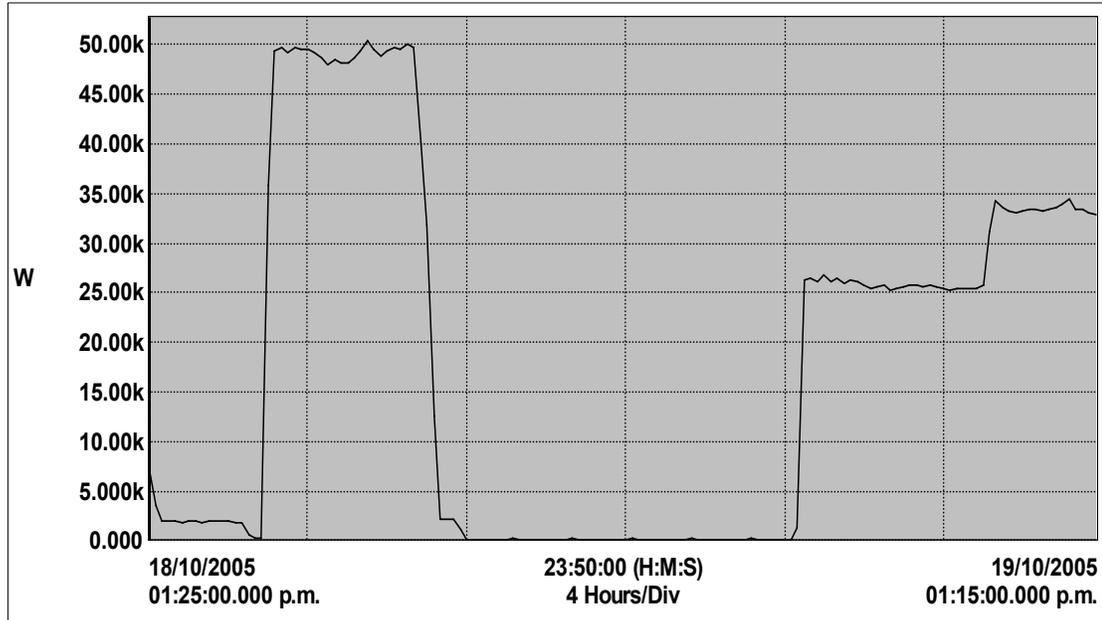
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 15.** Potencia real de Fase 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 16.** Suma de potencia real



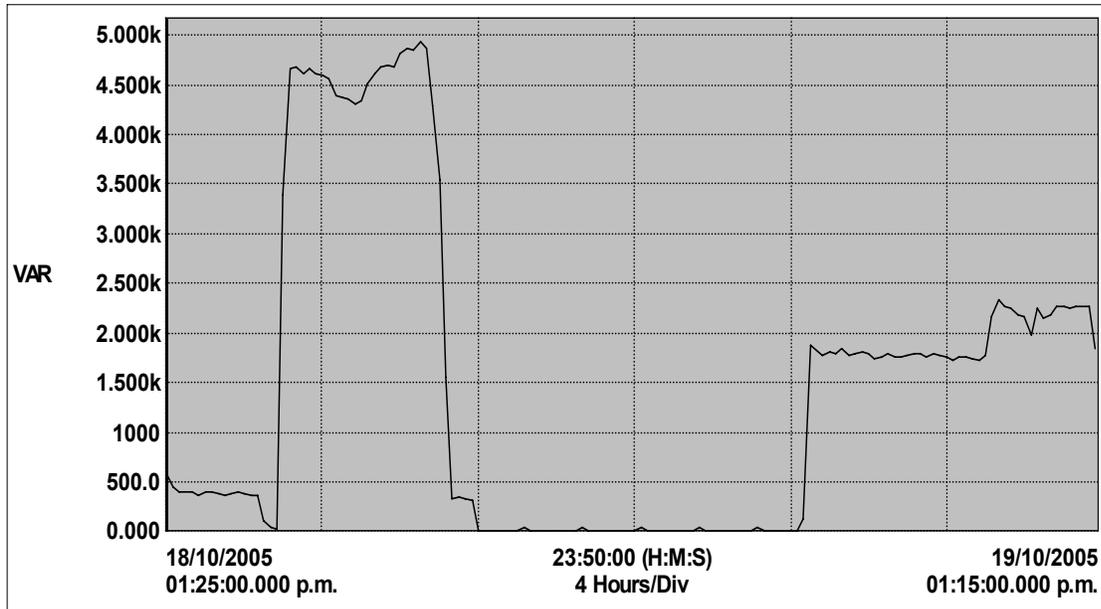
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

### 1.2.4.2. Potencia reactiva

En el caso de un circuito con un elemento puramente capacitivo o inductivo, la energía no cambia de forma, solo se almacena. En otras palabras, la fuente entrega energía al elemento capacitivo o inductivo, el cual la almacena y a su vez la entrega cuando la fuente se desenergiza. Si el circuito está conectado a una fuente de corriente alterna, la energía pasa de la fuente del capacitor (o inductor) en el primer cuarto de ciclo y regresa a la fuente en el siguiente.

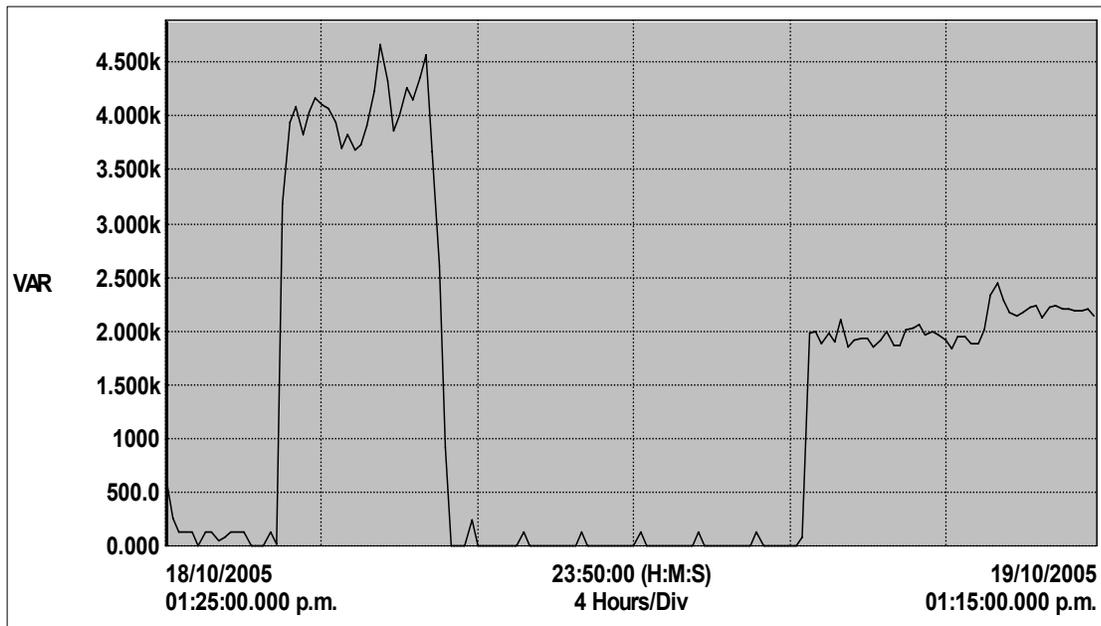
De la misma manera se le llama potencia reactiva “Q” a la potencia capacitiva o inductiva que multiplicada por la unidad de tiempo produce este tipo de energía, de lo cual para nuestro edificio tomamos la siguiente medición:

**Figura 17.** Potencia reactiva de fase 1



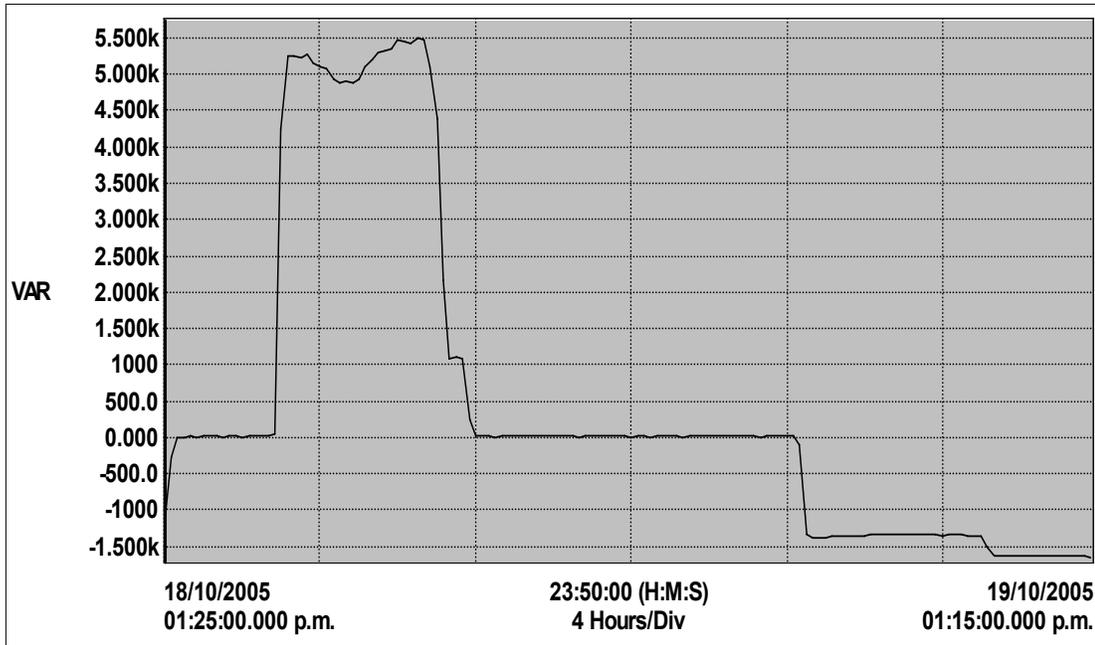
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 18.** Potencia reactiva de fase 2



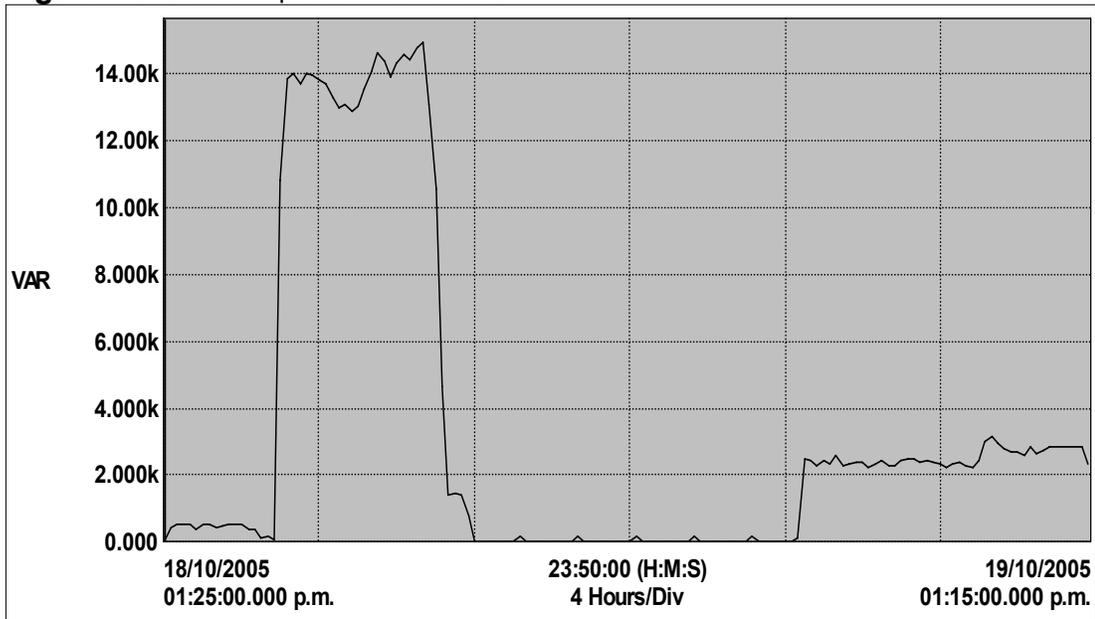
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 19.** Potencia reactiva de fase 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 20.** Suma de potencias reactivas

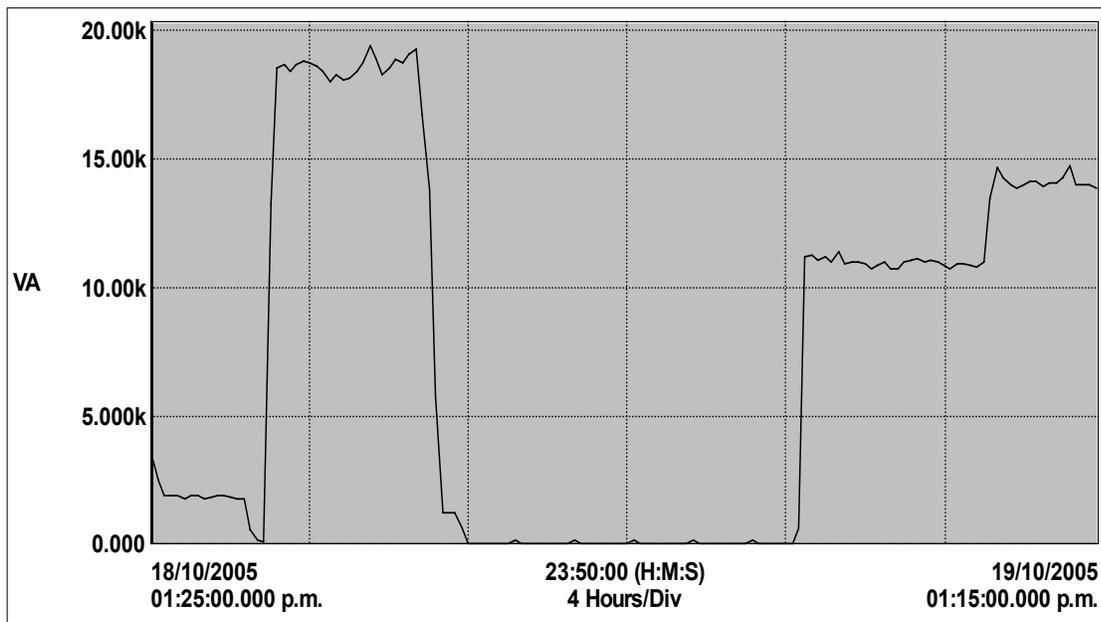


Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

### 1.2.4.3. Potencia aparente

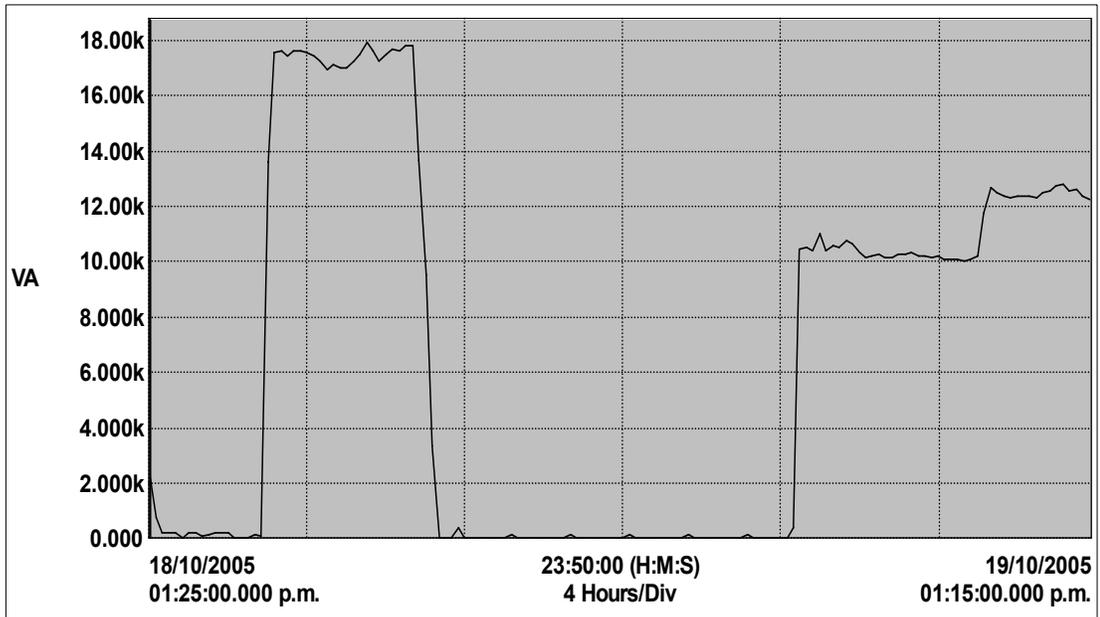
Las instalaciones eléctricas son una combinación de elementos resistivos, inductivos y capacitivos, por lo que la potencia que se requiere tiene una componente activa y una reactiva. La suma vectorial de estas dos componentes se conoce con el nombre de potencia aparente “S” e igualmente se grafica luego de la medición.

**Figura 21.** Potencia aparente de fase 1



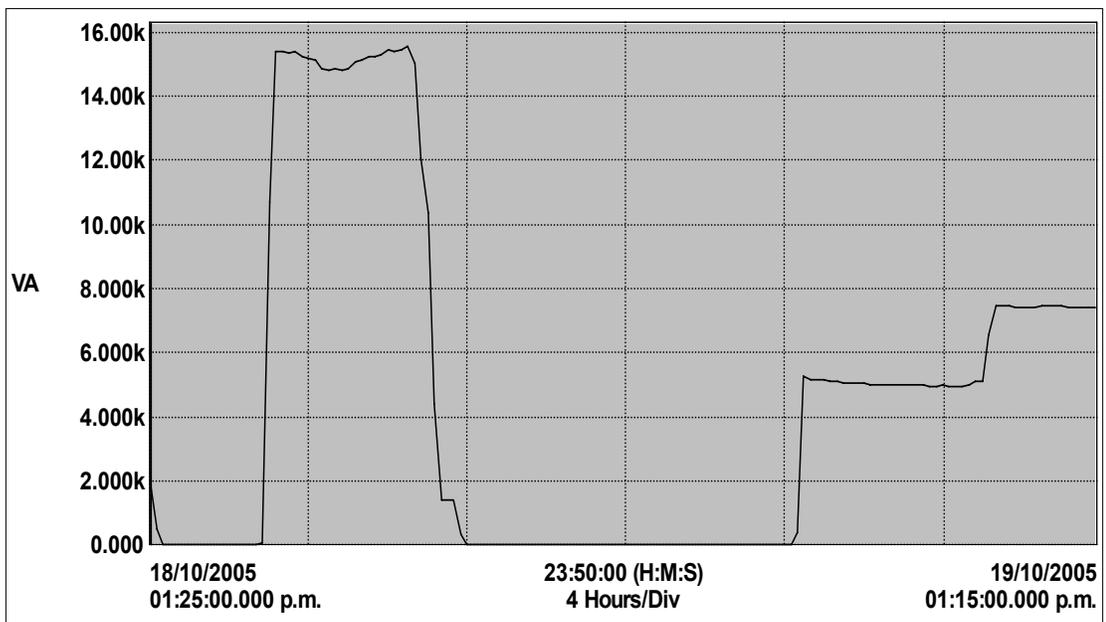
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 22.** Potencia aparente de fase 2



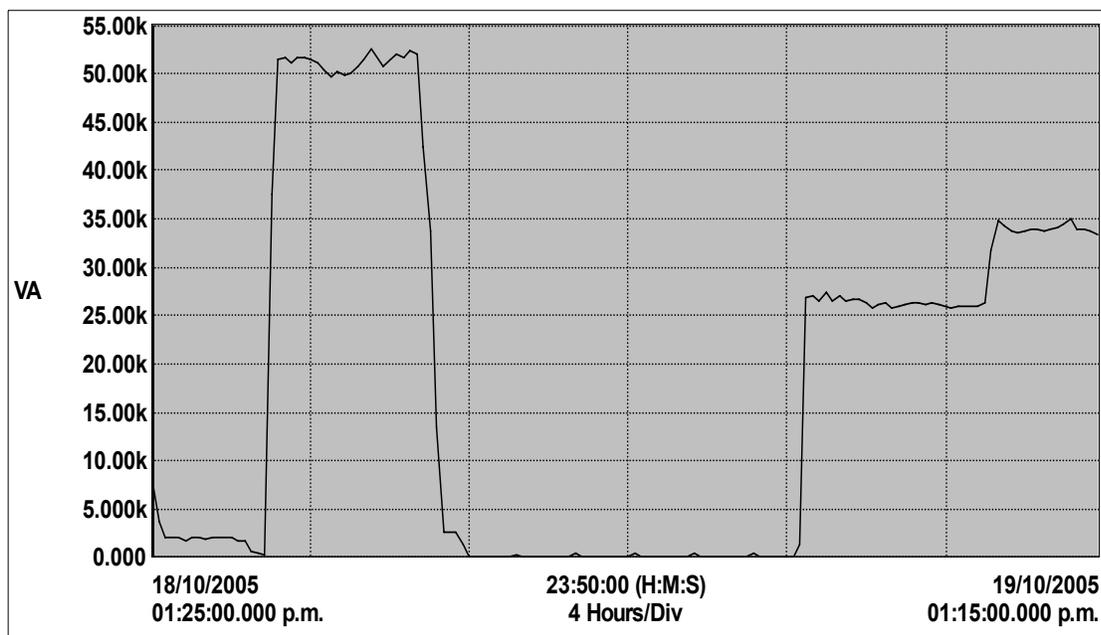
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 23.** Potencia aparente de fase 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

**Figura 24.** Suma de potencia aparente



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

### 1.2.5. Factor K

El factor K es un factor que aparece con la necesidad de mejorar el proceso de transformación, es decir, es útil para estimar el impacto de las armónicas en las pérdidas eléctricas.

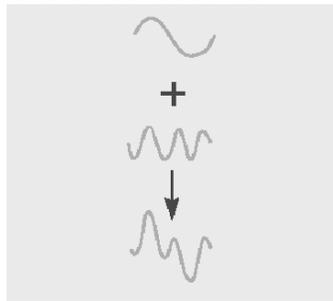
En nuestro caso, el transformador que alimenta al edificio S-10 cumple con la alimentación del edificio S-9, el cual, en igualdad de condiciones, es utilizado para propósitos académicos

El transformador no se aplica a las características de construcción de los transformadores tipo K, los cuales ejemplifican mejor la concepción de dicho factor, por ser la aplicación exacta del mismo.

### 1.2.6. Análisis de armónicos

De acuerdo con Fourier, cualquier función periódica puede representarse mediante una serie infinita de funciones senoidales. Ésta serie, contiene un término que es de la misma frecuencia que la función original, que se le llama componente fundamental. El resto de los términos se conocen como armónicas porque su frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental.

**Figura 25.** Suma de onda armónica a la fundamental



El orden del armónico, también requerido como el rango del armónico, es la razón entre la frecuencia de un armónico  $f_n$  y la frecuencia de la fundamental (60 Hz).

$$N = \frac{f_n}{f_1} \quad (5)$$

Cualquier fenómeno periódico puede ser representado por una serie de Fourier:

$$y(t) = Y_0 + \sum_{n=1}^{N=\infty} Y_n \sqrt{2} \sin (n\omega t - \delta_n) \quad (6)$$

Donde:

$Y_0$  = Es la componente de corriente directa, la cual es generalmente cero en sistemas eléctricos de distribución-

$Y_n$  = Valor rms de la componente ( $n^{\text{th}}$ ) armónica.

$\varphi_n$  = Angulo de fase de la componente ( $n^{\text{th}}$ ) armónica cuando  $t=0$ .

De esta manera puede considerarse que una onda puede estar descompuesta en onda fundamental y armónica, existiendo componentes pares o impares, que dependen de la función principal; por ejemplo: las ondas en sistemas eléctricos de potencia, solo contienen armónicas impares.

A pesar de lo anteriormente mencionado, el contenido de armónicas por los elementos de un sistema de potencia no es muy grande comparado con el caso del usuario que colabora con dicha composición y que es inerte al sistema, para nuestro caso tuvimos las siguientes mediciones en las diferentes líneas y de las cuales se concluye:

**Tabla XVI.** Armónicos

	<b>Total de Mediciones</b>	<b>Intervalos Fuera de Norma</b>	<b>% de Intervalos Fuera de Norma</b>
Línea 1	144	0	0%
Línea 2	144	0	0%
Línea 3	144	0	0%

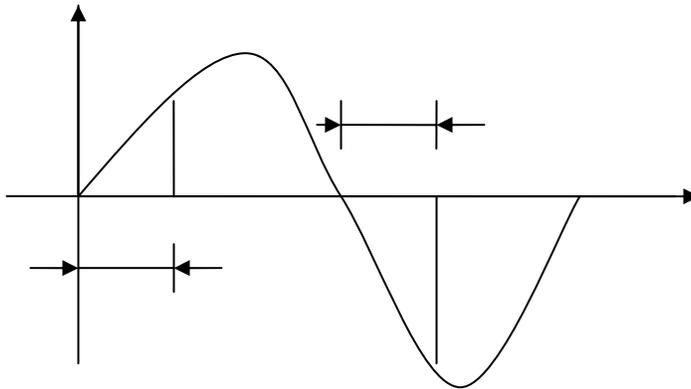
Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Según artículo 32 de las normas NTSD  
Las tablas de medición se presentan en el anexo B

### 1.2.6.1. Distorsión de armónica THDV

Lo importante para nuestro estudio es la aplicación de la electrónica de potencia es, por ejemplo en el uso de tiristores, controlar su tiempo de encendido, de tal forma que permita el paso parcial, es decir durante un cierto tiempo, de la onda senoidal de voltaje.

**Figura 26.** Onda de tensión



En la anterior figura puede apreciarse este efecto. El ángulo de disparo " $\alpha$ " varía de acuerdo con las necesidades de regulación y de la relación del área sombreada entre el área total representa la porción del voltaje de encendido retrasado respecto del voltaje total (cuando " $\alpha$ " es cero). Esto significa que la corriente que circula a través del tiristor tiene una forma que dista mucho de ser una senoide y aparecen las llamadas armónicas que son inyectadas a la red.

La distorsión total armónica (THD), cuantifica el efecto térmico de todos los armónicos. Las *NEC* proponen la siguiente expresión para el cálculo de esta magnitud:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} Y_n^2}}{Y_1} \quad (7)$$

Donde:

$Y_n$ : Magnitud de la armónica n

$Y_1$ : Magnitud de la onda de frecuencia fundamental.

El método más usado para medir la distorsión armónica en un sistema de potencia es la distorsión total armónica (THD), este puede ser calculado por la corriente o para la tensión, dependiendo de donde se quiera medir la distorsión. Hay al menos otros dos índices usados en el análisis armónico, generalmente aplicables a circunstancias especiales.

Esto incluye el factor de influencia telefónica, que compara el contenido armónico en relación al sistema telefónico y que no viene al caso, el otro índice es el factor K, que se definió anteriormente y del cual no se encontró aplicación, pero se presenta la tolerancia de las armónicas en la tabla del apéndice B.

### **1.2.7. Captura de perturbaciones**

Para nuestro estudio, se tomaron mediciones con el equipo de calidad de energía, éste capturo las perturbaciones que se dieron en el intervalo de tiempo que abarco tres estimaciones: pequeña, media y plena carga.

Esto nos permitió capturar los momentos críticos de carga, sin involucrar toda la fuerza instalada y utilizada en un mismo instante, únicamente la iluminación y alguna fuerza de salones seleccionados por su mayoría de tomacorrientes.

El nivel de armónicos presente puede estar justamente abajo del nivel que pueden causar problemas, incrementar este valor límite puede presentarse en cualquier momento y pasar a un valor donde no se pueden tolerar.

*IEEE 519-1992* proporciona recomendaciones para la cantidad de armónicos que pueden ser producidos y de las cantidades que pueden fluir por el sistema de potencia. Especifica límites recomendados de cuantos armónicos pueden ser inyectados al sistema por los usuarios, la tabla siguiente especifica estos límites como una función de la razón de la corriente de corto circuito a la corriente de carga normal en porciento del edificio.

**Tabla XVII.** Captura de distorsión armónica

Máxima distorsión de corriente en por ciento de la carga ( $I_L$ )						
Orden de los armónicos (armónicos impares)						
$I_{sc}/I_L$	2-11	11-16	17-22	23-34	Mayor de 34	Demanda Total de distorsión
< 20*	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20 < 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20
Los armónicos pares se limitan al 25 % del límite del armónico impar superior						
* Todos los equipos de generación están limitados a estos valores de distorsión independientemente de la razón $I_{sc} / I_L$						
Donde:						
$I_{sc}$ : máxima corriente de cortocircuito en PCC, A						
$I_L$ : máxima corriente de carga (componente fundamental ) en PCC, A						

Fuente: Instalaciones eléctricas, Campero E.

Ésta, nos indica la cantidad de armónicos que son generados y que indican la calidad de energía que por parte del edificio se posee, es decir, que en el momento crítico de la carga del edificio, la onda de tensión se descompone 0.12%, y que no posee mayor carga o elementos que descompongan demasiado dicha onda.

### **1.2.8. Desbalance**

En la actualidad la generación y la transmisión de la energía eléctrica se hacen en tres fases, o trifásico. Esto se realiza debido a las ventajas económicas que un sistema trifásico tiene frente a uno monofásico. De esta manera se generan tres voltajes de magnitud igual pero desfasados  $120^\circ$  eléctricos en el tiempo, lo que al sumarse resulta un sistema equilibrado.

Las cargas que son trifásicas producen corrientes de la misma magnitud en las tres fases, más no así las cargas monofásicas, que pueden producir desequilibrios entre las líneas.

Estas cargas que desequilibran el sistema pueden provocar que los voltajes ya no sean iguales en magnitud, y que los ángulos entre ellos cambien.

Este desajuste entre líneas es a lo que comúnmente se le denomina: desbalance de voltaje y que con el equipo de medición se comprobó, lo cual se presenta en el anexo B.

Análogamente, se puede ver a simple inspección, que al sumar las tablas de la caracterización de carga, el sistema tiene un desbalance entre líneas y el neutro, lo cual puede ser corregido mediante sistemas estudiados no en esta investigación, es decir, según la norma *NEC 6325.123.6* no se cumple con las necesidades para operación con demanda máxima.

### **1.3. Red de tierras**

La tierra, técnicamente hablando, se refiere a una porción del globo terráqueo que tiene un potencial de cero (o neutro); se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo puede que por cualquier razón, ésta no posea exactamente carga cero.

Al referirnos a la red de tierra tenemos que tomar en cuenta la resistencia a tierra, es decir, la resistencia eléctrica que presenta el suelo (tierra) de cierto lugar. El valor de la resistencia a tierra debe estar dentro de ciertos límites dependiendo del tipo de instalación.

La toma de tierra se da por medio de un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor. Éste puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura que este en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites que se mencionaran más adelante.

El sistema o red de tierra, no será más que la unión de los conductores eléctricos a una o más tomas de tierra y provistos de una o más terminales a las que pueden conectarse puntos de instalación.

Como mencionamos anteriormente, el globo terráqueo es considerado con potencial cero. A expensas del material que la componga, es decir, puede tener una resistividad eléctrica muy alta, así que para poder obtener una toma adecuada deberá hacerse un estudio de dicho suelo.

### 1.3.1. Condición actual

El edificio S-10 no posee red de tierra, sin embargo para poder ver la condición real de la red de tierras es necesario realizar el estudio de suelo.

Para el estudio del suelo se realizó el procedimiento siguiente:

- calibración de equipo por parte del instrumentista asignado,
- distanciar los electrodos una distancia según norma,
- aplicar la tensión a los bornes del equipo
- captura de resultados

La medición de la resistividad del terreno tuvo los siguientes resultados:

**Tabla XVIII.** Datos del suelo

<b>Distancia entre electrodos</b>	<b>4.57m</b>
<b>Resistencia del terreno</b>	<b>1.73 ohm</b>
<b>Resistividad del terreno</b>	<b>51.41 <math>\Omega</math> * m</b>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC

El significado de la resistencia a tierra puede entenderse si se analiza el flujo de corriente que circula por una varilla o electrodo de la red actual, si ésta existiese, y como se dispersa por la tierra que la rodea.

### **1.3.2. Comprobación de utilidad**

La utilidad de la red de tierras se realiza comparando los valores de resistividad del suelo con lo establecido en normas que velan por la calidad de las instalaciones eléctricas.

En el párrafo de las Normas Técnicas de instalaciones eléctricas (*NTIE*) 206.49 (1,991) se especifica que el valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohms. Sin embargo, los autores recomiendan que esté entre 5 y 10 ohms.

De acuerdo al estudio hecho de la resistividad de suelo tenemos un valor de 1.73, el cual claramente está por debajo del valor máximo permitido, es decir, el valor en el cual la resistividad del suelo es tanta que hará que ningún tipo de configuración se acomode para que el flujo de electrones sea constante.

De cierta forma, lo resaltante es que la tierra debe oponer la menor oposición al flujo de electrones, teniendo un valor de 51.41 ohms por metro se tiene que el suelo del edificio S-10 está apto para poder realizar cualquier configuración de red de tierras eléctricas.

El cálculo de la red de tierras se hará en su respectivo apartado, para lo cual se ha requerido de una serie de fórmulas basadas en la normativa anteriormente mencionada.

## **1.4. Pararrayos**

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas electroatmosféricas que se producen por la presencia de nubes, que debido a la fricción del aire con pequeñas partículas, o gotas de agua, se cargan negativamente. Al mismo tiempo esto provoca que se acumule carga positiva en la superficie terrestre y cuando el gradiente entre las cargas se vuelve suficientemente grande, surge la descarga que, por lo general, empieza en la nube.

Para ello el pararrayos complementa el sistema de protección necesaria en toda instalación que así lo requiera, partiendo de una industria mediana que tenga equipo que proteger, hasta los utilizados en subestaciones eléctricas de mediana y alta tensión.

El pararrayos consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger. Se interconectan entre sí y al sistema de tierras.

El escoger la punta o forma puntiaguda del sistema es porque la concentración de campos eléctricos es mayor, por ello las descargas escogen su trayectoria a través de chimeneas, torres o esquinas de estructuras o edificios.

### **1.4.1. Situación actual**

En nuestro estudio el edificio S-10 carece de pararrayos, quizá por la ausencia de equipo especial, sin embargo se diseño según la Norma “*National Fire Protection Association*” (NFPA, 78- 1,998) del “*Ligthing Protection Code*” y de lo cual se presentará en los siguientes incisos.

Debido a que un objeto está razonablemente protegido cuando queda bajo un cono cuyo vértice superior es la punta de la barra, y que tiene una base de radio igual a dos veces la altura de la punta. Para objetos donde se requiera mayor protección, el radio del cono debe ser igual a la altura del montaje.

El diseño, según la norma anteriormente citada, se presentará en el apartado del cálculo teórico de las instalaciones del edificio.

## **1.5. Iluminación**

La iluminación es muy importante para el propósito que cumple el edificio, el cual es la docencia, ésta tiene características diferentes que dependen de las dimensiones del salón, teniendo dos posibilidades, las de 12 luminarias y las de 15 por salón.

Al igual que se toma en cuenta el diseño del parqueo del edificio, el cual posee dimensiones proporcionales al área que ocupa el edificio.

### **1.5.1. Revisión visual**

La situación actual del edificio refleja la mala posición de las lámparas, la escasez de iluminación por parte del parqueo y el poco mantenimiento en salones.

La cantidad de luminarias por salón se presentaron anteriormente en el diagnóstico y evaluación de las instalaciones, lo cual ha sido cuantificado en su respectiva tabla (ver tabla I, II y III respectivamente).

A continuación se dan las bases para el cálculo y diseño interior y exterior del edificio. La información relativa a lámparas que se utilizan se presenta en el apéndice B, los datos ahí mencionados son únicamente para ayudar en el desarrollo de cálculos sencillos, ya que el resto de datos están contenidos en catálogos de los fabricantes de los que, de igual forma, se hará referencia.

El alumbrado de interiores, como anteriormente mencionamos, se define en dos niveles de necesidad de luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del edificio, y el espacio respectivo del parqueo.

En nivel general corresponde a la iluminación de todas las demás áreas, en las que se incluyen pasillos y gradas. Para el caso de los servicios sanitarios se utiliza el cálculo de uno de los dos niveles de necesidad.

Además del nivel de iluminación se requiere cuidar la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, o las sombras indeseables para los estudiantes.

### **1.5.2. Características de las luminarias**

Una vez escogidas las luminarias que se van a utilizar y determinando el nivel de iluminación requerido (Tabla anexo B) podría calcularse el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. No obstante, para áreas amplias es preferible utilizar el método de los lúmenes porque proporciona una iluminación media uniforme además que su aplicación no es complicada, lo cual se hará en el capítulo 3 en el análisis teórico de las instalaciones eléctricas.

### **1.5.3. Medición de iluminación**

La medición de luxes fue realizado por un instrumento igualmente certificado, el procedimiento fue muy simple dada la poca complejidad de la medición.

Básicamente consiste en la colocación a una altura promedio (50 centímetros) del suelo para los diferentes ambientes a medir.

Como anteriormente mencionamos, se midieron los salones de dos tipos, análogamente los servicios sanitarios, además de los pasillos y gradas.

Fuera del edificio se midió el parqueo. Todas las mediciones fueron hechas en hora nocturna donde es utilizada la iluminación del edificio, con los resultados siguientes:

**Tabla XIX.** Cantidad de lúmenes por ambiente

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio de iluminación en luxes</b>
1	Salones de 9 lámparas	223
2	Salones de 12 lámparas	206
3	Salones de 16 lámparas	190
5	Pasillos	96
6	Gradas	100
7	Baños	195
8	Parqueos	3

Fuente: Equipo de Medición de luxes, TCH IEC-100.

## **1.6. Instalaciones especiales**

Las instalaciones especiales son aquellas que requieren mucha atención dada sus características de fabricación, dentro de lo que pueden mencionarse: equipo de medición, balanzas electrónicas, y equipo de laboratorios de diversa índole, donde el valor constante de tensión es muy importante y los conductores e iluminación del ambiente igualmente.

Para nuestro caso no existe tal situación, dadas las características del edificio y las funciones que le atribuyen.

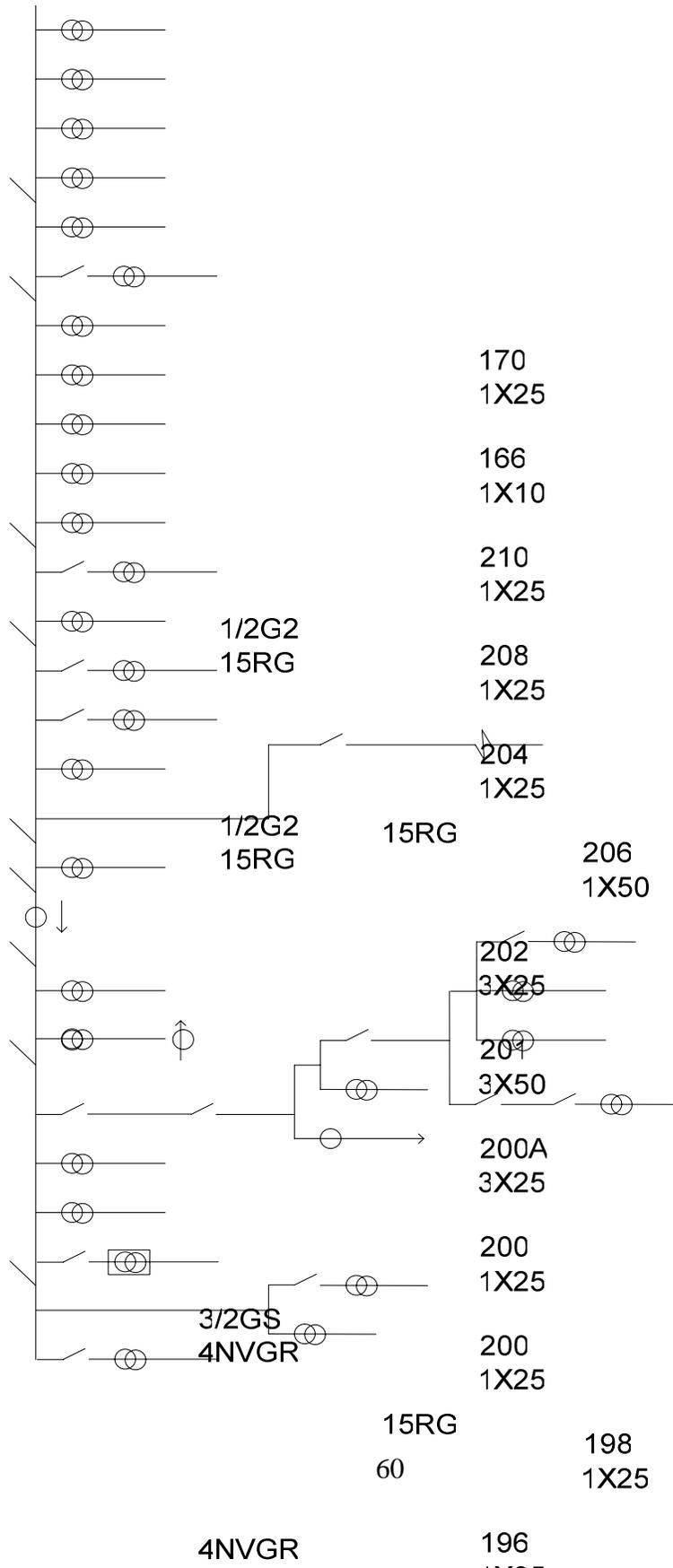
## 2. DIAGRAMAS UNIFILARES

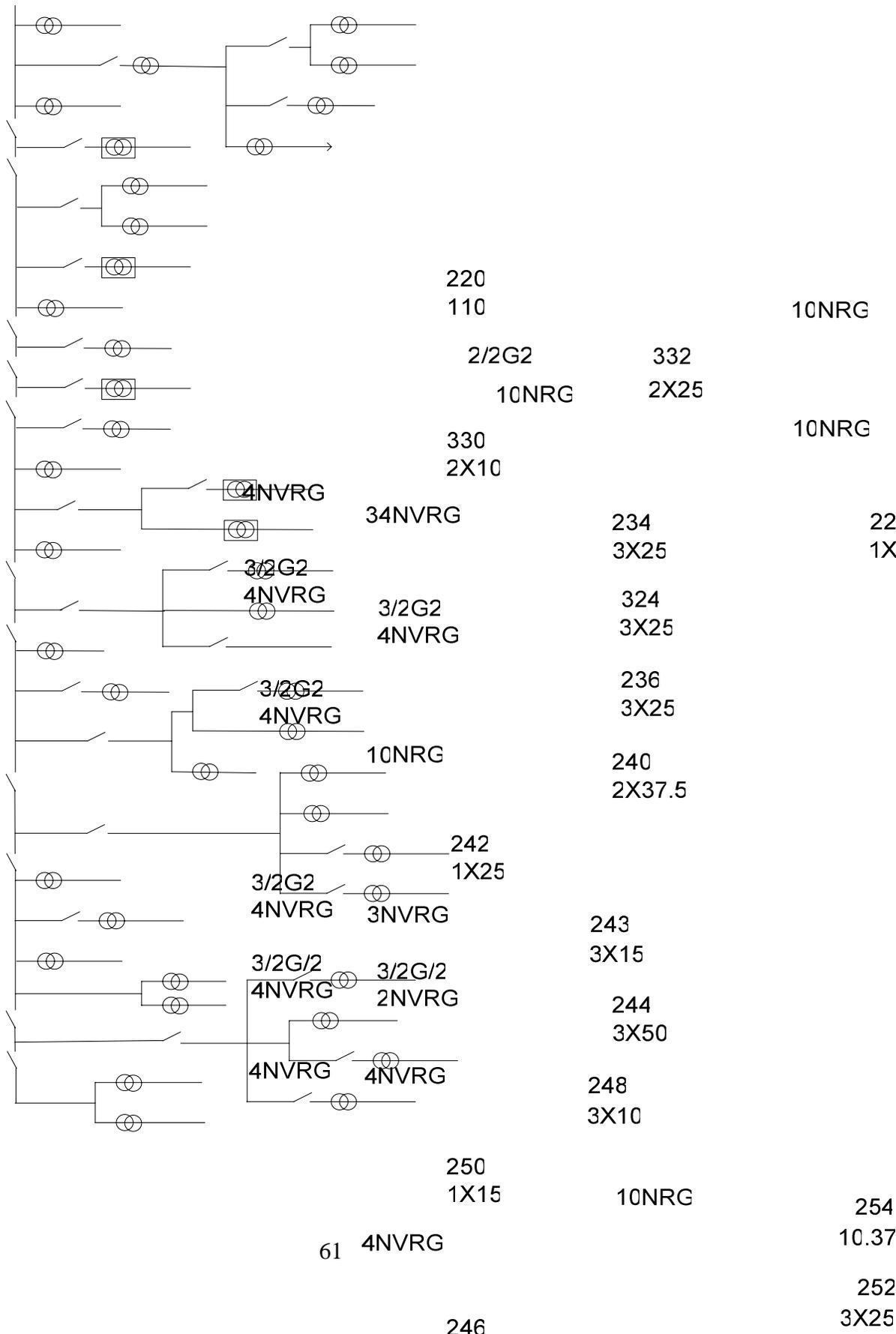
Un diagrama unifilar es la representación, en línea única, de los diferentes elementos que componen un sistema eléctrico, éste puede ser una instalación residencial – domiciliar, industria o sistema eléctrico de potencia o subestaciones eléctricas.

Para el diagrama unifilar es necesario reconocer nomenclaturas que han sido estandarizadas para el reconocimiento de cada componente del sistema eléctrico dibujado, esto lleva un orden lógico de circuitería, en el cual puede verse fácilmente la dirección de la corriente antes o después de cualquier elemento del mismo.

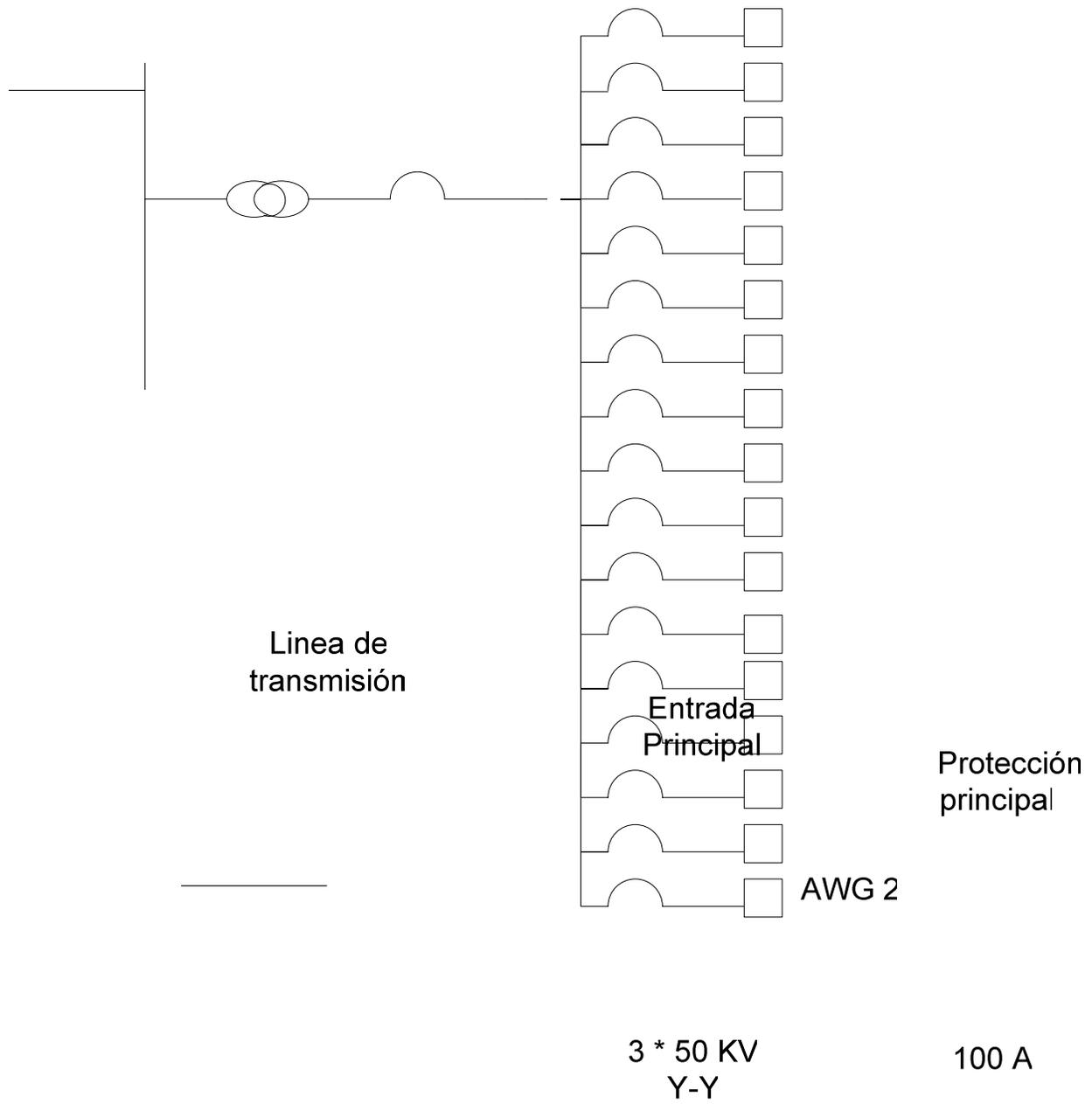
Se presenta a continuación dos diagramas unifilares, uno perteneciente al apartado 2.1, que corresponde a la red eléctrica general a la cual pertenece el edificio y donde se realiza el mismo. Y el otro, de la sección 2.2, que muestra la sub-red eléctrica del edificio con todas sus protecciones y calibres de conductores especificados desde la entrada de la cometida hasta el punto final de carga, éste, lógicamente, se encuentra sub-dividido en tres que son los correspondientes niveles del edificio.

**Figura 27.** Diagrama unifilar de la red general

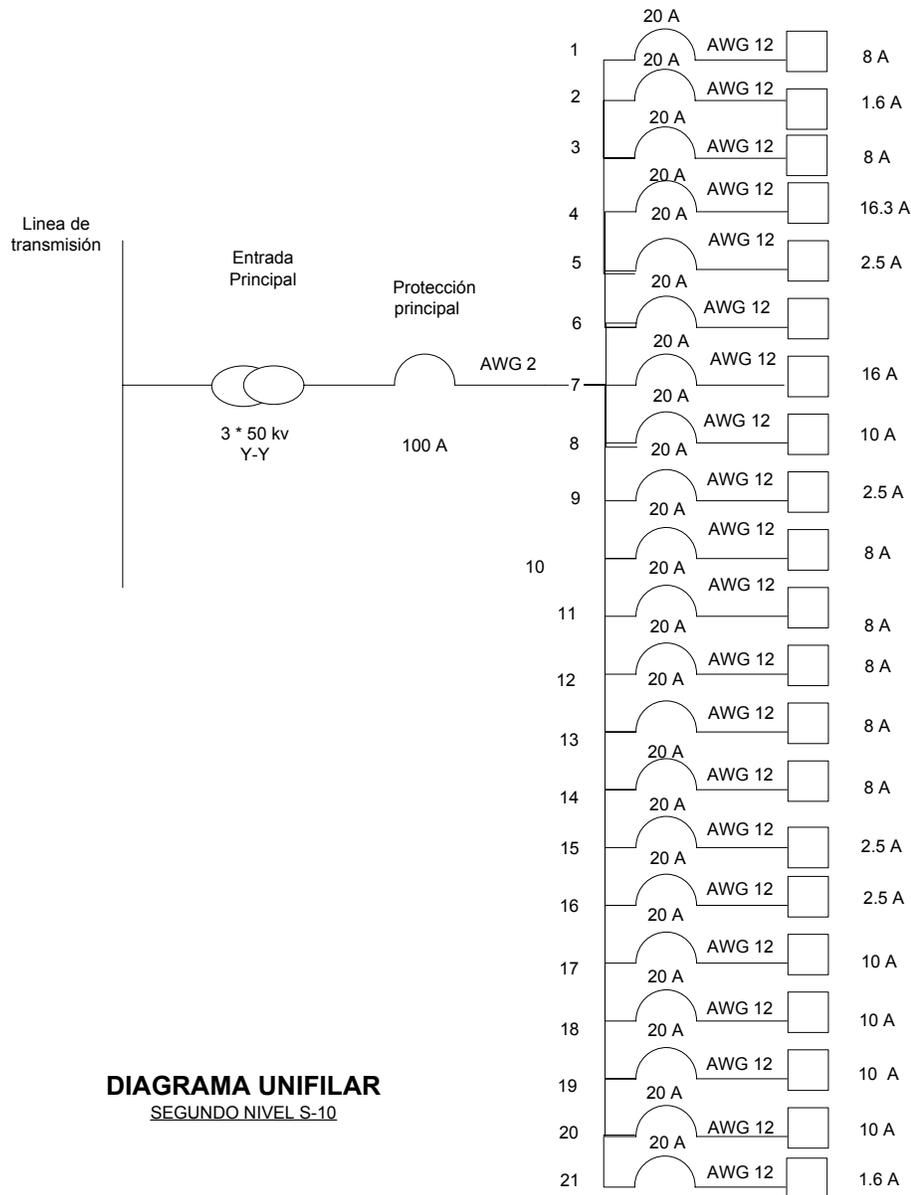




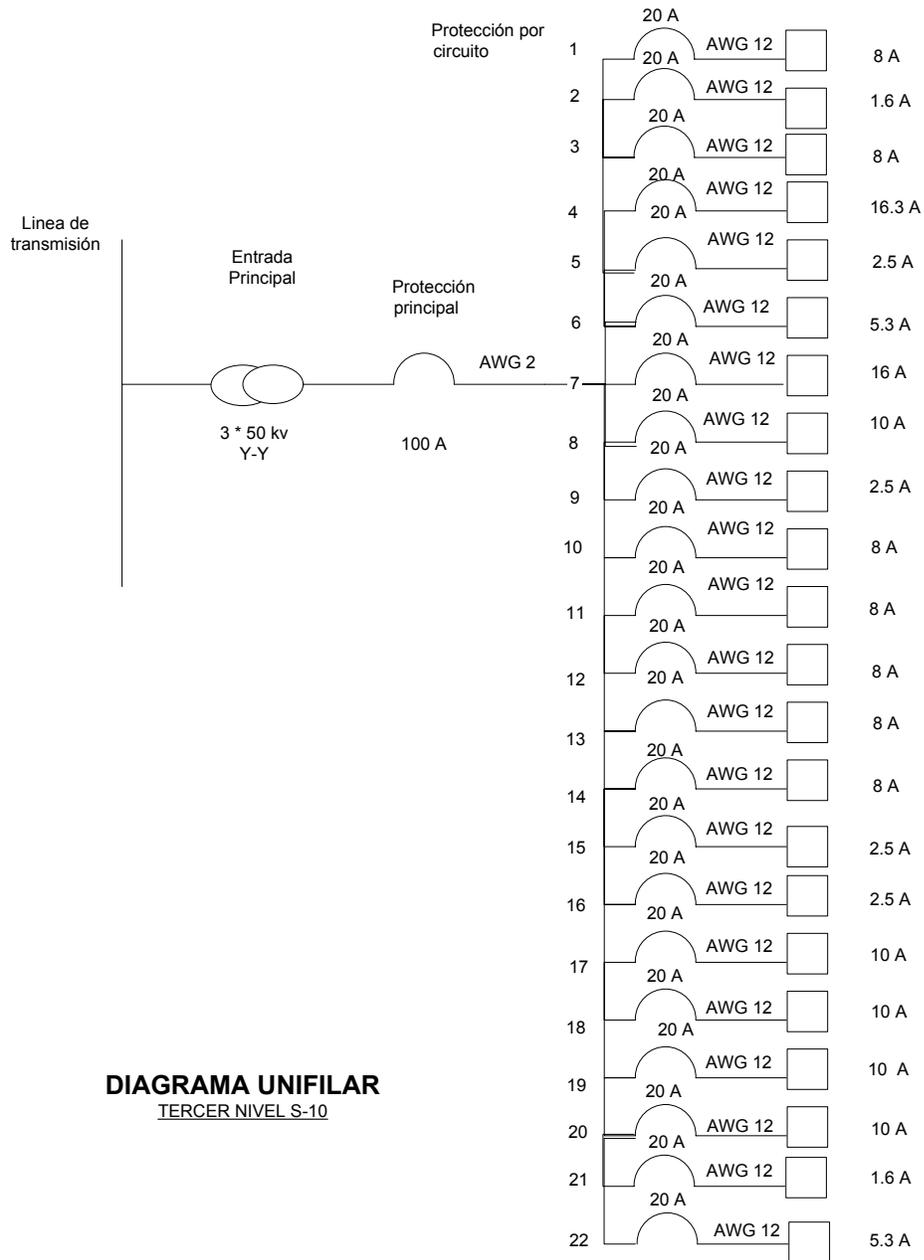
**Figura 28.** Diagrama de la sub-red eléctrica



**Figura 29.** Diagrama de la sub-red eléctrica, nivel 2.



**Figura 30.** Diagrama de la sub-red eléctrica, nivel 3.



## **2. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO S-10**

Para poder respaldar las instalaciones eléctricas tanto en funcionamiento como calidad es necesario realizar cálculos teóricos que nos den, con exactitud, las cantidades a utilizar tanto en conductores, tuberías, lúmenes y protección, sean éstas la red de tierras y pararrayos.

Se presentan cálculos de conductores, lúmenes, diseño de red de tierras y pararrayos.

### **2.1. Cálculo de conductores**

Para el cálculo de conductores se utilizaron dos metodologías, ambas consistentes y hechas con datos característicos del edificio, las cuales son: por caída de tensión y por capacidad de corriente.

#### **3.1.1. Cálculo por caída de tensión**

Es necesario que la caída de tensión en los conductores no exceda de las estipuladas por las normas. La caída de tensión permisible como ya dijimos anteriormente es del 2% de la tensión nominal para la acometida y del 3% de la misma para los ramales.

Las fórmulas que sostienen el cálculo y que sirvieron para nuestro propósito son:

$$V = I X R \quad (8)$$

$$P = V x I x \cos \Phi \quad (9)$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \Phi \quad (10)$$

$$R = \frac{L}{A x K} \quad (11)$$

$$E = \frac{I * L}{A x K} \quad (12)$$

En donde:

L = longitud en metros o pies

A = sección transversal en mm<sup>2</sup> o circular mils

K = conductividad

Y E = porcentaje de caída de tensión

$$L = \sqrt{3} d \text{ para circuitos trifásicos} \quad (13)$$

$$L = 2 d \text{ para circuitos monofásicos} \quad (14)$$

Esta metodología fue la utilizada para el cálculo teórico en el apartado correspondiente.

El cálculo se realizó por circuito, en la mayoría de casos técnicos se coloca el conductor sin prever la distancia y carga a alimentar pero en nuestro caso se utilizaron los parámetros y distancias a un centro de carga del salón que es nuestra carga representativa, sea esta iluminación o fuerza.

Además se presenta el cálculo de los conductores alimentadores principales.

Los cálculos se resumen en las tablas siguientes, para cada columna correspondiente se realizó algún cálculo o es un valor constante que se utilizó en las fórmulas siguientes:

$$I = \frac{P}{V \cos \Phi} \quad (15)$$

$$E = \frac{I * L}{A * K} \quad (16)$$

Donde:

V = voltaje

D = distancia

P = potencia instalada

E = regulación de tensión

I = corriente

L = longitud; que puede ser 1Φ o 3Φ, dependiendo de la carga

A = área

K = conductividad; que para el aluminio es 57 y para el cobre 36

El factor de potencia utilizado es de 0.95, según los datos de facturación dados por la EEGSA y un voltaje estandarizado a 120 voltios.

La distancia es una medición hecha con una holgura estimada para los circuitos de fuerza, dado que el tipo de instalación de fuerza es subterránea y debe estimarse las esquinas y bajadas del conductor hasta las partes metálicas.

Las dos columnas de potencia son diferentes casos, uno se refiere al vatiaje correspondiente a iluminación y otro tipo de instalación que así corresponda; y la otra se refiere a los voltios amperios que para el caso de un tomacorriente simple se establece con 150 Voltios – amperios.

La columna de la longitud, que puede ser monofásica o trifásica según sea la carga, se denoto con la letra L y para el caso de una fase será igual a dos veces la distancia (**2 D**) y en el caso de ser trifásico será la raíz de 3 por la distancia ( **$\sqrt{3} D$** )

**Tabla XX.** Cálculo de conductores por área del conductor del primer nivel

	VOLTAJE	POTENCIA	POTENCIA	CORRIENTE	DISTANCIA	LONGITUD	CAÍDA DE TENSIÓN	K	ÁREA DEL CONDUCTOR	CALIBRE
No.	V	P watts	P va	I Amp	D metros	L 1fase	E	COBRE	A mm2	AWG
1	114	640		5.61	8	16	3.6	57	<b>0.44</b>	<b>14</b>
2	114	640		5.61	8	16	3.6	57	<b>0.44</b>	<b>14</b>
3	114	960		8.42	31	62	3.6	57	<b>2.54</b>	<b>12</b>
4	114	960		8.42	38	76	3.6	57	<b>3.12</b>	<b>12</b>
5	114	1200		10.53	46	92	3.6	57	<b>4.72</b>	<b>10</b>
6	114	640		5.61	55	110	3.6	57	<b>3.01</b>	<b>10</b>
7	120		450	3.75	34	68	3.6	57	<b>1.24</b>	<b>14</b>
8	114	960		8.42	34	68	3.6	57	<b>2.79</b>	<b>12</b>
9	114	960		8.42	23	46	3.6	57	<b>1.89</b>	<b>14</b>
10	114	960		8.42	15	30	3.6	57	<b>1.23</b>	<b>14</b>
11	114	960		8.42	15	30	3.6	57	<b>1.23</b>	<b>14</b>
12	114	600		5.26	6	12	3.6	57	<b>0.31</b>	<b>14</b>
13	114	600		5.26	37	74	3.6	57	<b>1.90</b>	<b>14</b>
14	114	600		5.26	60	120	3.6	57	<b>3.08</b>	<b>12</b>
15	114	600		5.26	6	12	3.6	57	<b>0.31</b>	<b>14</b>
16	120		450	3.75	17	34	3.6	57	<b>0.62</b>	<b>14</b>
17	120		450	3.75	35	70	3.6	57	<b>1.28</b>	<b>14</b>

Fuente: Propia

Los resultados de los conductores apropiados se resumen a continuación, los cálculos hechos en tablas, como la anterior, se presentan en el apéndice B.

**Tabla XXI.** Cálculo de conductores segundo nivel

<b>CIRCUITO</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CALIBRE</b>
<b>No.</b>	<b>A mm<sup>2</sup></b>	<b>AWG</b>
<b>1</b>	<b>1.72</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>0.56</b>	
<b>3</b>	<b>1.31</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>5.25</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>1.13</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>1.64</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>1.03</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>1.21</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>4.19</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>4.19</b>	<b>10</b>
<b>12</b>	<b>2.71</b>	<b>12</b>
<b>13</b>	<b>3.53</b>	<b>10</b>
<b>14</b>	<b>1.89</b>	<b>14</b>
<b>15</b>	<b>1.21</b>	<b>14</b>
<b>16</b>	<b>1.86</b>	<b>14</b>
<b>17</b>	<b>2.15</b>	<b>12</b>
<b>18</b>	<b>4.72</b>	<b>10</b>

Fuente:

Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Las tablas en forma extensa con todos los datos para el cálculo se presentarán en el apéndice C.

**Tabla XXII.** Cálculo de conductores tercer nivel

CIRCUITO	ÁREA	CALIBRE
	DEL CONDUCTOR	
	A mm <sup>2</sup>	
No.	A mm <sup>2</sup>	AWG
1	2.41	14
2	0.29	14
3	0.66	14
4	4.99	10
5	1.46	14
6	1.15	14
7	6.57	8
8	4.19	10
9	1.75	14
10	4.27	10
11	1.09	14
12	2.71	12
13	3.61	10
14	1.97	14
15	1.21	14
16	0.37	14
17	1.03	14
18	1.03	14
19	2.19	12
20	1.83	14
21	0.88	14
22	2.57	12

Fuente: Propia

Para los alimentadores se realizó el cálculo con las mismas variables, es decir, distancia, voltaje, corriente, longitud, caída de tensión etc.,

**Tabla XXIII.** Cálculo de conductores de alimentadores principales

No.	VOLTAJE		ÁREA	CALIBRE
	V	A	mm <sup>2</sup>	AWG
1	360.2666	12.88		8
2	360.2666	18.96		4
3	360.2666	27.04		2

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

### 3.1.2. Cálculo por capacidad de corriente

La capacidad de conducción de un conductor o Ampacidad se encuentra limitada por los siguientes factores:

- conductividad del metal conductor,
- capacidad térmica del aislamiento.

Desde el punto de vista de la conductividad existen un sinnúmero de tablas que proporcionan la resistencia eléctrica, factor importante porque determina la cantidad de potencia perdida por calor en el conductor, pero es muy importante considerar que la resistencia que aparece en las tablas es para corriente directa; cuando circula corriente alterna sobre un conductor tenemos el fenómeno conocido como efecto piel, en el cual la corriente circula por la superficie del conductor y no por el centro de él, por lo que se ve incrementada la resistencia del conductor, además de ello se tiene reactancia inductiva, lo que viene a dar sumadas vectorialmente la impedancia (Z) del conductor, mayor que la resistencia en corriente directa.

El NEC recomienda otro tipo de cálculo para no recargar a un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal. Esto es diferente al cálculo anterior, el de regulación de tensión.

En el caso de capacidad de corriente se involucran valores de temperatura del conductor, que es dependiente del flujo de corriente, y que varía significativamente por esfuerzos o sobrecargas en el conductor, que viene en la tabla siguiente:

**Tabla XXIV.** Factores de corrección de capacidad de conducción por temperatura

CALIBRE	RANGO DE TEMPERATURA DEL AISLANTE	
	60 C	75 C
AWG o MCM	TW	THW
14	20	20
12	25	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490
900	435	520
1000	455	545

Fuente: Instalaciones eléctricas, Campero E.

A esto se le agrega el factor de corrección para el tipo de protección mecánica que tenga los conductores, esto es tuberías, canaletas etc., y que, dependiendo del tipo de material, para nuestro caso el conduit, se aplica el factor de corrección que varía según la tabla siguiente:

**Tabla XXV.** Factores de corrección

TEMPERATURA AMBIENTE C	FACTORES DE CORRECCIÓN	
	TW	THW
21-25	1.08	1.05
26-30	1	1
31-35	0.91	0.94
36-40	0.82	0.88
41-45	0.71	0.82
46-50	0.58	0.75
51-55	0.41	0.67
56-60	.....	0.58
61-70	.....	0.33
71-80	.....	.....

Fuente: Instalaciones eléctricas, Campero E.

Se presenta la tabla de resultados, luego se hará una comparación por el método de regulación de tensión en el apéndice C

**Tabla XXVI.** Cálculo de conductores por corriente y protección en amperios

	I		Protecc	CAL	I	I	Dist.	L	Cal
No.	AMP	*1.2	A	AWG	Nom	Real	D	1fase	AWG
1	6	7	15	14	20	12	8	16	14
2	6	7	15	14	20	12	8	16	14
3	8	10	15	14	20	12	31	62	12
4	8	10	15	14	20	12	38	76	12
5	11	13	15	14	20	12	46	92	10
6	6	7	15	14	20	12	55	110	12
7	4	5	15	14	20	12	34	68	14
8	8	10	15	14	20	12	34	68	12
9	8	10	15	14	20	12	23	46	14
10	8	10	15	14	20	12	15	30	14
11	8	10	15	14	20	12	15	30	14
12	5	6	15	14	20	12	6	12	14
13	5	6	15	14	20	12	37	74	14
14	5	6	15	14	20	12	60	120	12
15	5	6	15	14	20	12	6	12	14
16	4	5	15	14	20	12	17	34	14
17	4	5	15	14	20	12	35	70	14

Fuente: Propia

En el cual incluimos la columna de su protección la cual no será menor de 15 Amperios.

De igual forma tenemos para el segundo y tercer nivel respectivamente.

**Tabla XXVII.** Cálculo de conductores por corriente y protección en amperios, nivel 2.

	I		Protecc	CAL	I	I	Dist.	L	CAL
No.	AMP	*1.2	A	AWG	Nom	Real	D	1fase	AWG
1	8	10	15	14	20	12	21	42	14
2	3	3	15	14	20	12	23	46	14
3	8	10	15	14	20	12	16	32	14
4	17	20	25	10	30	18	32	64	10
5	4	5	15	14	20	12	31	62	14
6		0				0		0	
7	17	20	25	10	30	18	10	20	14
8	11	13	15	12	25	15	10	20	14
9	4	5	15	14	20	12	33	66	14
10	8	10	15	14	20	12	51	102	10
11	8	10	15	14	20	12	51	102	10
12	8	10	15	14	20	12	33	66	12
13	8	10	15	14	20	12	43	86	10
14	8	10	15	14	20	12	23	46	14
15	4	5	15	14	20	12	33	66	14
16	4	5	15	14	20	12	51	102	14
17	11	13	15	14	20	12	21	42	12
18	11	13	15	14	20	12	46	92	10

Fuente: Propia

**Tabla XXVIII.** Cálculo de conductores por corriente y protección en amperios, nivel 3.

	I		Protecc	CAL	I	I	Dist.	L	CAL
No.	AMP	*1.2	A	AWG	Nom	Real	D	1fase	AWG
1	11	13	15	12	25	15	22	44	14
2	4	5	15	14	20	12	8	16	14
3	8	10	15	14	20	12	8	16	14
4	26	31	40	8	40	24	20	40	10
5	4	5	15	14	20	12	40	80	14
6	6	7	15	14	20	12	21	42	14
7	17	20	25	10	30	18	40	80	8
8	8	10	15	14	20	12	51	102	10
9	4	5	15	14	20	12	48	96	14
10	8	10	15	14	20	12	52	104	10
11	11	13	20	12	25	15	10	20	14
12	8	10	15	14	20	12	33	66	12
13	8	10	15	14	20	12	44	88	10
14	8	10	15	14	20	12	24	48	14
15	4	5	15	14	20	12	33	66	14
16	4	5	15	14	20	12	10	20	14
17	11	13	20	12	25	15	10	20	14
18	11	13	20	12	25	15	10	20	14
19	11	14	20	12	25	15	20	40	12
20	4	5	15	14	20	12	50	100	14
21	4	5	15	14	20	12	24	48	14
22	6	7	15	14	20	12	47	94	12

Fuente: Propia

**Para los alimentadores se cuenta con un calibre de 350 MCM para las tres líneas y 350 para el neutro.**

## **2.2. Cálculo de iluminación**

Existen dos metodologías diferentes utilizadas en nuestro diseño, uno para el alumbrado de interiores y el otro para exteriores. El método utilizado para el diseño de alumbrado en interiores es el de cavidad zonal el cual está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información dada por el fabricante sobre la emisión luminosa de cada lámpara, la cantidad de lámparas instaladas y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) pueden obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes.

El cálculo de exteriores se realiza según tablas ya establecidas por los fabricantes y la necesidad de iluminación requerida por área que tengamos para el parqueo.

En los interiores se hace mención únicamente del salón y sus respectivas áreas, posteriormente se mencionara el número de salón entendiéndose los dos niveles diferentes de iluminación necesitada. Para el caso de los pasillos, gradas y servicios sanitarios se diseñará uno por nivel dada la redundancia de las áreas de las bases de los niveles restantes.

### **3.2.1. Iluminación en interiores**

Para realizar el cálculo de lúmenes para interiores existen diferentes metodologías, mencionando algunos como el de punto por punto y el de cavidad zonal, el cual fue elegido por incluir aspectos como reflectancia y los colores característicos de ambientes, entre otros.

### **3.2.1.1. Método de Cavity Zonal**

Este método, el cual es el más moderno, consiste en encontrar un coeficiente de utilización, determinado en forma distinta para los diferentes ambientes denominados cavidades o cavidades zonales.

Cavidad del cielo

Cavidad del ambiente

Cavidad del piso

Con las dimensiones del ambiente y alturas de las cavidades zonales respectivas, se puede determinar ciertas relaciones para encontrar las reflectancias efectivas.

Para aplicar este método se procede en la siguiente forma.

Cavidad cielo

Cavidad de ambiente

Cavidad de piso

1. Escoger el nivel lumínico de acuerdo a la tabla del apéndice B-3.
2. Escoger el tipo de luminaria clasificadas generalmente en: Directo, indirecto, semi-directo, semi-indirecto y difusión general. De acuerdo con el porcentaje de luz dirigida hacia arriba y abajo.
3. Escoger los colores del ambiente. A falta de mayor información, podemos aceptar la siguiente tabla.

**Tabla XXIX.** Cuadro de resumen de colores de ambiente

Color	Coefficiente de Reflectancia
	%
Blanco	75 – 85
Marfil	70 – 75
Colores pálidos	60 – 70
Amarillo	55 – 65
Marrón claro	45 – 55
Verde claro	40 – 50
Gris	30 – 50
Azul	25 – 35
Rojo	15 – 20
Marrón oscuro	10 – 15

Fuente: Instalaciones eléctricas, Campero E.

4. Estimar el coeficiente de mantenimiento, que toma en cuenta la disminución de la luz debido al envejecimiento, y el ensuciamiento, (K) que oscila entre 0.50 y 0.80.

5. Se determinan las Relaciones de cavidad de Ambiente de Cielo y de Piso, respectivamente:

Relación Cavidad Ambiente

$$5 \times hca \times (W + L) \quad (17)$$

$$RCA = W \times L \quad (18)$$

Relación Cavidad Cielo

$$5 \times hcc \times (W + L) \quad (19)$$

$$RCC = W \times L \quad (20)$$

Relación Cavidad Piso

$$5 \times h_{cp} \times (W + L) \quad (21)$$

$$RCP = W \times L \quad (22)$$

**6.**

a) Buscar en la tabla la reflectancia efectiva para la cavidad del cielo entrando a la misma con los valores de reflectancia de cielo y de paredes, y la relación de cavidad del cielo.

b) Proceder similarmente para encontrar la reflectancia efectiva de la cavidad de piso, usando la reflectancia del piso.

**7.** Con los valores de relación de cavidad de ambiente y los de reflectancia efectiva de cavidad del cielo y de reflectancia de paredes, encontrar mediante interpolación o extrapolación según sea el caso en la tabla correspondiente, el coeficiente de utilización de acuerdo al tipo de iluminaría utilizado, esta tabla supone una reflectancia de cavidad de piso del 20% si el valor encontrado antes difiere apreciablemente de 20, hay que multiplicar por el coeficiente de reflectancia. La interpolación se realiza para el caso en el que los datos a operar se encuentran dentro del rango de la tabla mientras que la extrapolación es dada para los datos que se encuentran fuera del rango de dicha tabla.

8. Se calcula el flujo lumínico total que hay que proporcionar:

$$E \times A \quad (23)$$

$$\Phi = K \times Fm \quad (24)$$

Donde:

$\Phi$  = Flujo total

E = Luminancia en lux

S = superficie en metros cuadrados

K = coeficiente de utilización

Fm = factor de mantenimiento

9. Se calcula el espaciamiento máximo de lámparas, dividiendo el flujo total entre el número de lámparas, y se escogerán las bombillas o tubos adecuados para proporcionar como mínimo ese flujo.

### 3.2.1.2. Para el Salón 101 del edificio S-10

Datos:

Salón de clases.

Grado de contaminación y suciedad del local igual a medio.

Plano de trabajo por el tipo de utilización del local igual a 0.75 m s.n.s.

Todos los salones tienen una altura de 3.0 m

Medidas (metros):

Largo: 9.0

Ancho: 9.0

Piso: gris

Colores:

Techo: blanco

Pared: crema

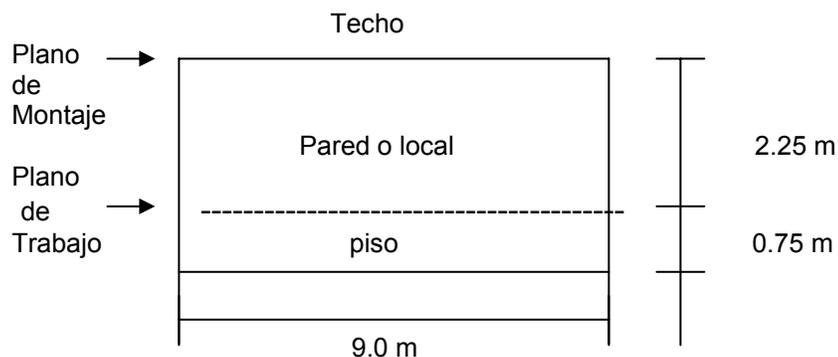
**No. 1** El nivel de iluminación adecuado para el local es de 500 lux, tomado de la tabla de niveles de iluminación en México publicado en el boletín; “Principios y niveles de iluminación” en México.

**No. 2** Se selecciona luminarias con dos lámparas tubulares tipo luz de día, por la altura del ambiente que se va a iluminar, con las especificaciones siguientes, tomadas de las tablas características del fabricante que en este caso es Sylvania:

- 40 W cada lámpara.
- 120 V.
- 1.22 m de longitud
- 2 600 lúmenes iniciales.
- 65 lum/m de eficiencia
- 0.83 de factor de depreciación

**No. 3** Características físicas y reflectancias del local:

**Figura 31.** Área de características físicas del salón 101

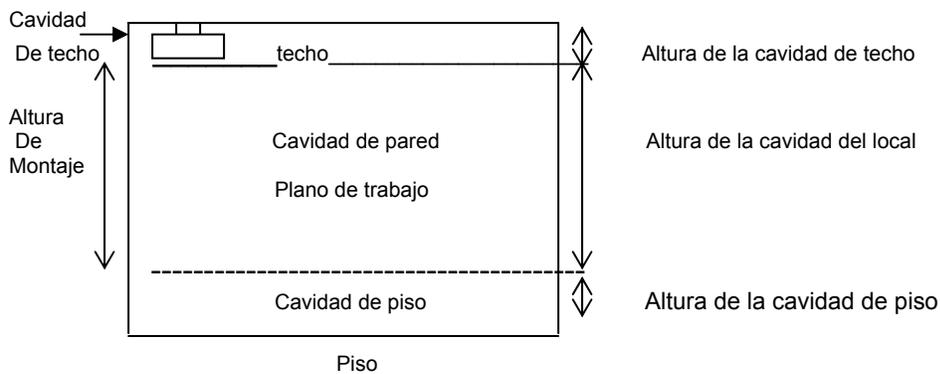


De la tabla de reflectancias del boletín de ingeniería comercial 2-80 de Siylvania se toman los siguientes datos:

Descripción:	% reflectancia
Techo	88
Pared	81
Piso	40

Relación de cavidades:

**Figura 32.** Área de características físicas



$$RCR_{(techo)} = \frac{5 * Altura * (largo + ancho)}{Largo * Ancho}$$

Donde:

$RCR_{(local)}$  = Relación de cavidad

Altura = Altura de cavidad de pared, piso o techo que se este trabajando.

Cálculo de relación de cavidad; de (3.1) tenemos:

$$\frac{\text{RCR}_{(\text{techo})}}{9.0 * 9.0} = 5 * 0.0 (9.0 + 9.0) = 0.0$$

$$\frac{\text{RCR}_{(\text{pared})}}{9.0 * 9.0} = 5 * 2.25 (9.0 + 9.0) = 3.0$$

$$\frac{\text{RCR}_{(\text{piso})}}{9.0 * 9.0} = 5 * 0.75 (9.0 + 9.0) = 0.8$$

Para el cálculo de reflectancias efectivas de techo, pared y piso; interpolamos y extrapolamos en las tablas No. 2 del boletín Sylvania (anexo C), de donde se encuentran las reflectancias efectivas:

**Tabla XXX.** Cuadro de resumen

	% individual	% reflectancia aproximado	RCR
Techo	88	90	0.0
Pared	81	80	3.0
Piso	40	40	0.8

Fuente: Propia

**Tabla XXXI.** Techo: (Extrapolando)

% individual techo	% individual pared	RCR techo	% reflectancia efectiva
90	80	0.0	Y = 90
90	80	0.2	88
90	80	0.4	87

Fuente: Propia

Para realizar la extrapolación se utilizara la forma siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{A} \text{ ----- } \text{D} \\ \text{B} \text{ ----- } \text{E} \\ \text{C} \text{ ----- } \text{F} \end{array} \quad \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{A} - \text{C}} = \frac{\text{D} - \text{E}}{\text{D} - \text{F}}$$

En este caso la incógnita será D despejando e introduciendo valores se tiene:

$$D = \frac{F(A - B) - E(A - C)}{(A - B) - (A - C)}$$

$$\begin{array}{l} \text{A} = 0.0 \text{ ----- } \text{D} \\ \text{B} = 0.2 \text{ ----- } \text{E} = 88 \\ \text{C} = 0.4 \text{ ----- } \text{F} = 87 \end{array} \quad D = \frac{87(0.0 - 0.2) - 88(0.0 - 0.4)}{(0.0 - 0.2) - (0.0 - 0.4)} = 90$$

Pared: (Sin interpolar)

% reflectancia efectiva = 65

Piso: (sin interpolar)

% reflectancia efectiva = 40

**No. 4** Cálculo de los factores de depreciación y de mantenimiento:

Según tabla del fabricante:

Factor de depreciación de la lámpara (LLD) = 0.83

Tomando una categoría de mantenimiento de luminaria No. III de la figura No. 2 y del grado de contaminación por suciedad y polvo en el local que es igual a "Medio", para un total de uso de 36 meses.

El % de grado de degradación por suciedad en la luminaria (LDD) según la grafica categoría No. III igual al 73%

Factor de mantenimiento (FM) = LDD \* LLD = 0.83 \* 0.73 = 0.61 %

**No. 5** Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.) de la luminaria:

Como se ha elegido un tipo de luminaria con reflector (No. 19) de la tabla No. 3 con un máximo de espaciamiento:

$$(S/MH) = 1.3$$

Donde:

**S/MH**: es la relación de espaciamiento máxima de la luminaria a la altura de montaje.

Extrapolando dos veces e interpolando entre ellas en la tabla No. 3 del Boletín de ingeniería comercial 2-80 Sylvania. Cálculos de proyectos de iluminación se tiene:

**Tabla XXXII.** Interpolaciones

1er. Extrapolación Interpolación				2da. Extrapolación			
% refl.ef. Techo	70	80	90	70	80	90	90
% refl.ef. Pared	30	30	30	50	50	50	65
RCR(local)	1	1	1	1	1	1	1
C.U.	0.82	0.85	Y = <b>0.91</b>	0.85	0.88	Y = <b>0.94</b>	Y = <b>0.992</b>

Fuente: Propia

Se obtiene: C.U. (20% piso) = **0.992**

Dado que la tabla No. 3 se calcula para un % de reflectancia efectiva de piso del 20% y el valor real de reflectancia efectiva de piso es de 40 % , hay que hacer una corrección, interpolando y extrapolando en la tabla No. 4 de Boletín de ingeniería comercial Sylvania. Cálculos de proyectos de iluminación.

Para el factor de corrección (F.C.): Interpolando y extrapolando se obtiene

**Tabla XXXIII.** Interpolaciones

1er. Interpolación				2da. Interpolación				Extrapolando		
% refl.ef. techo	70	70	70	80	80	80	90	90	90	
% refl.ef. pared	50	65	70	50	65	70	65	65	65	
RCR (local)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
F.C.	1.070	<b>1.075</b>	1.077	1.085	<b>1.089</b>	1.092	<b>1.117</b>	1	<b>1.351</b>	
% refl.ef. piso	30	30	30	30	30	30	30	20	40	

Fuente: Propia

$$C.U. (40\% \text{ piso}) = C.U. (20\% \text{ piso}) * F.C. = 0.992 * 1.351 = \mathbf{1.342}$$

Teniendo justificación el valor de la relación de espaciamiento máxima de la luminaria a la altura de montaje de 1.33 mediante la siguiente expresión:

$$CU_{CORREGIDO} = CU_{DISEÑO} * FC \quad (25)$$

Que para nuestro caso es:

$$(0.992) * (1.342) = 1.3$$

**No. 6** Cálculo de número de luminarias a instalar en el local:

N.I. = Nivel de iluminación

$$N.I. = \frac{\text{No. luminarias} * \text{lámparas por luminaria} * \text{lúmenes por lámpara} * C.U.*F.M.}{\text{Área}}$$

$$\text{No. luminaria} = \frac{N.I. * \text{Área}}{\text{Lámparas por luminaria} * \text{Lúmenes por lámpara} * C.U. * F.M.}$$

Datos:

$$N.I. = 500 \text{ lux}$$

$$\text{Lámparas por luminaria} = 2$$

$$\text{Lúmenes por luminaria} = 2 \text{ 600 Lum/m}$$

$$C.U. = 1.342$$

$$F.M. = 0.61$$

$$\text{Área} = 9.0 * 9.0 = 81 \text{ m}$$

$$\text{No. de luminaria} = \frac{500 * 81}{2 * 2600 * 1.342 * 0.61} = 9.51 = 10$$

$$\text{Máxima separación (M.S.)} = 1.3 * 2.25 = 2.925 \text{ m}$$

La distribución será de 3 \* 3, por lo que se tendrá a lo largo 3 luminarias y 3 a lo ancho. Para verificar que se tiene una buena distribución y tener una buena homogeneidad de iluminación se tienen

$$90 / 3 = 3.0$$

Que es mayor a 2.925 por lo que no cumple con la homogeneidad, pero es una diferencia de 0.075 que es mínima y por razones de economía se dejara con esa distribución.

Se deben instalar 9 luminarias de 2 \* 40 W fluorescentes con las especificaciones indicadas con la distribución mostrada en el plano.

Para el salón 102 en adelante dada la repetición de dimensiones y cantidad de iluminación actualmente conectada se realizó el mismo cálculo con los resultados siguientes:

**Tabla XXXIV.** Cálculos de reflectancia para pared y techo

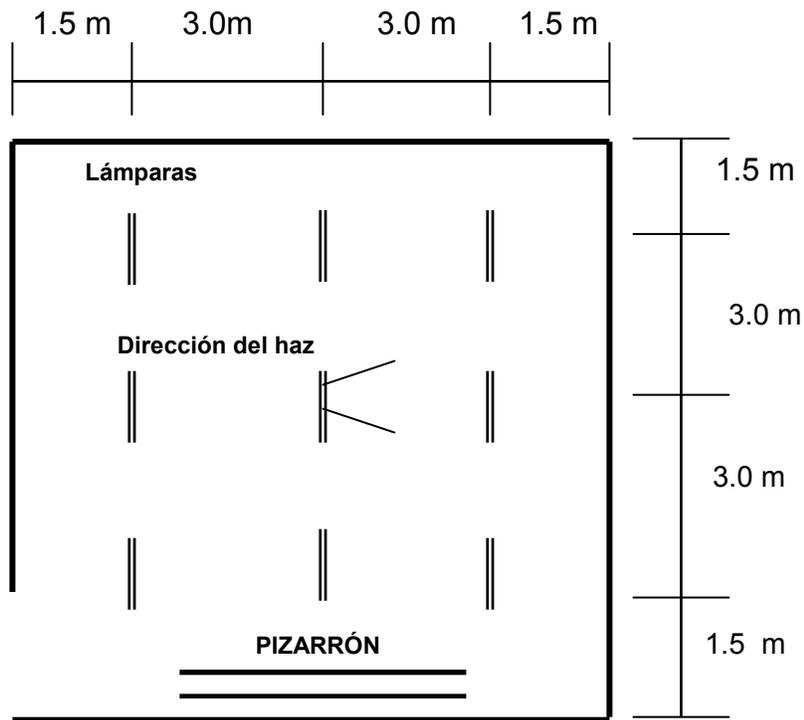
% individual techo	% individual pared	RCR techo	% reflectancia efectiva
90	80	0.0	Y = 90
90	80	0.2	88
90	80	0.4	87

Fuente: Propia

12 luminarias de 2\*40

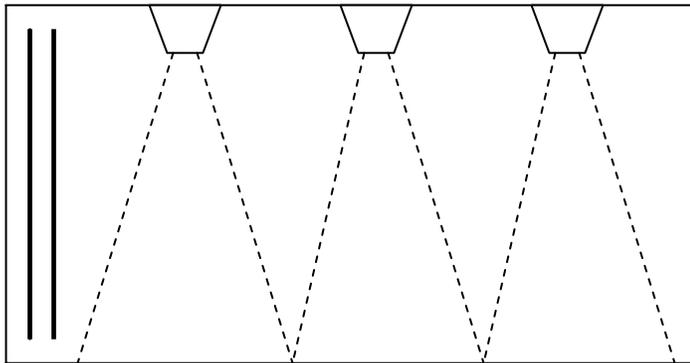
Y dado que la planta de cada nivel es de iguales dimensiones en cuanto a se refiere la iluminación es repetitiva para cada salón del segundo y tercer nivel, en el orden correlativo del primer nivel, es decir, el 101, 201 y 301 tendrán las mismas características y así sucesivamente.

**Figura 33.** Plano de distribución de luminarias del salón 101



Teniendo una vista en planta de la siguiente forma:

**Figura 34.** Vista en planta de la distribución de luminarias del salón 101



**PIZARRÓN**

Las lámparas necesarias son del tipo de gas neón del tipo de descarga por arco en el gas mencionado. Esta descarga incide sobre el material que recubre las paredes del tubo, excita sus electrones, que absorben la energía y la convierten en visible del color característico, según la composición del recubrimiento.

Existen varios métodos de operación de los tubos fluorescentes. De precalentamiento, de encendido instantáneo y de encendido rápido.

Las lámparas del tipo precalentamiento fueron las primeras que se desarrollaron y todavía se utilizan en lámparas de tipo económico y de escritorio. Estas se pueden arrancar manualmente (lámparas de escritorio) o por medio de un arrancador automático.

De todas maneras, la operación se inicia cerrando los contactos del arrancador, con lo que la corriente pasa a través de los filamentos, recalentándolos para facilitar la emisión de los electrones.

Enseguida se abren estos contactos, causando la inducción de un voltaje momentáneo alto en el balastro, que es suficiente para iniciar el arco de la descarga. Este mismo balastro sirve también para limitar la corriente normal que fluye a través del tubo.

Debido al balastro, las lámparas actuales como las recomendadas, tienen inherentemente un factor de potencia bajo (del orden 0.5), a menos que se utilicen condensadores para mejorarlo. Los balastros de alto factor de potencia, ya tienen incorporado este condensador por lo que se recomiendan para el mejoramiento de dicho factor.

El rendimiento lumínico de los tubos fluorescentes es comprendido entre el 40 y 80' lumen/Watt.

La vida útil de los tubos fluorescentes es del orden de 10000 horas, es decir 10 veces mayor que la de las bombillas incandescentes y no tienen un fin abrupto, sino que van disminuyendo su rendimiento lumínico en una forma exagerada, sin quemarse, aun mucho tiempo después de haber terminado su vida útil. Por esta razón es muy importante establecer programas de cambio de tubos en función de las horas de uso, sin esperar a que dejen de encender.

Los tubos fluorescentes se fabrican en gran variedad de colores, usándose principalmente: blanco frío Standard (el más eficiente), blanco frío de lujo, blanco caliente y luz de día.

### **3.2.2. Iluminación en exteriores**

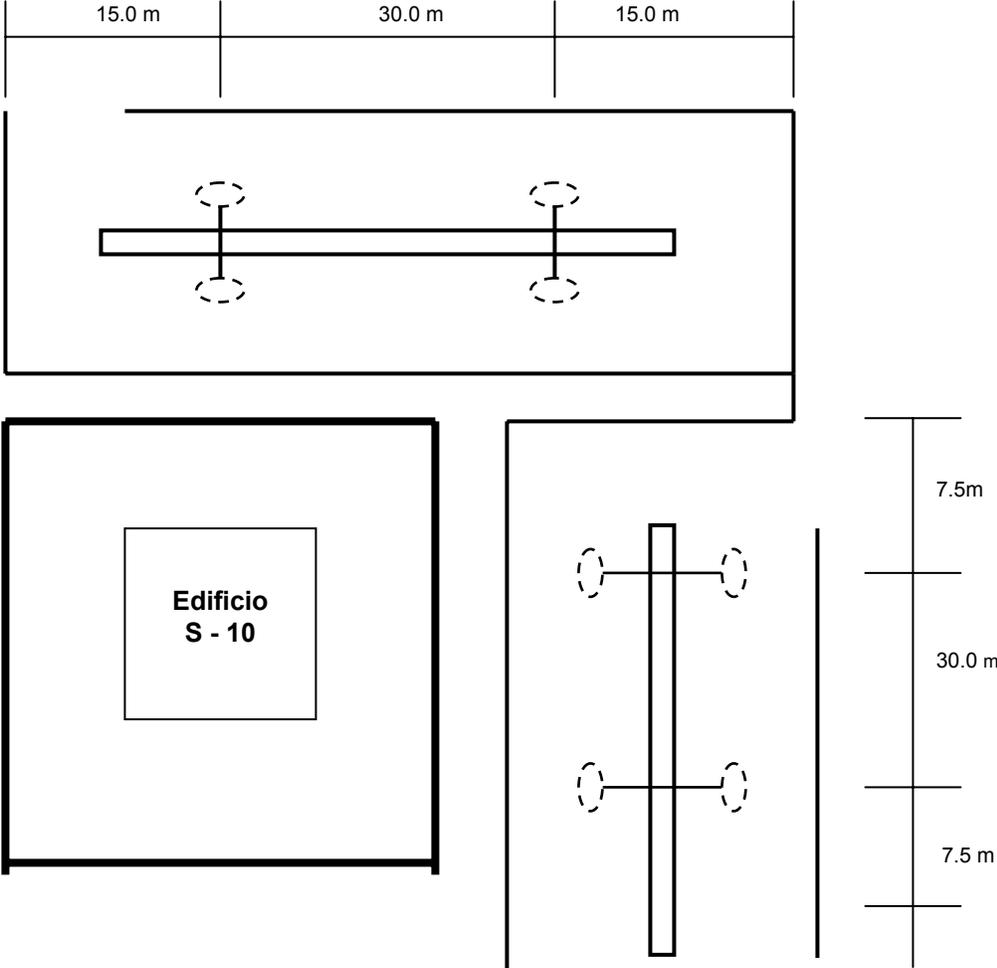
El cálculo de la iluminación media se puede realizar basándose en la selección de las luminarias, la altura de montaje y la separación de las lámparas, para iluminar una anchura determinada de área.

Para realizar el diseño de la iluminación de exteriores, o del parqueo, se utilizara la configuración típica de alumbrado para calles del manual del alumbrado de la empresa Westinghouse, el cual aparece resumido en la tabla: Iluminación de exteriores en el apéndice B.

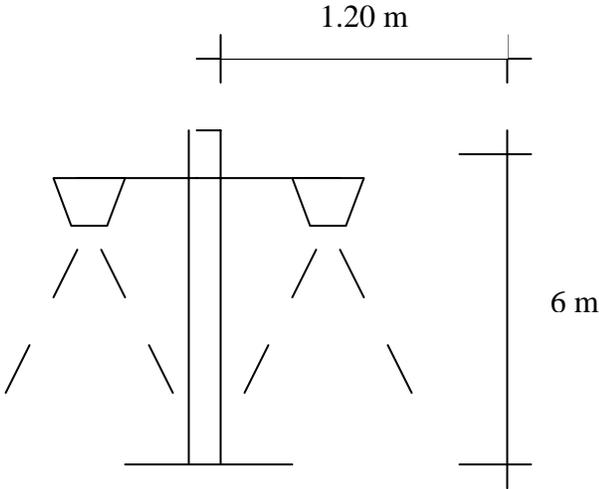
Para el parqueo del edificio S – 10 que tiene las dimensiones, 34.0 m de largo y 30.0 m de ancho, el cual se divide en dos filas dobles de estacionamientos a lo largo, por lo cual se escogerán:

Lámparas H33-1CD 400 W Clara, Separación de 30.0 m, e iluminación media de 22 lux, como se muestra en la grafica. Para así obtener una iluminación mínima de 20 lux en el parqueo, según las normas.

**Figura 35.** Plano de iluminación parqueo



**Figura 36.** Perfil de la iluminación



H = altura de montaje = 6 metros

D = distancia = 1.20 metros

### 3.3. Cálculo de pararrayos

Como mencionamos con anterioridad el edificio es carente de pararrayos por lo que el diseño se realizó mediante normas que se ajustan al edificio. El edificio S-10 posee las siguientes medidas

10 metros de altura  
45 metros de ancho  
con un área = 450 m

Se tiene según norma *NFPA 78-1,968*

- a) todas las barras puntiagudas deben estar conectadas, al menos, a dos conductores que vayan a tierra en direcciones opuestas, puede ser del lado este y sur, respectivamente, y con trayectorias lo más cortas posibles.
- b) las curvaturas de los conductores deben de ser lo más amplias posible y nunca formar ángulo menores a 90°. Deben estar colocados en el lado exterior de los muros y protegidos contra daños mecánicos en zonas de tránsito (pueden estar entubados).
- c) los cables conductores y de interconexión deben tener, por lo menos, 30 Kg. por cada 100 metros, esto equivale al calibre número 2 AWG.
- d) las varillas que sirven como terminal puntiaguda deben tener una altura mínima de 0.6 m y la misma sección neta especificada para los cables.

- e) como se posee azotea o terraza en forma plana, las terminales puntiagudas deben colocarse en todas las esquinas y sobre las orillas con una separación máxima de 7.5 a 8 metros. En el interior de la azotea la separación puede ser hasta de 15 m.
- f) todos los componentes del sistema del pararrayos deben estar colocados en forma segura y permanente. El material de las varillas y de todos los elementos del sistema debe estar protegido contra la oxidación y el envejecimiento. Las aristas metálicas de los techos deben conectarse al sistema del pararrayos.

### **3.4. Cálculo de la red de tierras**

Para el cálculo teórico se propuso una serie de fórmulas que, con el paso del tiempo, se ha ido manejando con buenos resultados, a pesar de ser meras aproximaciones pero que facilitan el trabajo para el diseño de la red de tierras, lo que se presentará en el apartado de cálculos teóricos.

Éstas, aparecen estandarizadas por el *IEEE 142-1982*, y están garantizadas para su uso frecuente.

Tenemos:

Para el cálculo de la varilla de longitud L

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (26)$$

Donde:

R = resistencia a tierra en ohms ( $\Omega$ )

$\rho$  = resistividad específica del suelo en ohms \* metros o centímetro  
( $\Omega * \text{cm}$ )

Para el alambre de radio "a" y longitud "2L" enterrado horizontalmente a s/2 de profundidad:

$$R = \frac{\rho}{4 * \pi * L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right) \quad (27)$$

De acuerdo al cálculo para el edificio es necesario colocar más de una varilla para lograr una conexión buena a tierra, separadas lo suficiente para que los flujos de corriente no utilicen las mismas trayectorias y disminuir así la capacidad de conducción del suelo; nuestros valores medidos están dentro de los valores permitidos, según la siguiente tabla:

**Tabla XXXV.** Valores medidos Vrs. Permitidos

Tipo de suelo	Resistividad			Resistencia de una varilla de 5/8 " (16 mm) * 10 pies (3m) ( $\Omega$ )		
	Prom.	Mín.	Máy.	Prom.	Mín.	Máy.
Relleno de: Ceniza, carbón, agua salada y Residuos de salmuera	2370	590	7000	8	2	23
Arcilla, pizarra, barro, tierra Negra mezclado con grava y Arena.	4060	340	16300	13	1.1	54
Grava, arena o piedras con	15800	1020	35000	52	4	447
Arcilla o tierra negra	94000	59000	458000	311	195	1516

### 3.5. Cálculo de tuberías y canaletas

Las tuberías o canaletas eléctricas tienen como función principal proporcionar protección mecánica a los conductores de cualquier instalación eléctrica. De acuerdo a la interacción de los circuitos eléctricos que contienen, se encuentran divididas en dos grupos, que son: tuberías magnéticas de construcción ferrosa y b) tuberías de construcción termoplástico. El tipo de canaleta utilizado en el edificio es el conduit de pared delgada.

Para el edificio se determino que en las canaleta principal se alojaban ocho conductores de calibre AWG # 12, es importante hacer énfasis que los conductores mencionados son conductores activos (conductores calientes), ello nos condujo a efectuar el siguiente cálculo para hallar el área de la canaleta adecuada.

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

$$F = a/A \quad (28)$$

Donde:

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 estos, para el conductor No. 12 se tiene un área de:

$$0.0311 \text{ pulg}^2$$

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

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 que actualmente se encuentra instalada que es de 15.5 pulg<sup>2</sup>, equivalente a una canaleta de 4 \* 4 pulgadas.

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

### 3.5. Cálculo del diámetro de la tubería

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

Seleccionamos 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 pulg<sup>2</sup> 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

$$d = \sqrt{\frac{Ax4}{\Pi}} \quad (29)$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior se tiene

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

$$D = 1/4 \text{ pulg}^2$$

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



## **4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO**

Parte importante del análisis es comparar el trabajo efectuado comparados con las normas mencionadas en cada capítulo, 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.

### **4.1. Tableros**

Anteriormente vimos la distribución de estos, los cuales están de forma ordenada técnicamente, sin embargo es importante la señalización correspondiente a cada elemento de protección y la colocación de interruptores para cada parte de iluminación, se requiere de una identificación por cada circuito para poder diferenciarse cada uno de ellos.

### **4.2. Interruptores**

El encendido y apagado de las lámparas es por medio de los flipones encargados para la protección, lo cual es necesario operarlo de forma directa desde el propio salón.

### **4.3. Protección**

Son las adecuadas sin que se de un incremento de carga por circuito, el edificio fue previsto para las funciones que actualmente se desarrollan.

Cualquier incremento desmedido de carga que sobrepase la protección actualmente instalada hará que se dispare las protecciones que están coordinadas de forma adecuada, lo cual se resume en el apéndice A.

### **4.4. Pararrayos y redes de tierra**

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 y lo presentando es lo correcto a realizar.

### **4.5. Conductores**

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.

En porcentaje el 62.8% de los conductores se encuentran bien dimensionados, sin embargo el restante posee problemas que se verán con un incremento de carga.

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 que es la docencia. Los resultados son:

**Tabla XXXVI.** Comparación de resultados

**1 Nivel**

CIRCUITO	CALIBRE
No.	AWG
1	14
2	14
3	12
4	12
5	10
6	12
7	14
8	12
9	14
10	14
11	14
12	14
13	14
14	12
15	14
16	14
17	14

**2 Nivel**

CIRCUITO	CALIBRE
No.	AWG
1	14
2	14
3	14
4	10
5	14
7	14
8	14
9	14
10	10
11	10
12	12
13	10
14	14
15	14
16	14
17	12
18	10

**3 Nivel**

CIRCUITO	CALIBRE
No.	AWG
1	14
2	14
3	14
4	10
5	14
6	14
7	8
8	10
9	14
10	10
11	14
12	12
13	10
14	14
15	14
16	14
17	14
18	14
19	12
20	14
21	14
22	12

Fuente: Propia

Y varían significativamente con los utilizados actualmente, los cuales fueron instalados por un cálculo técnico y no de ingeniería y que en su mayoría son calibre número 12.

Y los conductores principales tiene un valor de:

<b>L1</b>	<b>350 MCM</b>
<b>L2</b>	<b>350 MCM</b>
<b>L3</b>	<b>350 MCM</b>
<b>NEUTRO</b>	<b>350 MCM</b>

#### **4.6. Canaletas y tuberías**

En los cálculos realizados se encontró que únicamente el 4% del total del área esta siendo ocupada por las canaletas, teniendo la posibilidad de utilización sin preocuparse por la ventilación que se requiere.

Las tuberías son las adecuadas para el tipo de construcción y las cuales son de conduit de pared delgada.

Por lo tanto, las tuberías y canaletas se encuentran en estado óptimo de funcionamiento y con capacidad de crecimiento.

#### **4.7. Iluminación**

En la iluminación se encuentra problemas debido a la falta de luxes recomendados por ambiente.

La tabla siguiente presenta los niveles existentes y los recomendados y, dadas las funciones de docencia que cumple el edificio, son recordadas en las recomendaciones.

Por la redundancia de ambientes se presentan únicamente los 3 niveles que anteriormente definimos.

**Tabla XXXVII.** Niveles de iluminación

Ambiente	N.I. medido (luxes)	N.I. recomendado (luxes)
<b>Primer Nivel</b>		
Salón 101	250	500
Salón 102	200	400
Entrada oeste	85	100
Sanitarios	50	100
Entrada este	132	100
Pasillo interior de norte a sur	86	100
Pasillo interior de este a oeste	86	100
Pasillo exterior de norte a sur	33	100
Pasillo exterior de este a oeste	30	100
Gradas oeste a segundo nivel	32	150
Gradas este a segundo nivel	30	150
<b>Parqueo</b>		
Parqueo este	2	20
<b>Segundo Nivel</b>		
Salón 201	250	500
Salón 202	200	400
Pasillo de norte a sur	86	100
Pasillo de este a oeste	86	100
Sanitarios	50	100
Gradas oeste a tercer nivel	35	150
Gradas este a tercer nivel	33	150
<b>Tercer Nivel</b>		
Salón 301	250	500
Oficina 302	218	400
Sanitarios	50	100
Pasillo de norte a sur	86	100
Pasillo de este a oeste	86	100

Fuente: Propia



## **5. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-10 A LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

El edificio posee características de carga que en algún momento pueden ser una fuente de armónicos los cuales al ser mayores se inyectarán al sistema.

Existen normas que permiten estandarizar y penalizar las faltas en este aspecto, es decir, un consumidor puede ser creador de muchos armónicos que afecten la calidad de energía de los consumidores circundantes.

La necesidad de ello hizo que se hiciera el estudio para cualificar el impacto que el edificio tenía hacia la red de distribución, dicho sea de paso necesario para la totalidad de edificios que conforman el campus central.

Para ello se realizaron las mediciones y se calcularon las gráficas siguientes, las cuales demuestran las distorsiones de voltaje vistas desde ambos lados, es decir, desde el edificio y las de la red.

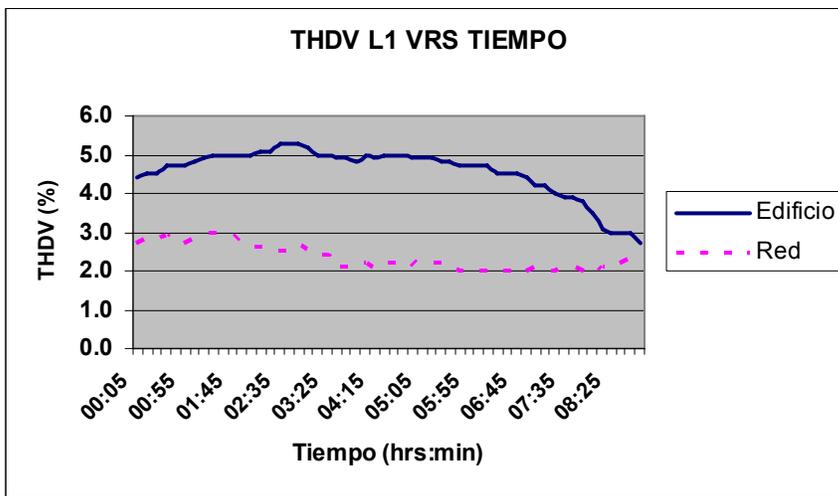
Estas gráficas han sido transpuestas para poder la cantidad de distorsión de la onda de tensión de ambos lados para posteriormente concluir si el edificio aporta, en algún momento, valores que distorsionen la onda de tensión.

Los datos que sirvieron para la realización de los gráficos y la transposición se presentan en el apéndice B. Éstos gráficos son de línea versus tiempo, los cuales fueron hechos para cada línea de alimentación del edificio.

## 5.1 Gráficos de THDV

Los gráficos siguientes demuestran la distorsión armónica da voltaje vista de ambos lados línea por línea, durante el intervalo de tiempo que fue efectuada la medición en el capítulo de calidad de energía.

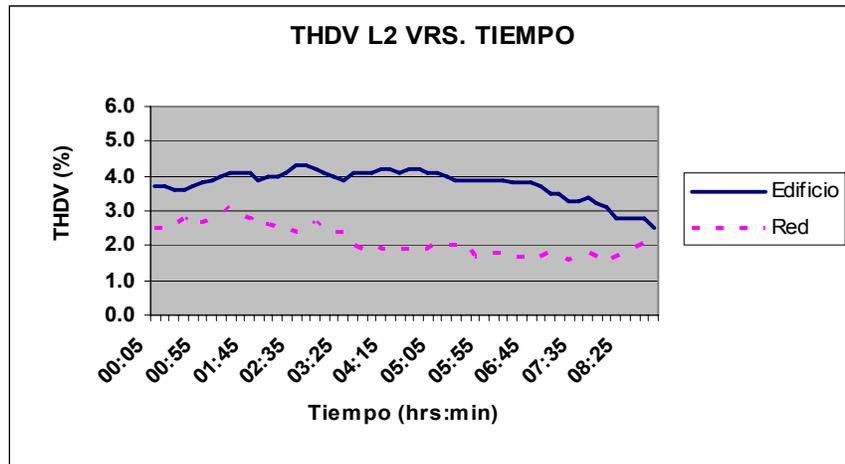
**Figura 37.** THDV línea 1



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

La línea 2 tiene un parecido comportamiento y se representa a continuación.

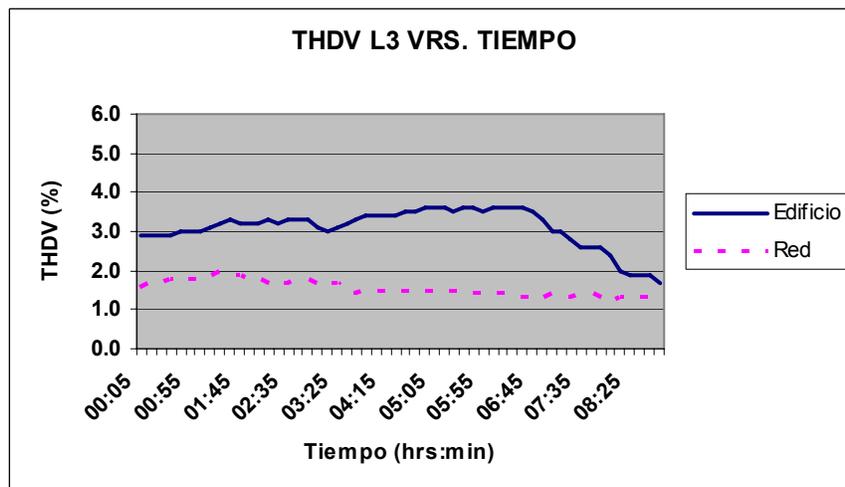
**Figura 38.** THDV línea 2



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

La gráfica 3 representa a la comparación de la línea tres versus el tiempo, la cual tuvo el siguiente comportamiento.

**Figura 39.** THDV línea 3



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Donde podemos observar que el edificio aporta significativamente distorsión de la onda de tensión a la red de distribución del campus central.

## **5.2. Desbalance de tensión en el tiempo**

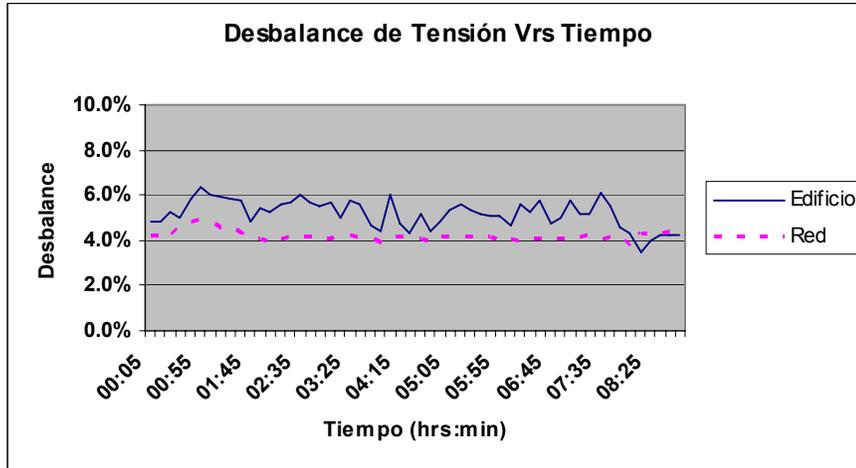
Lo anteriormente presentando muestra la distorsión de la onda de tensión en el tiempo, este problema tiene como consecuencia un desbalance, considerado igualmente en el tiempo, de la onda de tensión.

Esto se realiza mediante el seguimiento en una línea horaria dividida en intervalos de tiempo de 10 minutos partiendo de la hora 00:05 posteriormente 00:15 y sucesivamente, tomando varios puntos de red.

Este desbalance se grafica igualmente visto de ambos lados, es decir, el lado del edificio y de la red.

Esta última gráfica es mayormente delatante, demuestra con mayor definición el grado de desbalance que, aunque mínimo en algunos puntos de la línea horaria, ayudan al desbalance de la red general de distribución del campus central.

**Figura 40.** Desbalance de tensión en el tiempo



Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Existen, por lo tanto, algunos puntos del día donde el edificio aporta armónicos, los cuales son inyectados a la red.



## **6. EVALUACIÓN DE INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO AL MERCADO MAYORISTA**

En la actualidad el edificio se encuentra registrado como consumidor de la EEGSA, en el rango de consumo de menos de 100 kw, esto da como resultado la tarifa que tiene como consumidor y que mensualmente el distribuidor cobra según se muestra en la documentación respectiva (ver -anexo 1).

Además de la *EEGSA*, existen otros distribuidores que se encargan de la entrega de la energía, todos regidos por la ley general de energía eléctrica dada por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica *CNEE*.

Estos distribuidores tienen a su cargo sectores interiores al país, y sectores colindantes con la capital; esto con el fin de cumplir con el mandato constitucional contenido en el Artículo 130 de la Constitución Política de la República de Guatemala que dice: que es de carácter urgente descentralizar y desmonopolizar los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica para agilizar el crecimiento de la oferta y satisfacer las necesidades sociales y productivas de los habitantes de la República, buscando mejorar el nivel de vida de todos los guatemaltecos, especialmente de los pobladores más pobres de las regiones del interior del país que actualmente no gozan de este servicio.

El administrador del mercado mayorista es el ente que coordina generalmente las centrales generadoras, establece los precios y garantiza el funcionamiento y abastecimiento de la energía eléctrica, y al cual deberá emitirse la solicitud para la compra, despacho y suministro de energía eléctrica.

Para involucrar al edificio, en estudio, al mercado se requiere de un proceso en el cual se adquieren tanto derechos como obligaciones de usuario.

Primordialmente se requiere de un consumo mínimo de 100kw por parte del usuario que solicita la adherencia; mismos que por cuenta propia el edificio no alcanza a superar.

Posteriormente se requiere que la instalación este exenta de contrato con cualquier distribuidor.

Luego se requiere de varios aspectos jurídicos, que no vienen al caso, y que no aplican por la primera obstrucción en cuanto al consumo mínimo requerido, por lo que la incorporación al mercado no es posible.

## **7. ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Como todo proyecto de este tipo es necesario presentar las propuestas para las mejoras tanto para parámetros principales como los secundarios. Estos difieren de la importancia que tienen para el edificio.

Lo mencionado en el informe lleva un orden secuencial de importancia, tanto de la red del edificio como en lo necesario del mantenimiento correctivo.

Iniciamos con los tableros, los interruptores, las canaletas, conductores y posteriormente la iluminación. Las carencias de cada aspecto han sido mencionadas con anterioridad por que se hará referencia únicamente de los detalles económicos.

El cálculo para cada aspecto se realizó para la cantidad necesaria para corregir los problemas, en el caso de la falta de los interruptores de cada salón del edificio se menciona el cálculo en su totalidad. Esto dado la ausencia por completo de los dispositivos.

En el caso de la iluminación se presenta igualmente el cálculo para los tubos dañados y para el caso de la iluminación exterior o del parqueo se presenta el cálculo completo debido la ausencia total de los dispositivos.

Además del costo de los materiales se realizó un cálculo somero sobre la cantidad de mano de obra, esta lleva un margen de error dado la variabilidad de los precios de los instaladores de los dispositivos en el mercado y también de la fecha en que se realicen los cambios.

## **Tableros**

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

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

1. tablero industrial Tipo NCB, monofásico, 120/240, de 24 polos, con barras de 400 amperios, N/S, N/Am con terminales de alimentación: **Q. 8, 640.00**

Teniendo un costo total por el edificio de  $Q. 8,640 * 3 = \mathbf{Q. 25, 920.00}$ .

Esto incluye los interruptores ramales de  $2 * 40$  Amperios.

A esto se le agrega el costo por el montaje e instalación de Q. 400.00 por tablero que es igual a  $Q. 400.00 * 3 = \mathbf{Q. 1, 200.00}$

Teniendo un total de  $Q. 25, 920.00 + Q. 1, 200.00 = \mathbf{Q. 27, 120.00}$

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, que se carece por completo de ellos, se requiere de uno por salón que, en el caso del edificio S-10 son, son 9 por nivel, teniendo un total de 27 salones y la necesidad de 27 interruptores.

El precio promedio de los interruptores de 2 polos para 120/220 VDC es de  $Q. 15.00 * 27 = \mathbf{Q. 405.00}$

El costo de instalación por unidad sin cambiar el conductor es de Q. 30.00.

Teniendo un total de  $Q. 30.00 * 27 = \mathbf{Q. 810.00}$

Teniendo un total de  $Q. 405.00 + Q. 810.00 = \mathbf{Q. 1, 215.00}$

## **Canaletas**

Las canaletas se encuentran en buen estado y, como se mencionó anteriormente, con un factor 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 = **Q. 151.00**

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 diagnostico final para los forros o aislamientos de los conductores es bueno, por lo 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 -transmisión hasta el centro de carga de cada salón sea el caso de iluminación o fuerza.

Se presenta, entonces, únicamente el precio del conductor que en su mayoría es AWG 14, en metros lineales se calculo que eran: 2,550 metros.

El valor de metro en la actualidad es de Q. 8.00

Teniendo un total de  $2,550 * Q. 8.00 = Q. 20, 000.00$

Sumado esto la mano de obra que por ser el recambio a todo el edificio se estima en **Q. 12, 000.00**

Que en total suma: **Q. 32, 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 \*40watts.

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 Q. 215.00 cada una.

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

$$12 * 4 = 36 \text{ y } Q. 215.00 * 36 = \mathbf{Q. 7, 740.00}$$

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

$$15 * 5 = 75 \text{ y } Q. 215.00 * 75 = Q. 16, 125.00$$

$$\text{Teniendo un total de: } Q. 7, 740.00 + Q. 16, 125.00 = \mathbf{Q. 23, 185.00}$$

A esto se le suma el costo de instalación que es Q. 100.00 por unidad

$$111 * Q. 100.00 = \mathbf{Q. 11, 100.00}$$

$$\text{Que es un total de: } Q. 23, 185.00 + Q. 11, 100.00 = \mathbf{Q. 34, 285.00}$$

## **Iluminación Exterior**

Para el cálculo del costo de iluminación se requirió del diseño dado la ausencia de iluminación del parqueo.

En el capítulo correspondiente se calculó el tipo de lámparas a utilizar más la altura del poste y la distancia del brazo que une a la luminaria con el poste.

**Tabla XXXVIII.** Cálculo económico de materiales eléctricos y mano de obra

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO POR UNIDAD</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
9.5	ROLLOS DE ALAMBRE TW #14	124.00	1,178.00
16	ROLLOS DE ALAMBRE TW #12	184.00	2,944.00
3.5	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 0	291.00	1,018.50
3.5	ROLLOS DE CABLE TW # 8	521.60	1,825.60
2	ROLLOS DE CABLE TW # 6	749.00	1,498.00
556	METROS DE CABLE 350 MCM	98.29	54,649.24
117	CANAL ELÉCTRICA 4X4"	124.00	14,601.60
505	LÁMPARAS 2 X 40 RS LISTON	101.24	51,126.24
3	TABLEROS DE 30 POLOS TRIFASICO	815.06	2,445.18
3	TABLEROS 102 G.E.	53.54	160.62
3	TABLEROS 104 G.E.	150.00	150.00
1	TABLERO 101	25.00	125.00
3	FLIPPONES G.E. 1 X 40 A	21.04	63.12
1	FLIPPON G.E. 2 X 40 A	190.73	190.73
1	FLIPPON G.E. 3 X 30 A	265.73	265.73
6	FLIPPONES G.E. 1 X 15 A	21.04	126.24
140	TOMACORRIENTES POLARIZADO	11.70	1,638.00
70	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	8.60	602.00
20	SWITCH SIMPLES BTICINO	10.10	202.00
12	SWITCH 3 W BTCINO	11.91	142.92
26	PLACAS DE UN AGUJERO CADA UNO	8.60	223.36
500	CAJAS OCTOGONALES 1/2 & 3/4 T.M.	2.43	1,215.00
80	CAJAS RECTANGULARES 1/2 & 3/4 T.M.	2.10	168.00
276	TUBOS DUCTO DE 1/2 PULG.	11.60	3,052.56
150	COPLAS DUCTO DE 1/2 PULG.	1.06	159.00
17	CINTAS DE AISLAR	17.61	299.37
<b>TOTAL</b>			<b>140,070.01</b>

Fuente: Propia

**Tabla XXXIX.** Cálculo económico de materiales eléctricos y mano de obra

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIOS POR UNIDAD	SUBTOTAL
1	ROLLOS DE ALAMBRE TW #14	124	124
28	ROLLOS DE ALAMBRE TW #12	184.8	5,174.00
7	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 10	291.2	2,038.40
4	ROLLOS DE CABLE TW # 8	521.6	2,086.40
3	FLIPPONES G.E. 1 X 15 A	21.04	63.12
1	FLIPPON G.E. DE 1 X 30	21.04	336.64
117	CAJAS RECTANGULARES 1/2 & 3/4 T.M.	21.04	21.04
170	TOMACORRIENTES POLARIZADO	2.1	245.7
32	SWITCH SIMPLES BTICINO	11.7	1,989.00
32	PLACAS DE UN AGUJERO CADA UNO	10.1	323.2
85	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	8.6	275.2
2	LÁMPARAS DE EMERGENCIA LT	8.6	731.1
38	LÁMPARAS FLUORESCENTES 2 X 40 U	496	992
280	TUBOS DUCTO DE 1/2 PULG.	349.5	13,281.00
1500	CONECTORES DUCTO 1/2 PULG	11.06	3,096.80
200	COPLAS DUCTO DE 1/2 PULG.	1.05	1,575.00
		<b>SUB-TOTAL</b>	<b>32,352.60</b>

Fuente: Propia

**Tabla XXXX.** Cálculo económico de materiales eléctricos y mano de obra

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	SUB-TOTAL
1	ROLLOS DE ALAMBRE TW #14	124	124
26	ROLLOS DE ALAMBRE TW #12	184.8	4,804.00
6.5	ROLLOS DE ALAMBRE TW # 10	291.2	1,892.80
3	ROLLOS DE CABLE TW # 8	521.6	1,564.80
14	FLIPPONES G.E. 1 X 20 A	21.04	294.56
1	FLIPPON G.E. DE 1 X 40 A	21.04	21.04
4	FLIPPONES G.E. 1 X 30 A	21.04	84.16
5	FLIPPONES G.E. 1 X 15 A	2.1	105.5
117	CAJAS RECTANGULARES ½ & ¾ T.M.	11.7	245.7
170	TOMACORRIENTES POLARIZADO	10.1	1,989.00
32	SWITCH SIMPLES BTICINO	8.6	275.2
32	PLACAS DE UN AGUJERO CADA UNO	8.6	275.2
85	PLACAS DE DOS AGUJEROS C/U	8.6	731.1
280	TUBOS DUCTO DE 1/2 PULG.	11.06	3,096.80
280	COPLAS DUCTO DE 1/2 PULG.	1.06	3,096.80
			1,575.00
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>20,175.66</b>

Fuente: Propia



## CONCLUSIONES

1. El forro de los conductores permanece en un 70% en buen estado del total de los conductores, el tiempo de vida nos garantiza el funcionamiento del conductor, con un mantenimiento continuo, de por vida.
2. Las tuberías, dada la cantidad de conductores que maneja por circuito, están muy por debajo de la mitad de su ocupación, tienen una holgura suficiente para el crecimiento de la carga en un 40%.
3. Las protecciones por circuito, como el calibre de cada conductor, están dimensionadas correctamente de una manera técnica, es decir, luego de las pruebas y cálculos de ingeniería hechos para ambos, se concluye que se requiere de un calibre ligeramente mayor al instalado.
4. Existe mala calidad de energía aportada por el distribuidor al edificio, sin embargo, la tolerancia permitida en norma da por aceptada la entrega.
5. El voltaje, cuando esta conectada toda su iluminación y el 50% de la fuerza, que dependiendo de la carga, hace variar considerablemente la onda de tensión o ingreso de armónicos, por lo que su corriente, que es un valor dependiente del tipo de carga, se mantiene tolerablemente constante, con una exactitud de únicamente 14 mediciones fuera de norma, lo que se convierte en un aproximado del 13% del total de mediciones.

6. El factor de potencia, según las normas NTSD para usuarios superiores a los 11 Kw el factor de potencia no deberá ser menor a 0.90.
7. Los picos de decaimiento que se registra (gráfica No. 8, 9 y 10) son debido a las horas de desuso del edificio, esto implica que el equipo de medición no posee mayor sensibilidad para capturar el valor del factor de potencia sin plena carga, por lo que concluimos la aceptación del factor de potencia.
8. El desbalance existente es considerable dado el poco mantenimiento que ha recibido el edificio, teniendo incluso lámparas quebradas y toma corrientes cortocircuitados o en desuso, que hacen que entre líneas se forme un desbalance que se puede mejorar.
9. La red de tierras es indispensable para que todas las partes metálicas se hallen solidamente aterrizadas a un punto común. En este trabajo se planteo una red de tierras que satisface las condiciones del edificio.
10. Los índices de luminancia en salones son bajos, según la normativa comparada y que citamos en su oportunidad, además de la incorrecta posición de las luminarias las cuales están paralelas al pizarrón.

## RECOMENDACIONES

1. La inspección visual de las instalaciones puede mejorarse tomando en cuenta elemento por elemento, es decir, de las partes de fuerza e interruptores de iluminación inspeccionando parte por parte el buen funcionamiento de los mismos.
2. Para fácil manejo de los interruptores de cada nivel es necesario identificar de forma general el correspondiente a cada salón o carga que alimente.
3. Establecer un programa de mantenimiento adecuado a los tableros, según grados IP (grados de protección industrial) en su sección de gabinetes.
4. El circuito 5, del primer nivel, requiere de un calibre mayor, según la carga que sostiene y la distancia a la que se encuentra del tablero de distribución. Así mismo del segundo nivel, los circuitos número 4 y 10.
5. La red de tierras y el pararrayos propuestos pueden tener variantes al diseño, sin embargo, el grado de protección es el adecuado para las dimensiones del edificio, la sugerencia es seguir lo más cercano posible las dimensiones y propuestas dadas.
6. Darle el mantenimiento necesario juntamente con la división encargada de la administración universitaria en un intervalo no menor a dos años.

7. El mantenimiento es recomendable dada la supervisión hecha por el distribuidor, ésta la efectúa periódicamente según sus programas que pueden ser semanales, mensuales por un intervalo de quince minutos, midiéndose los factores anteriormente estudiados, es decir, regulación de tensión, desbalance y factor de potencia.
  
8. Para la sanción que puede recibirse por salirse de los rangos de tolerancia en cuanto a la regulación de tensión, se sugiere realizar el cálculo de la cantidad a indemnizar según las Normas técnicas de calidad del servicio de transporte y sanciones NTCSTS, dado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica

## BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, P.H.G. y Tustin, A. (1,972) **“The ageing process in electrical insulation: a total summary”**. IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-7, No. 3, septiembre.
2. Baasel, William D. (1,976). **Mark’s Standard Handbook for Mechanical Engineers**. Octava edición. McGraw Hill Book, New York.
3. Neagu Bratu Serbán, Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas; Conceptos Básicos y Diseño**. 2da. Edición. Editorial Alfa y omega.
4. Phelps dodge, Centro América. **Catálogo de conductores para mediana y baja tensión**.
5. 3M, **Catálogo de accesorios para baja tensión**. División de productos eléctricos 1,990

## APÉNDICE

Tabla A-1. Identificación por interruptor Nivel 1

Interruptor 1:	Iluminación de gradas lado norte.
Interruptor 2:	Iluminación de entrada lado norte.
Interruptor 3:	Iluminación de salón 103.
Interruptor 4:	Iluminación de salón 102.
Interruptor 5:	Iluminación de salón 101.
Interruptor 6:	Iluminación de parqueo, lado Sur.
Interruptor 7:	Fuerza de Salón 107.
Interruptor 8:	Iluminación de salón 107.
Interruptor 9:	Iluminación de salón 106.
Interruptor 10:	Iluminación de salón 105.
Interruptor 11:	Iluminación de salón 104.
Interruptor 12:	15 lámparas del corredor.
Interruptor 13:	15 lámparas del corredor.
Interruptor 14:	15 lámparas del corredor.
Interruptor 15:	15 lámparas del corredor y fuerza salón 101-103.
Interruptor 16:	Fuerza de salón 105-106-107.
Interruptor 17:	Fuerza de salón 102.

Tabla A-2. Identificación por interruptor. Nivel 2

Interruptor 1:	Iluminación salón 207.
Interruptor 2:	Fuerza salón 206.
Interruptor 3:	Iluminación salón 206.
Interruptor 4:	Iluminación salón 204-205, fuerza salón 207.
Interruptor 5:	Fuerza salón 203.
Interruptor 6:	
Interruptor 7:	Iluminación salón 202-203.
Interruptor 8:	Iluminación de salón 201.
Interruptor 9:	Fuerza salón 212.
Interruptor 10:	Iluminación de salón 212.
Interruptor 11:	Iluminación de salón 211.
Interruptor 12:	Iluminación de salón 209.
Interruptor 13:	Iluminación de salón 210.
Interruptor 14:	Iluminación de salón 208.
Interruptor 15:	Fuerza de salón 209.
Interruptor 16:	Fuerza de salón 211.
Interruptor 17:	30 lámparas de pasillo.
Interruptor 18:	30 lámparas de pasillo.
Interruptor 19:	Fuerza de salón 202-204-205.
Interruptor 20:	Fuerza de salón 201.
Interruptor 21:	Fuerza de salón 208-210.

Tabla A-3 Identificación por interruptor: Nivel 3

Interruptor 1:	Iluminación salón 307.
Interruptor 2:	Fuerza salón 306.
Interruptor 3:	Iluminación salón 306.
Interruptor 4:	Iluminación salón 304-305, fuerza salón 307.
Interruptor 5:	Fuerza salón 303.
Interruptor 6:	Iluminación gradas sur
Interruptor 7:	Iluminación salón 302-303.
Interruptor 8:	Iluminación de salón 301.
Interruptor 9:	Fuerza salón 312.
Interruptor 10:	Iluminación de salón 312.
Interruptor 11:	Iluminación de salón 311.
Interruptor 12:	Iluminación de salón 309.
Interruptor 13:	Iluminación de salón 310.
Interruptor 14:	Iluminación de salón 308.
Interruptor 15:	Fuerza de salón 309.
Interruptor 16:	Fuerza de salón 311.
Interruptor 17:	30 lámparas de pasillo.
Interruptor 18:	30 lámparas de pasillo.
Interruptor 19:	Fuerza de salón 302-304-305.
Interruptor 20:	Fuerza de salón 301.
Interruptor 21:	Fuerza de salón 308-310.

Tabla A-4 Información general, carga por circuito.

<b>No. Circuito</b>		<b>AWG</b>	<b>Protecc</b>	<b>Carga A</b>
Circuito 1	Iluminación de gradas lado norte.	AWG 12	20 A	<b>5.6</b>
Circuito 2	Iluminación de entrada lado norte.	AWG 12	20 A	<b>5.6</b>
Circuito 3	Iluminación de salón 103.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 4	Iluminación de salón 102.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 5	Iluminación de salón 101.	AWG 12	20 A	<b>10.5</b>
Circuito 6	Iluminación de entrada por el parqueo, lado Sur.	AWG 12	20 A	<b>5.6</b>
Circuito 7	Fuerza de Salón 107.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>
Circuito 8	Iluminación de salón 107.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 9	Iluminación de salón 106.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 10	Iluminación de salón 105.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 11	Iluminación de salón 104.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 12	15 lámparas del corredor.	AWG 12	20 A	<b>5.3</b>
Circuito 13	15 lámparas del corredor.	AWG 12	20 A	<b>5.3</b>
Circuito 14	15 lámparas del corredor.	AWG 12	20 A	<b>5.3</b>
Circuito 15	15 lámparas del corredor y fuerza salón 101-103.	AWG 12	20 A	<b>12.8</b>
Circuito 16	Fuerza de salón 105-106-107.	AWG 12	20 A	<b>11.3</b>
Circuito 17	Fuerza de salón 102.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>

<b>No. Circuito</b>		<b>Calibre</b>	<b>Protecc</b>	<b>Carga A</b>
Circuito 1	Iluminación salón 207.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 2	Fuerza salón 206.	AWG 12	20 A	<b>2.5</b>
Circuito 3	Iluminación salón 206.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 4	Iluminación salón 204-205, fuerza salón 207.	AWG 12	20 A	<b>24.3</b>
Circuito 5	Fuerza salón 203.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>
Circuito 6		AWG 12	20 A	
Circuito 7	Iluminación salón 202-203.	AWG 12	20 A	<b>16.8</b>
Circuito 8	Iluminación de salón 201.	AWG 12	20 A	<b>10.5</b>
Circuito 9	Fuerza salón 212.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>
Circuito 10	Iluminación de salón 212.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 11	Iluminación de salón 211.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 12	Iluminación de salón 209.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 13	Iluminación de salón 210.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 14	Iluminación de salón 208.	AWG 12	20 A	<b>8.4</b>
Circuito 15	Fuerza de salón 209.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>
Circuito 16	Fuerza de salón 211.	AWG 12	20A	<b>3.8</b>
Circuito 17	30 lámparas de pasillo.	AWG 12	20 A	<b>10.5</b>
Circuito 18	30 lámparas de pasillo.	AWG 12	20 A	<b>10.5</b>
Circuito 19	Fuerza de salón 202-204-205.	AWG 12	20 A	<b>11.3</b>
Circuito 20	Fuerza de salón 201.	AWG 12	20 A	<b>3.8</b>
Circuito 21	Fuerza de salón 208-210.	AWG 12	20 A	<b>7.5</b>

Tabla A-6. Información general, carga por circuito

<b>No. Circuito</b>		<b>Calibre</b>	<b>Protecc</b>	<b>Carga A</b>
Circuito 1	Iluminación salón 307	AWG 12	20 A	11.2
Circuito 2	Fuerza salón 306	AWG 12	20 A	3.8
Circuito 3	Iluminación salón 306	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 4	Iluminación 304-305, fuerza salón 307	AWG 12	20 A	24.3
Circuito 5	Fuerza salón 303	AWG 12	20 A	3.8
Circuito 6	Iluminación gradas sur	AWG 12	20 A	5.6
Circuito 7	Iluminación salón 302-303	AWG 12	20 A	16.8
Circuito 8	Iluminación 301	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 9	Fuerza Salón 312	AWG 12	20 A	3.8
Circuito 10	Iluminación 312	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 11	Iluminación 311	AWG 12	20 A	11.2
Circuito 12	Iluminación 309	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 13	Iluminación 310	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 14	Iluminación 308	AWG 12	20 A	8.4
Circuito 15	Fuerza salón 309	AWG 12	20 A	3.8
Circuito 16	Fuerza Salón 311	AWG 12	20A	3.8
Circuito 17	30 lámparas de pasillo	AWG 12	20 A	10.5
Circuito 18	30 lámparas de pasillo	AWG 12	20 A	10.5
Circuito 19	Fuerza salón 302-304-305	AWG 12	20 A	11.3
Circuito 20	Fuerza salón 301	AWG 12	20 A	3.8
Circuito 21	Fuerza salón 308-310	AWG 12	20 A	7.5
Circuito 22	Iluminación gradas Norte	AWG 12	20 A	5.6

Tabla B-1 Datos de corriente

<b>Hora de la Medición</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>A Neutral</b>	<b>Hora de la Medición</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>A Neutral</b>
01:25:00 p.m.	26.6	17.3	14	18.3	08:55:00 p.m.	9.1	0	10.9	14.5
01:35:00 p.m.	19.5	5.7	3.7	18.1	09:05:00 p.m.	9.1	0	10.9	14.5
01:45:00 p.m.	14.7	1.2	0	16.7	09:15:00 p.m.	4.9	2.7	2.3	3.7
01:55:00 p.m.	14.7	1.3	0	16.7	09:25:00 p.m.	0	0	0	0
02:05:00 p.m.	14.7	1.3	0	16.7	09:35:00 p.m.	0	0	0	0
02:15:00 p.m.	13.6	0	0	16.8	09:45:00 p.m.	0	0	0	0
02:25:00 p.m.	14.7	1.3	0	16.8	09:55:00 p.m.	0	0	0	0
02:35:00 p.m.	14.8	1.3	0	16.8	10:05:00 p.m.	0	0	0	0
02:45:00 p.m.	13.9	0.4	0	16.8	10:15:00 p.m.	0	0	0	0
02:55:00 p.m.	14.4	0.9	0	16.8	10:25:00 p.m.	0	0	0	0
03:05:00 p.m.	14.7	1.3	0	16.8	10:35:00 p.m.	1	1	0	0.6
03:15:00 p.m.	14.8	1.3	0	16.9	10:45:00 p.m.	0	0	0	0
03:25:00 p.m.	14.6	1.3	0	16.8	10:55:00 p.m.	0	0	0	0
03:35:00 p.m.	13.7	0	0	16.8	11:05:00 p.m.	0	0	0	0
03:45:00 p.m.	13.6	0	0	16.8	11:15:00 p.m.	0	0	0	0
03:55:00 p.m.	4	0	0	4.9	11:25:00 p.m.	0	0	0	0
04:05:00 p.m.	1.1	1	0	0.6	11:35:00 p.m.	0	0	0	0
04:15:00 p.m.	0.3	0.3	0.2	0.2	11:45:00 p.m.	0	0	0	0
04:25:00 p.m.	106.7	109.1	84.6	44.2	11:55:00 p.m.	0	0	0	0
04:35:00 p.m.	149.6	141.1	122.6	49.7	12:05:00 a.m.	1	1	0	0.6
04:45:00 p.m.	150.6	141.8	122.3	49.4	12:15:00 a.m.	0	0	0	0
04:55:00 p.m.	148.1	140	122.2	49	12:25:00 a.m.	0	0	0	0
05:05:00 p.m.	150.2	141.4	122.3	48.6	12:35:00 a.m.	0	0	0	0
05:15:00 p.m.	152	142.3	121.8	48.3	12:45:00 a.m.	0	0	0	0
05:25:00 p.m.	151.8	142	121.6	48.4	12:55:00 a.m.	0	0	0	0
05:35:00 p.m.	151.2	141.5	121.2	48	01:05:00 a.m.	0	0	0	0
05:45:00 p.m.	150.5	140.9	120.4	47.2	01:15:00 a.m.	0	0	0	0
05:55:00 p.m.	148.2	139.2	120.2	47	01:25:00 a.m.	0	0	0	0
06:05:00 p.m.	149.8	140.3	120.3	47	01:35:00 a.m.	1	1	0	0.6
06:15:00 p.m.	148.1	139.2	120.1	46.9	01:45:00 a.m.	0	0	0	0
06:25:00 p.m.	148.5	139.5	120.1	46.9	01:55:00 a.m.	0	0	0	0
06:35:00 p.m.	149.5	140	120.7	47.1	02:05:00 a.m.	0	0	0	0
06:45:00 p.m.	152.3	141.8	120.9	47.1	02:15:00 a.m.	0	0	0	0
06:55:00 p.m.	156.9	144.9	121.3	47.3	02:25:00 a.m.	0	0	0	0
07:05:00 p.m.	152.6	142.1	121.3	47.4	02:35:00 a.m.	0	0	0	0
07:15:00 p.m.	147.5	138.9	121.4	47.4	02:45:00 a.m.	0	0	0	0
07:25:00 p.m.	148.2	139.4	121.9	47.4	02:55:00 a.m.	0	0	0	0
07:35:00 p.m.	150.6	140.9	121.7	47.5	03:05:00 a.m.	1	1	0	0.6
07:45:00 p.m.	149.5	140	121.8	47.7	03:15:00 a.m.	0	0	0	0
07:55:00 p.m.	151.5	141	122.2	47.7	03:25:00 a.m.	0	0	0	0
08:05:00 p.m.	153.7	140.8	118	50.7	03:35:00 a.m.	0	0	0	0
08:15:00 p.m.	133	107.1	94.6	56.5	03:45:00 a.m.	0	0	0	0

Tabla B-1 Datos de corriente

<b>Hora de la Medición</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>A Neutral</b>	<b>Hora de la Medición</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>A Neutral</b>
04:25:00 a.m.	0	0	0	0	08:55:00 a.m.	87.8	81.6	39.5	50
04:35:00 a.m.	1	1	0	0.6	09:05:00 a.m.	88.9	81.8	39.5	50.4
04:45:00 a.m.	0	0	0	0	09:15:00 a.m.	88.3	81.5	39.3	50.5
04:55:00 a.m.	0	0	0	0	09:25:00 a.m.	87.2	81.3	39.2	50.7
05:05:00 a.m.	0	0	0	0	09:35:00 a.m.	86.1	80.6	39.2	50.5
05:15:00 a.m.	0	0	0	0	09:45:00 a.m.	88.1	81.1	39.2	50.3
05:25:00 a.m.	0	0	0	0	09:55:00 a.m.	88.4	81.2	39.1	50.2
05:35:00 a.m.	0	0	0	0	10:05:00 a.m.	87.2	80.6	39.7	49.6
05:45:00 a.m.	4.4	2.6	2.8	2.5	10:15:00 a.m.	87.1	80.9	40.7	49
05:55:00 a.m.	87.1	80.9	40.3	51.7	10:25:00 a.m.	89.2	82.3	40.7	49.2
06:05:00 a.m.	88.1	81.7	39.9	51.2	10:35:00 a.m.	109	94.8	51.9	54.1
06:15:00 a.m.	86.7	80.7	39.7	50.9	10:45:00 a.m.	119.3	102.4	59.4	55.6
06:25:00 a.m.	87.9	86	39.7	52.6	10:55:00 a.m.	116	100.6	59.3	55.3
06:35:00 a.m.	86.5	81.2	39.7	50.9	11:05:00 a.m.	113.8	99.5	59.2	55.3
06:45:00 a.m.	89.7	82.9	39.7	50.8	11:15:00 a.m.	112.6	98.9	59.2	55.4
06:55:00 a.m.	86.2	82.8	39.6	51.4	11:25:00 a.m.	113.7	99.5	59.2	55.4
07:05:00 a.m.	87.2	85.1	39.6	52.2	11:35:00 a.m.	114.7	99.9	59.2	55.4
07:15:00 a.m.	87.1	84	39.6	51.7	11:45:00 a.m.	115	100	59.2	55.4
07:25:00 a.m.	87	81.7	39.6	50.8	11:55:00 a.m.	112.5	98.8	59.2	55.2
07:35:00 a.m.	85.8	80.6	39.5	50.4	12:05:00 p.m.	113.4	99.8	59.1	55.4
07:45:00 a.m.	86.8	81.2	39.5	50.4	12:15:00 p.m.	113.7	100.4	59.1	55.6
07:55:00 a.m.	87.8	81.6	39.5	50.3	12:25:00 p.m.	115.1	101.8	58.9	57
08:05:00 a.m.	85.6	80.5	39.5	50.1	12:35:00 p.m.	119.3	102.7	58.9	59.5
08:15:00 a.m.	85.6	80.4	39.4	50	12:45:00 p.m.	113.4	100.9	58.8	55.9
08:25:00 a.m.	88	81.7	39.5	50.1	12:55:00 p.m.	112.9	101	58.8	55.6
08:35:00 a.m.	88.4	81.9	39.5	50.2	01:05:00 p.m.	113	99.1	58.8	55
08:45:00 a.m.	88.9	82.2	39.5	50	01:15:00 p.m.	111.8	98.1	58.7	54.6

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-2 Datos de voltaje

Hora de la Medición	Índices de regulación de tensión																		Desb Volt (%)	Tol Desb
	U1	U2	U3	V1	V2	V3	U1	U2	U3	V1	V2	V3	U1	U2	U3	V1	V2	V3		
01:25:00 p.m.	217.2	218.3	219.6	125.5	125.9	127	4.42%	4.95%	5.58%	4.58%	4.92%	5.83%	0	0	0	0	0	0	1.19%	0
01:35:00 p.m.	217.1	218.3	219.8	125.5	125.9	127	4.38%	4.95%	5.67%	4.58%	4.92%	5.83%	0	0	0	0	0	0	1.19%	0
01:45:00 p.m.	217.1	217.9	219.6	125.5	125.7	126.8	4.38%	4.76%	5.58%	4.58%	4.75%	5.67%	0	0	0	0	0	0	1.03%	0
01:55:00 p.m.	217	217.7	219.6	125.5	125.6	126.9	4.33%	4.66%	5.58%	4.58%	4.67%	5.75%	0	0	0	0	0	0	1.11%	0
02:05:00 p.m.	216.5	217.1	219	125.3	125.2	126.5	4.09%	4.38%	5.29%	4.42%	4.33%	5.42%	0	0	0	0	0	0	1.03%	0
02:15:00 p.m.	215.7	216.4	218.2	124.8	124.8	126	3.70%	4.04%	4.90%	4.00%	4.00%	5.00%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
02:25:00 p.m.	215.4	216.2	218	124.8	124.6	125.8	3.56%	3.94%	4.81%	4.00%	3.83%	4.83%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
02:35:00 p.m.	215.7	216.5	218.2	124.9	124.8	125.9	3.70%	4.09%	4.90%	4.08%	4.00%	4.92%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
02:45:00 p.m.	215.8	216.5	218.3	124.9	124.8	126	3.75%	4.09%	4.95%	4.08%	4.00%	5.00%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
02:55:00 p.m.	215.7	216.5	218.2	124.9	124.8	125.9	3.70%	4.09%	4.90%	4.08%	4.00%	4.92%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
03:05:00 p.m.	215.9	216.6	218.3	125	124.9	126	3.80%	4.13%	4.95%	4.17%	4.08%	5.00%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
03:15:00 p.m.	215.9	216.7	218.4	125	124.9	126.1	3.80%	4.18%	5.00%	4.17%	4.08%	5.08%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
03:25:00 p.m.	216.1	216.7	218.5	125	125	126.2	3.89%	4.18%	5.05%	4.17%	4.17%	5.17%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
03:35:00 p.m.	216.5	217.2	218.8	125.3	125.2	126.4	4.09%	4.42%	5.19%	4.42%	4.33%	5.33%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
03:45:00 p.m.	217.4	218.1	219.9	125.8	125.7	127	4.52%	4.86%	5.72%	4.83%	4.75%	5.83%	0	0	0	0	0	0	1.03%	0
03:55:00 p.m.	218.2	218.8	220.6	126.4	126.2	127.3	4.90%	5.19%	6.06%	5.33%	5.17%	6.08%	0	0	0	0	0	0	0.87%	0
04:05:00 p.m.	218.7	219.4	221.1	126.7	126.4	127.5	5.14%	5.48%	6.30%	5.58%	5.33%	6.25%	0	0	0	0	0	0	0.87%	0
04:15:00 p.m.	219.1	219.6	221.3	126.9	126.6	127.7	5.34%	5.58%	6.39%	5.75%	5.50%	6.42%	0	0	0	0	0	0	0.87%	0
04:25:00 p.m.	215.3	215.9	218.1	124.4	124.6	126.2	3.51%	3.80%	4.86%	3.67%	3.83%	5.17%	0	0	0	0	0	0	1.44%	0
04:35:00 p.m.	213.8	214.5	216.5	123.5	123.9	125.2	2.79%	3.13%	4.09%	2.92%	3.25%	4.33%	0	0	0	0	0	0	1.37%	0
04:45:00 p.m.	214.1	214.9	216.7	123.6	124.1	125.4	2.93%	3.32%	4.18%	3.00%	3.42%	4.50%	0	0	0	0	0	0	1.45%	0
04:55:00 p.m.	214.2	215	216.7	123.7	124.2	125.3	2.98%	3.37%	4.18%	3.08%	3.50%	4.42%	0	0	0	0	0	0	1.29%	0
05:05:00 p.m.	214.5	215.4	217.1	123.9	124.4	125.6	3.13%	3.56%	4.38%	3.25%	3.67%	4.67%	0	0	0	0	0	0	1.36%	0
05:15:00 p.m.	213.1	214.1	215.7	123.2	123.6	124.8	2.45%	2.93%	3.70%	2.67%	3.00%	4.00%	0	0	0	0	0	0	1.29%	0
05:25:00 p.m.	213.1	214	215.4	123.2	123.5	124.5	2.45%	2.88%	3.56%	2.67%	2.92%	3.75%	0	0	0	0	0	0	1.05%	0
05:35:00 p.m.	212.4	213.5	214.8	122.8	123.1	124.3	2.12%	2.64%	3.27%	2.33%	2.58%	3.58%	0	0	0	0	0	0	1.22%	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-2 Datos de voltaje

05:45:00 p.m.	210.5	211.5	213.1	121.8	121.9	123.3	1.20%	1.68%	2.45%	1.50%	1.58%	2.75%	0	0	0	0	0	0	1.23%	0
05:55:00 p.m.	209.6	210.4	212.3	121.3	121.3	122.8	0.77%	1.15%	2.07%	1.08%	1.08%	2.33%	0	0	0	0	0	0	1.23%	0
06:05:00 p.m.	210.3	211.3	213	121.7	121.7	123.3	1.11%	1.59%	2.40%	1.42%	1.42%	2.75%	0	0	0	0	0	0	1.31%	0
06:15:00 p.m.	210	211.2	212.8	121.5	121.7	123.1	0.96%	1.54%	2.31%	1.25%	1.42%	2.58%	0	0	0	0	0	0	1.31%	0
06:25:00 p.m.	210.1	211.3	213	121.6	121.7	123.3	1.01%	1.59%	2.40%	1.33%	1.42%	2.75%	0	0	0	0	0	0	1.39%	0
06:35:00 p.m.	212.1	213.2	214.9	122.7	122.7	124.5	1.97%	2.50%	3.32%	2.25%	2.25%	3.75%	0	0	0	0	0	0	1.46%	0
06:45:00 p.m.	212.6	213.8	215.5	122.9	123.1	124.8	2.21%	2.79%	3.61%	2.42%	2.58%	4.00%	0	0	0	0	0	0	1.54%	0
06:55:00 p.m.	212.8	214.2	216	123.2	123.2	125.2	2.31%	2.98%	3.85%	2.67%	2.67%	4.33%	0	0	0	0	0	0	1.61%	0
07:05:00 p.m.	213.2	214.5	216.1	123.3	123.5	125.2	2.50%	3.13%	3.89%	2.75%	2.92%	4.33%	0	0	0	0	0	0	1.53%	0
07:15:00 p.m.	214	215.1	216.7	123.7	123.8	125.6	2.88%	3.41%	4.18%	3.08%	3.17%	4.67%	0	0	0	0	0	0	1.53%	0
07:25:00 p.m.	215.7	216.9	218.4	124.7	125	126.4	3.70%	4.28%	5.00%	3.92%	4.17%	5.33%	0	0	0	0	0	0	1.36%	0
07:35:00 p.m.	216	216.9	218.4	124.8	125.2	126.3	3.85%	4.28%	5.00%	4.00%	4.33%	5.25%	0	0	0	0	0	0	1.20%	0
07:45:00 p.m.	216.1	217.1	218.5	124.9	125.3	126.3	3.89%	4.38%	5.05%	4.08%	4.42%	5.25%	0	0	0	0	0	0	1.12%	0
07:55:00 p.m.	217	218	219.3	125.4	125.9	126.8	4.33%	4.81%	5.43%	4.50%	4.92%	5.67%	0	0	0	0	0	0	1.11%	0
08:05:00 p.m.	216.8	218.1	219.3	125.2	125.9	126.8	4.23%	4.86%	5.43%	4.33%	4.92%	5.67%	0	0	0	0	0	0	1.27%	0
08:15:00 p.m.	218	219.3	220.3	125.7	127.1	127.2	4.81%	5.43%	5.91%	4.75%	5.92%	6.00%	0	0	0	0	0	0	1.18%	0
08:25:00 p.m.	217.9	218.9	219.6	125.7	127.1	126.4	4.76%	5.24%	5.58%	4.75%	5.92%	5.33%	0	0	0	0	0	0	1.11%	0
08:35:00 p.m.	219.1	219.9	220.5	126.7	127.2	127.1	5.34%	5.72%	6.01%	5.58%	6.00%	5.92%	0	0	0	0	0	0	0.39%	0
08:45:00 p.m.	221	221.8	222.4	127.9	128.1	128.2	6.25%	6.63%	6.92%	6.58%	6.75%	6.83%	0	0	0	0	0	0	0.23%	0
08:55:00 p.m.	222	222.9	223.7	128.4	128.7	129	6.73%	7.16%	7.55%	7.00%	7.25%	7.50%	0	0	0	0	0	0	0.47%	0
09:05:00 p.m.	220.2	221.1	221.8	127.4	127.7	127.9	5.87%	6.30%	6.63%	6.17%	6.42%	6.58%	0	0	0	0	0	0	0.39%	0
09:15:00 p.m.	220.2	221.1	221.9	127.4	127.5	128.1	5.87%	6.30%	6.68%	6.17%	6.25%	6.75%	0	0	0	0	0	0	0.55%	0
09:25:00 p.m.	221	221.6	222.4	127.8	127.7	128.5	6.25%	6.54%	6.92%	6.50%	6.42%	7.08%	0	0	0	0	0	0	0.62%	0
09:35:00 p.m.	220.5	221.3	222	127.6	127.5	128.2	6.01%	6.39%	6.73%	6.33%	6.25%	6.83%	0	0	0	0	0	0	0.55%	0
09:45:00 p.m.	220.4	221.2	221.9	127.5	127.5	128.1	5.96%	6.35%	6.68%	6.25%	6.25%	6.75%	0	0	0	0	0	0	0.47%	0
09:55:00 p.m.	221.1	221.8	222.6	127.9	127.9	128.5	6.30%	6.63%	7.02%	6.58%	6.58%	7.08%	0	0	0	0	0	0	0.47%	0
10:05:00 p.m.	222.4	223.1	223.9	128.6	128.6	129.3	6.92%	7.26%	7.64%	7.17%	7.17%	7.75%	0	0	0	0	0	0	0.54%	0
10:15:00 p.m.	223.3	224	224.9	129.2	129.1	129.9	7.36%	7.69%	8.13%	7.67%	7.58%	8.25%	0	0	1	0	0	1	0.62%	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-2 Datos de voltaje

10:25:00 p.m.	222.9	223.5	224.4	128.9	128.8	129.6	7.16%	7.45%	7.88%	7.42%	7.33%	8.00%	0	0	0	0	0	0	0.62%	0
10:35:00 p.m.	223	223.7	224.4	128.9	128.9	129.6	7.21%	7.55%	7.88%	7.42%	7.42%	8.00%	0	0	0	0	0	0	0.54%	0
10:45:00 p.m.	223.6	224.3	224.9	129.2	129.3	129.9	7.50%	7.84%	8.13%	7.67%	7.75%	8.25%	0	0	1	0	0	1	0.54%	0
10:55:00 p.m.	223.8	224.5	225.1	129.3	129.5	130	7.60%	7.93%	8.22%	7.75%	7.92%	8.33%	0	0	1	0	0	1	0.54%	0
11:05:00 p.m.	223.2	224	224.6	129	129.2	129.6	7.31%	7.69%	7.98%	7.50%	7.67%	8.00%	0	0	0	0	0	0	0.46%	0
11:15:00 p.m.	223.8	224.5	225.3	129.4	129.4	130	7.60%	7.93%	8.32%	7.83%	7.83%	8.33%	0	0	1	0	0	1	0.46%	0
11:25:00 p.m.	224.7	225.6	226.3	130	129.9	130.8	8.03%	8.46%	8.80%	8.33%	8.25%	9.00%	1	1	1	1	1	1	0.69%	0
11:35:00 p.m.	225.1	225.9	226.6	130.1	130.2	130.9	8.22%	8.61%	8.94%	8.42%	8.50%	9.08%	1	1	1	1	1	1	0.61%	0
11:45:00 p.m.	225.6	225.4	225.8	130.3	130.7	129.8	8.46%	8.37%	8.56%	8.58%	8.92%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.69%	0
11:55:00 p.m.	225.8	225.6	225.9	130.4	130.8	129.9	8.56%	8.46%	8.61%	8.67%	9.00%	8.25%	1	1	1	1	1	1	0.69%	0
12:05:00 a.m.	226.2	226	226.4	130.6	131	130.2	8.75%	8.65%	8.85%	8.83%	9.17%	8.50%	1	1	1	1	1	1	0.61%	0
12:15:00 a.m.	225.7	225.5	225.9	130.3	130.7	129.9	8.51%	8.41%	8.61%	8.58%	8.92%	8.25%	1	1	1	1	1	1	0.61%	0
12:25:00 a.m.	226	225.7	226.1	130.4	130.9	130.1	8.65%	8.51%	8.70%	8.67%	9.08%	8.42%	1	1	1	1	1	1	0.61%	0
12:35:00 a.m.	224.8	224.6	225	129.8	130.2	129.4	8.08%	7.98%	8.17%	8.17%	8.50%	7.83%	1	0	1	1	1	0	0.62%	0
12:45:00 a.m.	225.1	225	225.3	130	130.5	129.6	8.22%	8.17%	8.32%	8.33%	8.75%	8.00%	1	1	1	1	1	0	0.69%	0
12:55:00 a.m.	224.8	224.6	225	129.7	130.2	129.4	8.08%	7.98%	8.17%	8.08%	8.50%	7.83%	1	0	1	1	1	0	0.62%	0
01:05:00 a.m.	224.8	224.7	225	129.8	130.2	129.4	8.08%	8.03%	8.17%	8.17%	8.50%	7.83%	1	1	1	1	1	0	0.62%	0
01:15:00 a.m.	224.6	224.5	224.9	129.7	130.2	129.3	7.98%	7.93%	8.13%	8.08%	8.50%	7.75%	0	0	1	1	1	0	0.69%	0
01:25:00 a.m.	224.6	224.5	224.9	129.7	130.2	129.3	7.98%	7.93%	8.13%	8.08%	8.50%	7.75%	0	0	1	1	1	0	0.69%	0
01:35:00 a.m.	224.6	224.5	224.9	129.7	130.2	129.2	7.98%	7.93%	8.13%	8.08%	8.50%	7.67%	0	0	1	1	1	0	0.77%	0
01:45:00 a.m.	225	224.9	225.3	129.9	130.4	129.5	8.17%	8.13%	8.32%	8.25%	8.67%	7.92%	1	1	1	1	1	0	0.69%	0
01:55:00 a.m.	224.8	224.7	225.1	129.8	130.3	129.4	8.08%	8.03%	8.22%	8.17%	8.58%	7.83%	1	1	1	1	1	0	0.69%	0
02:05:00 a.m.	224.8	224.6	225	129.8	130.3	129.3	8.08%	7.98%	8.17%	8.17%	8.58%	7.75%	1	0	1	1	1	0	0.77%	0
02:15:00 a.m.	224.7	224.6	225	129.7	130.3	129.3	8.03%	7.98%	8.17%	8.08%	8.58%	7.75%	1	0	1	1	1	0	0.77%	0
02:25:00 a.m.	225.1	225	225.3	129.9	130.6	129.5	8.22%	8.17%	8.32%	8.25%	8.83%	7.92%	1	1	1	1	1	0	0.85%	0
02:35:00 a.m.	225.5	225.5	225.8	130.2	130.8	129.8	8.41%	8.41%	8.56%	8.50%	9.00%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.77%	0
02:45:00 a.m.	225.7	225.6	226	130.3	130.9	129.8	8.51%	8.46%	8.65%	8.58%	9.08%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
02:55:00 a.m.	225.5	225.5	225.8	130.2	130.8	129.7	8.41%	8.41%	8.56%	8.50%	9.00%	8.08%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-2 Datos de voltaje

03:05:00 a.m.	225.7	225.7	225.9	130.3	130.9	129.8	8.51%	8.51%	8.61%	8.58%	9.08%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
03:15:00 a.m.	225.7	225.7	225.9	130.3	130.9	129.8	8.51%	8.51%	8.61%	8.58%	9.08%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
03:25:00 a.m.	225.8	225.8	226.1	130.4	131	129.9	8.56%	8.56%	8.70%	8.67%	9.17%	8.25%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
03:35:00 a.m.	225.5	225.5	225.8	130.2	130.8	129.8	8.41%	8.41%	8.56%	8.50%	9.00%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.77%	0
03:45:00 a.m.	225.5	225.5	225.7	130.2	130.8	129.7	8.41%	8.41%	8.51%	8.50%	9.00%	8.08%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
03:55:00 a.m.	225.3	225.2	225.5	130	130.6	129.6	8.32%	8.27%	8.41%	8.33%	8.83%	8.00%	1	1	1	1	1	0	0.77%	0
04:05:00 a.m.	225.2	225.2	225.5	130	130.6	129.6	8.27%	8.27%	8.41%	8.33%	8.83%	8.00%	1	1	1	1	1	0	0.77%	0
04:15:00 a.m.	225.7	225.7	226	130.3	130.9	129.8	8.51%	8.51%	8.65%	8.58%	9.08%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.84%	0
04:25:00 a.m.	225.8	226	226.2	130.4	131	130	8.56%	8.65%	8.75%	8.67%	9.17%	8.33%	1	1	1	1	1	1	0.77%	0
04:35:00 a.m.	225.7	226	226.1	130.3	131	130	8.51%	8.65%	8.70%	8.58%	9.17%	8.33%	1	1	1	1	1	1	0.77%	0
04:45:00 a.m.	225.5	225.6	225.8	130.2	130.8	129.8	8.41%	8.46%	8.56%	8.50%	9.00%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.77%	0
04:55:00 a.m.	225.2	225.3	225.6	130	130.5	129.8	8.27%	8.32%	8.46%	8.33%	8.75%	8.17%	1	1	1	1	1	1	0.54%	0
05:05:00 a.m.	223.6	223.6	223.9	129.1	129.6	128.8	7.50%	7.50%	7.64%	7.58%	8.00%	7.33%	0	0	0	0	0	0	0.62%	0
05:15:00 a.m.	222.6	222.8	223	128.6	129	128.3	7.02%	7.12%	7.21%	7.17%	7.50%	6.92%	0	0	0	0	0	0	0.54%	0
05:25:00 a.m.	222.8	222.9	223.1	128.6	129.1	128.4	7.12%	7.16%	7.26%	7.17%	7.58%	7.00%	0	0	0	0	0	0	0.54%	0
05:35:00 a.m.	222.8	222.6	222.9	128.6	129	128.3	7.12%	7.02%	7.16%	7.17%	7.50%	6.92%	0	0	0	0	0	0	0.54%	0
05:45:00 a.m.	224.3	224.1	224.5	129.5	129.8	129.2	7.84%	7.74%	7.93%	7.92%	8.17%	7.67%	0	0	0	0	1	0	0.46%	0
05:55:00 a.m.	222.5	222.9	223.7	127.8	128.9	129.6	6.97%	7.16%	7.55%	6.50%	7.42%	8.00%	0	0	0	0	0	0	1.40%	0
06:05:00 a.m.	221.9	222.1	223.1	127.4	128.6	129.2	6.68%	6.78%	7.26%	6.17%	7.17%	7.67%	0	0	0	0	0	0	1.40%	0
06:15:00 a.m.	221.1	221.1	222.2	126.9	128.1	128.8	6.30%	6.30%	6.83%	5.75%	6.75%	7.33%	0	0	0	0	0	0	1.49%	0
06:25:00 a.m.	221	220.8	222.1	126.9	127.7	128.8	6.25%	6.15%	6.78%	5.75%	6.42%	7.33%	0	0	0	0	0	0	1.49%	0
06:35:00 a.m.	220.8	220.6	221.7	126.8	127.7	128.4	6.15%	6.06%	6.59%	5.67%	6.42%	7.00%	0	0	0	0	0	0	1.25%	0
06:45:00 a.m.	220.4	220.2	221.5	126.6	127.4	128.3	5.96%	5.87%	6.49%	5.50%	6.17%	6.92%	0	0	0	0	0	0	1.33%	0
06:55:00 a.m.	219	218.6	219.9	125.9	126.5	127.4	5.29%	5.10%	5.72%	4.92%	5.42%	6.17%	0	0	0	0	0	0	1.18%	0
07:05:00 a.m.	218	217.5	219.1	125.5	125.8	126.8	4.81%	4.57%	5.34%	4.58%	4.83%	5.67%	0	0	0	0	0	0	1.03%	0
07:15:00 a.m.	218.4	217.7	219.6	125.7	126.1	126.9	5.00%	4.66%	5.58%	4.75%	5.08%	5.75%	0	0	0	0	0	0	0.95%	0
07:25:00 a.m.	217.7	217.1	218.9	125.3	125.7	126.5	4.66%	4.38%	5.24%	4.42%	4.75%	5.42%	0	0	0	0	0	0	0.95%	0
07:35:00 a.m.	216.5	216	217.7	124.6	125.2	125.7	4.09%	3.85%	4.66%	3.83%	4.33%	4.75%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-2 Datos de voltaje

07:45:00 a.m.	216.7	216.3	217.8	124.7	125.4	125.7	4.18%	3.99%	4.71%	3.92%	4.50%	4.75%	0	0	0	0	0	0	0.80%	0
07:55:00 a.m.	216.8	216.3	218.1	124.8	125.4	125.9	4.23%	3.99%	4.86%	4.00%	4.50%	4.92%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
08:05:00 a.m.	216.6	215.9	217.7	124.7	125.3	125.6	4.13%	3.80%	4.66%	3.92%	4.42%	4.67%	0	0	0	0	0	0	0.72%	0
08:15:00 a.m.	217.1	216.4	218.4	125	125.6	126	4.38%	4.04%	5.00%	4.17%	4.67%	5.00%	0	0	0	0	0	0	0.80%	0
08:25:00 a.m.	216	215.5	217.6	124.3	125.2	125.5	3.85%	3.61%	4.62%	3.58%	4.33%	4.58%	0	0	0	0	0	0	0.96%	0
08:35:00 a.m.	216.2	215.7	217.6	124.4	125.2	125.5	3.94%	3.70%	4.62%	3.67%	4.33%	4.58%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
08:45:00 a.m.	216	215.3	217.4	124.3	125	125.4	3.85%	3.51%	4.52%	3.58%	4.17%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0.88%	0
08:55:00 a.m.	216	215.3	217.4	124.4	124.9	125.4	3.85%	3.51%	4.52%	3.67%	4.08%	4.50%	0	0	0	0	0	0	0.80%	0
09:05:00 a.m.	215.5	214.9	216.9	124.2	124.7	125.1	3.61%	3.32%	4.28%	3.50%	3.92%	4.25%	0	0	0	0	0	0	0.72%	0
09:15:00 a.m.	214.6	214.3	216.4	123.6	124.2	124.9	3.17%	3.03%	4.04%	3.00%	3.50%	4.08%	0	0	0	0	0	0	1.05%	0
09:25:00 a.m.	215.3	215.9	218	124	124.7	126.3	3.51%	3.80%	4.81%	3.33%	3.92%	5.25%	0	0	0	0	0	0	1.84%	0
09:35:00 a.m.	214.9	215.3	217.4	123.7	124.4	125.9	3.32%	3.51%	4.52%	3.08%	3.67%	4.92%	0	0	0	0	0	0	1.76%	0
09:45:00 a.m.	214.3	214.8	216.9	123.4	124.1	125.7	3.03%	3.27%	4.28%	2.83%	3.42%	4.75%	0	0	0	0	0	0	1.85%	0
09:55:00 a.m.	214.1	214.6	216.7	123.3	124	125.5	2.93%	3.17%	4.18%	2.75%	3.33%	4.58%	0	0	0	0	0	0	1.77%	0
10:05:00 a.m.	214.7	215.2	217.3	123.7	124.2	126	3.22%	3.46%	4.47%	3.08%	3.50%	5.00%	0	0	0	0	0	0	1.85%	0
10:15:00 a.m.	213.9	214.5	216.5	123.2	123.9	125.3	2.84%	3.13%	4.09%	2.67%	3.25%	4.42%	0	0	0	0	0	0	1.69%	0
10:25:00 a.m.	213.4	213.9	216	123	123.6	125.1	2.60%	2.84%	3.85%	2.50%	3.00%	4.25%	0	0	0	0	0	0	1.69%	0
10:35:00 a.m.	213.3	214	216.1	122.9	123.6	125.2	2.55%	2.88%	3.89%	2.42%	3.00%	4.33%	0	0	0	0	0	0	1.86%	0
10:45:00 a.m.	213	213.8	215.8	122.7	123.5	125.1	2.40%	2.79%	3.75%	2.25%	2.92%	4.25%	0	0	0	0	0	0	1.94%	0
10:55:00 a.m.	213.2	213.9	215.9	122.7	123.7	125	2.50%	2.84%	3.80%	2.25%	3.08%	4.17%	0	0	0	0	0	0	1.86%	0
11:05:00 a.m.	213.4	214.1	216	122.8	123.9	125	2.60%	2.93%	3.85%	2.33%	3.25%	4.17%	0	0	0	0	0	0	1.78%	0
11:15:00 a.m.	213.4	214.3	216	122.9	124	125	2.60%	3.03%	3.85%	2.42%	3.33%	4.17%	0	0	0	0	0	0	1.69%	0
11:25:00 a.m.	212.9	213.8	215.7	122.7	123.7	124.9	2.36%	2.79%	3.70%	2.25%	3.08%	4.08%	0	0	0	0	0	0	1.78%	0
11:35:00 a.m.	212.7	213.6	215.4	122.5	123.5	124.7	2.26%	2.69%	3.56%	2.08%	2.92%	3.92%	0	0	0	0	0	0	1.78%	0
11:45:00 a.m.	212.6	213.4	215.4	122.5	123.4	124.7	2.21%	2.60%	3.56%	2.08%	2.83%	3.92%	0	0	0	0	0	0	1.78%	0
11:55:00 a.m.	214.3	215.1	217	123.4	124.5	125.6	3.03%	3.41%	4.33%	2.83%	3.75%	4.67%	0	0	0	0	0	0	1.77%	0
12:05:00 p.m.	214.5	215.4	217.2	123.5	124.7	125.7	3.13%	3.56%	4.42%	2.92%	3.92%	4.75%	0	0	0	0	0	0	1.77%	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-3. Datos de factor de potencia

Hora de la Medida	Fp1	Fp2	Fp3	Hora de la Medida	Fp1	Fp2	Fp3
01:25:00 p.m.	0.983	0.963	0.793	08:45:00 p.m.	0.96	0	0.639
01:35:00 p.m.	0.981	0.289	0.209	08:55:00 p.m.	0.958	0	0.638
01:45:00 p.m.	0.977	0.035	0	09:05:00 p.m.	0.96	0	0.637
01:55:00 p.m.	0.977	0.035	0	09:15:00 p.m.	0.177	0.128	0.102
02:05:00 p.m.	0.977	0.036	0	09:25:00 p.m.	0	0	0
02:15:00 p.m.	0.977	0	0	09:35:00 p.m.	0	0	0
02:25:00 p.m.	0.978	0.036	0	09:45:00 p.m.	0	0	0
02:35:00 p.m.	0.977	0.037	0	09:55:00 p.m.	0	0	0
02:45:00 p.m.	0.977	0.005	0	10:05:00 p.m.	0	0	0
02:55:00 p.m.	0.978	0.032	0	10:15:00 p.m.	0	0	0
03:05:00 p.m.	0.978	0.037	0	10:25:00 p.m.	0	0	0
03:15:00 p.m.	0.977	0.038	0	10:35:00 p.m.	0.049	0.021	0
03:25:00 p.m.	0.978	0.036	0	10:45:00 p.m.	0	0	0
03:35:00 p.m.	0.977	0	0	10:55:00 p.m.	0	0	0
03:45:00 p.m.	0.977	0	0	11:05:00 p.m.	0	0	0
03:55:00 p.m.	0.289	0	0	11:15:00 p.m.	0	0	0
04:05:00 p.m.	0.051	0.023	0	11:25:00 p.m.	0	0	0
04:15:00 p.m.	0.008	0.007	0.006	11:35:00 p.m.	0	0	0
04:25:00 p.m.	0.966	0.971	0.897	11:45:00 p.m.	0	0	0
04:35:00 p.m.	0.967	0.974	0.939	11:55:00 p.m.	0	0	0
04:45:00 p.m.	0.968	0.972	0.939	12:05:00 a.m.	0.051	0.021	0
04:55:00 p.m.	0.967	0.975	0.94	12:15:00 a.m.	0	0	0
05:05:00 p.m.	0.968	0.972	0.939	12:25:00 a.m.	0	0	0
05:15:00 p.m.	0.969	0.97	0.941	12:35:00 a.m.	0	0	0
05:25:00 p.m.	0.969	0.971	0.942	12:45:00 a.m.	0	0	0
05:35:00 p.m.	0.969	0.971	0.942	12:55:00 a.m.	0	0	0
05:45:00 p.m.	0.97	0.972	0.943	01:05:00 a.m.	0	0	0
05:55:00 p.m.	0.97	0.975	0.943	01:15:00 a.m.	0	0	0
06:05:00 p.m.	0.97	0.974	0.943	01:25:00 a.m.	0	0	0
06:15:00 p.m.	0.971	0.975	0.944	01:35:00 a.m.	0.049	0.021	0
06:25:00 p.m.	0.97	0.975	0.943	01:45:00 a.m.	0	0	0
06:35:00 p.m.	0.969	0.973	0.94	01:55:00 a.m.	0	0	0
06:45:00 p.m.	0.969	0.969	0.939	02:05:00 a.m.	0	0	0
06:55:00 p.m.	0.97	0.965	0.937	02:15:00 a.m.	0	0	0
07:05:00 p.m.	0.968	0.968	0.936	02:25:00 a.m.	0	0	0
07:15:00 p.m.	0.966	0.974	0.936	02:35:00 a.m.	0	0	0
07:25:00 p.m.	0.965	0.973	0.935	02:45:00 a.m.	0	0	0
07:35:00 p.m.	0.966	0.969	0.935	02:55:00 a.m.	0	0	0
07:45:00 p.m.	0.965	0.971	0.936	03:05:00 a.m.	0.051	0.021	0
07:55:00 p.m.	0.965	0.968	0.935	03:15:00 a.m.	0	0	0
08:05:00 p.m.	0.967	0.965	0.93	03:25:00 a.m.	0	0	0
08:15:00 p.m.	0.966	0.961	0.906	03:35:00 a.m.	0	0	0
08:25:00 p.m.	0.966	0.961	0.906	03:45:00 a.m.	0	0	0
08:35:00 p.m.	0.959	0.422	0.75	03:55:00 a.m.	0	0	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-3. Datos de factor de potencia

04:05:00 a.m.	0	0	0	08:45:00 a.m.	0.986	0.978	0.962
04:15:00 a.m.	0	0	0	08:55:00 a.m.	0.987	0.98	0.962
04:25:00 a.m.	0	0	0	09:05:00 a.m.	0.987	0.98	0.962
04:35:00 a.m.	0.049	0.021	0	09:15:00 a.m.	0.986	0.98	0.961
04:45:00 a.m.	0	0	0	09:25:00 a.m.	0.987	0.981	0.961
04:55:00 a.m.	0	0	0	09:35:00 a.m.	0.987	0.983	0.961
05:05:00 a.m.	0	0	0	09:45:00 a.m.	0.986	0.98	0.961
05:15:00 a.m.	0	0	0	09:55:00 a.m.	0.987	0.98	0.961
05:25:00 a.m.	0	0	0	10:05:00 a.m.	0.987	0.982	0.962
05:35:00 a.m.	0	0	0	10:15:00 a.m.	0.987	0.982	0.963
05:45:00 a.m.	0.095	0.097	0.085	10:25:00 a.m.	0.986	0.979	0.963
05:55:00 a.m.	0.985	0.981	0.962	10:35:00 a.m.	0.986	0.978	0.97
06:05:00 a.m.	0.986	0.981	0.962	10:45:00 a.m.	0.987	0.98	0.975
06:15:00 a.m.	0.987	0.983	0.962	10:55:00 a.m.	0.987	0.982	0.975
06:25:00 a.m.	0.986	0.983	0.962	11:05:00 a.m.	0.987	0.984	0.975
06:35:00 a.m.	0.987	0.983	0.962	11:15:00 a.m.	0.987	0.985	0.975
06:45:00 a.m.	0.986	0.978	0.962	11:25:00 a.m.	0.987	0.984	0.975
06:55:00 a.m.	0.986	0.984	0.962	11:35:00 a.m.	0.987	0.983	0.975
07:05:00 a.m.	0.986	0.983	0.962	11:45:00 a.m.	0.987	0.982	0.975
07:15:00 a.m.	0.986	0.982	0.962	11:55:00 a.m.	0.987	0.985	0.975
07:25:00 a.m.	0.986	0.981	0.962	12:05:00 p.m.	0.987	0.984	0.975
07:35:00 a.m.	0.986	0.983	0.962	12:15:00 p.m.	0.987	0.983	0.975
07:45:00 a.m.	0.986	0.981	0.962	12:25:00 p.m.	0.987	0.984	0.974
07:55:00 a.m.	0.986	0.98	0.962	12:35:00 p.m.	0.988	0.984	0.974
08:05:00 a.m.	0.986	0.982	0.962	12:45:00 p.m.	0.987	0.984	0.974
08:15:00 a.m.	0.986	0.982	0.962	12:55:00 p.m.	0.987	0.984	0.974
08:25:00 a.m.	0.987	0.979	0.962	01:05:00 p.m.	0.987	0.983	0.974
08:35:00 a.m.	0.986	0.979	0.962	01:15:00 p.m.	0.987	0.984	0.974

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-4 Datos de potencia activa

Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W	Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W
01:25:00 p.m.	3288	2093	1412	6794	08:35:00 p.m.	5515	3188	3774	12478
01:35:00 p.m.	2412	636	376	3423	08:45:00 p.m.	1130	0	895	2025
01:45:00 p.m.	1809	96	0	1905	08:55:00 p.m.	1133	0	900	2033
01:55:00 p.m.	1807	95	0	1902	09:05:00 p.m.	1123	0	889	2013
02:05:00 p.m.	1804	97	0	1900	09:15:00 p.m.	537	227	205	969
02:15:00 p.m.	1671	0	0	1672	09:25:00 p.m.	0	0	0	0
02:25:00 p.m.	1798	98	0	1895	09:35:00 p.m.	0	0	0	0
02:35:00 p.m.	1805	100	0	1905	09:45:00 p.m.	0	0	0	0
02:45:00 p.m.	1705	18	0	1724	09:55:00 p.m.	0	0	0	0
02:55:00 p.m.	1763	83	0	1846	10:05:00 p.m.	0	0	0	0
03:05:00 p.m.	1797	101	0	1898	10:15:00 p.m.	0	0	0	0
03:15:00 p.m.	1809	103	0	1912	10:25:00 p.m.	0	0	0	0
03:25:00 p.m.	1795	97	0	1892	10:35:00 p.m.	128	47	0	174
03:35:00 p.m.	1679	0	0	1679	10:45:00 p.m.	0	0	0	0
03:45:00 p.m.	1680	0	0	1681	10:55:00 p.m.	0	0	0	0
03:55:00 p.m.	500	0	0	500	11:05:00 p.m.	0	0	0	0
04:05:00 p.m.	135	52	0	187	11:15:00 p.m.	0	0	0	0
04:15:00 p.m.	40	45	26	110	11:25:00 p.m.	0	0	0	0
04:25:00 p.m.	12807	13208	9741	35757	11:35:00 p.m.	0	0	0	0
04:35:00 p.m.	17891	17046	14433	49370	11:45:00 p.m.	0	0	0	0
04:45:00 p.m.	18033	17120	14418	49571	11:55:00 p.m.	0	0	0	0
04:55:00 p.m.	17745	16973	14416	49134	12:05:00 a.m.	131	47	0	178
05:05:00 p.m.	18029	17119	14444	49591	12:15:00 a.m.	0	0	0	0
05:15:00 p.m.	18162	17074	14309	49545	12:25:00 a.m.	0	0	0	0
05:25:00 p.m.	18143	17046	14280	49469	12:35:00 a.m.	0	0	0	0
05:35:00 p.m.	18022	16932	14203	49157	12:45:00 a.m.	0	0	0	0
05:45:00 p.m.	17802	16717	14020	48538	12:55:00 a.m.	0	0	0	0
05:55:00 p.m.	17454	16482	13933	47868	01:05:00 a.m.	0	0	0	0
06:05:00 p.m.	17715	16642	14007	48364	01:15:00 a.m.	0	0	0	0
06:15:00 p.m.	17485	16541	13976	48003	01:25:00 a.m.	0	0	0	0
06:25:00 p.m.	17542	16565	13992	48098	01:35:00 a.m.	129	46	0	174
06:35:00 p.m.	17791	16738	14145	48674	01:45:00 a.m.	0	0	0	0
06:45:00 p.m.	18158	16934	14185	49278	01:55:00 a.m.	0	0	0	0
06:55:00 p.m.	18764	17234	14249	50247	02:05:00 a.m.	0	0	0	0
07:05:00 p.m.	18232	17004	14244	49480	02:15:00 a.m.	0	0	0	0
07:15:00 p.m.	17655	16770	14296	48722	02:25:00 a.m.	0	0	0	0
07:25:00 p.m.	17855	16974	14423	49251	02:35:00 a.m.	0	0	0	0
07:35:00 p.m.	18177	17118	14395	49690	02:45:00 a.m.	0	0	0	0
07:45:00 p.m.	18043	17060	14414	49515	02:55:00 a.m.	0	0	0	0
07:55:00 p.m.	18360	17197	14504	50060	03:05:00 a.m.	131	47	0	178
08:05:00 p.m.	18639	17132	13940	49710	03:15:00 a.m.	0	0	0	0
08:15:00 p.m.	16152	13091	10924	40168	03:25:00 a.m.	0	0	0	0
08:25:00 p.m.	13315	9126	9386	31827	03:35:00 a.m.	0	0	0	0
03:45:00 a.m.	0	0	0	0	11:55:00 a.m.	13717	12123	7255	33094
03:55:00 a.m.	0	0	0	0	12:05:00 p.m.	13832	12254	7250	33336

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-4 Datos de potencia activa

Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W	Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W
04:05:00 a.m.	0	0	0	0	12:35:00 p.m.	14545	12601	7225	34370
04:15:00 a.m.	0	0	0	0	12:45:00 p.m.	13805	12343	7200	33349
04:25:00 a.m.	0	0	0	0	12:55:00 p.m.	13756	12370	7202	33329
04:35:00 a.m.	130	46	0	176	01:05:00 p.m.	13748	12111	7194	33054
04:45:00 a.m.	0	0	0	0	01:15:00 p.m.	13615	12013	7200	32829
04:55:00 a.m.	0	0	0	0	06:15:00 a.m.	10859	10178	4933	25969
05:05:00 a.m.	0	0	0	0	06:25:00 a.m.	11013	10812	4931	26755
05:15:00 a.m.	0	0	0	0	06:35:00 a.m.	10837	10213	4912	25962
05:25:00 a.m.	0	0	0	0	06:45:00 a.m.	11209	10336	4904	26449
05:35:00 a.m.	0	0	0	0	06:55:00 a.m.	10723	10320	4863	25906
05:45:00 a.m.	558	338	345	1241	07:05:00 a.m.	10798	10544	4834	26178
05:55:00 a.m.	10992	10251	5032	26275	07:15:00 a.m.	10804	10415	4842	26062
06:05:00 a.m.	11082	10308	4970	26361	07:25:00 a.m.	10754	10098	4823	25676
06:15:00 a.m.	10859	10178	4933	25969	07:35:00 a.m.	10558	9934	4789	25279
06:25:00 a.m.	11013	10812	4931	26755	07:45:00 a.m.	10697	10007	4793	25495
06:35:00 a.m.	10837	10213	4912	25962	07:55:00 a.m.	10824	10037	4793	25654
06:45:00 a.m.	11209	10336	4904	26449	08:05:00 a.m.	10543	9918	4776	25238
06:55:00 a.m.	10723	10320	4863	25906	08:15:00 a.m.	10565	9937	4786	25289
07:05:00 a.m.	10798	10544	4834	26178	08:25:00 a.m.	10802	10020	4774	25596
07:15:00 a.m.	10804	10415	4842	26062	08:35:00 a.m.	10860	10052	4779	25691
07:25:00 a.m.	10754	10098	4823	25676	08:45:00 a.m.	10914	10060	4770	25744
07:35:00 a.m.	10558	9934	4789	25279	08:55:00 a.m.	10793	10006	4771	25569
07:45:00 a.m.	10697	10007	4793	25495	09:05:00 a.m.	10904	10003	4758	25665
07:55:00 a.m.	10824	10037	4793	25654	09:15:00 a.m.	10779	9930	4731	25441
08:05:00 a.m.	10543	9918	4776	25238	09:25:00 a.m.	10678	9971	4768	25417

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-4 Datos de potencia activa

Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W	Hora de la Medición	W 1 (W)	W 2(W)	W 3(W)	Suma W
08:15:00 a.m.	10565	9937	4786	25289	09:35:00 a.m.	10522	9865	4750	25137
08:25:00 a.m.	10802	10020	4774	25596	09:45:00 a.m.	10743	9870	4741	25355
08:35:00 a.m.	10860	10052	4779	25691	09:55:00 a.m.	10763	9871	4727	25363
08:45:00 a.m.	10914	10060	4770	25744	10:05:00 a.m.	10662	9841	4816	25319
08:55:00 a.m.	10793	10006	4771	25569	10:15:00 a.m.	10609	9857	4927	25392
09:05:00 a.m.	10904	10003	4758	25665	10:25:00 a.m.	10832	9966	4919	25718
09:15:00 a.m.	10779	9930	4731	25441	10:35:00 a.m.	13228	11478	6323	31029
09:25:00 a.m.	10678	9971	4768	25417	10:45:00 a.m.	14462	12395	7251	34108
09:35:00 a.m.	10522	9865	4750	25137	10:55:00 a.m.	14057	12245	7237	33540
09:45:00 a.m.	10743	9870	4741	25355	11:05:00 a.m.	13810	12133	7232	33176
09:55:00 a.m.	10763	9871	4727	25363	11:15:00 a.m.	13677	12093	7225	32995
10:05:00 a.m.	10662	9841	4816	25319	11:25:00 a.m.	13782	12116	7216	33114
10:15:00 a.m.	10609	9857	4927	25392	11:35:00 a.m.	13884	12145	7215	33244
10:25:00 a.m.	10832	9966	4919	25718	11:45:00 a.m.	13912	12138	7202	33251
10:35:00 a.m.	13228	11478	6323	31029	11:55:00 a.m.	13717	12123	7255	33094
10:45:00 a.m.	14462	12395	7251	34108	12:05:00 p.m.	13832	12254	7250	33336
10:55:00 a.m.	14057	12245	7237	33540	12:15:00 p.m.	13872	12319	7256	33446
11:05:00 a.m.	13810	12133	7232	33176	12:25:00 p.m.	14045	12489	7236	33769
11:15:00 a.m.	13677	12093	7225	32995	12:35:00 p.m.	14545	12601	7225	34370
11:25:00 a.m.	13782	12116	7216	33114	12:45:00 p.m.	13805	12343	7200	33349
11:35:00 a.m.	13884	12145	7215	33244	12:55:00 p.m.	13756	12370	7202	33329
11:45:00 a.m.	13912	12138	7202	33251	01:05:00 p.m.	13748	12111	7194	33054
12:15:00 p.m.	13872	12319	7256	33446	01:15:00 p.m.	13615	12013	7200	32829
12:25:00 p.m.	14045	12489	7236	33769					

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality



Tabla B-5 Datos de potencia reactiva VAR

Hora de la Medida	VAR 1	VAR 2	VAR 3	Suma VAR	Hora de la Medida	VAR 1	VAR 2	VAR 3	Suma VAR
01:25:00 p.m.	561	579	-1082	57	09:25:00 p.m.	0	0	0	0
01:35:00 p.m.	438	258	-288	407	09:35:00 p.m.	0	0	0	0
01:45:00 p.m.	388	123	-4	507	09:45:00 p.m.	0	0	-2	-1
01:55:00 p.m.	385	128	-4	510	09:55:00 p.m.	0	0	-4	-3
02:05:00 p.m.	384	130	-2	512	10:05:00 p.m.	0	0	0	0
02:15:00 p.m.	357	0	-4	353	10:15:00 p.m.	0	0	0	0
02:25:00 p.m.	383	130	0	513	10:25:00 p.m.	0	0	0	0
02:35:00 p.m.	385	134	0	519	10:35:00 p.m.	36	121	-2	154
02:45:00 p.m.	373	47	0	420	10:45:00 p.m.	0	0	-2	-1
02:55:00 p.m.	363	88	-4	447	10:55:00 p.m.	0	0	-2	-1
03:05:00 p.m.	379	133	0	512	11:05:00 p.m.	0	0	-2	-1
03:15:00 p.m.	384	135	-2	517	11:15:00 p.m.	0	0	0	0
03:25:00 p.m.	379	130	-4	505	11:25:00 p.m.	0	0	0	0
03:35:00 p.m.	361	0	0	361	11:35:00 p.m.	0	0	0	0
03:45:00 p.m.	359	0	0	359	11:45:00 p.m.	0	0	0	0
03:55:00 p.m.	108	0	0	108	11:55:00 p.m.	0	0	-2	-1
04:05:00 p.m.	36	123	0	160	12:05:00 a.m.	39	126	-4	161
04:15:00 p.m.	20	19	24	62	12:15:00 a.m.	0	0	-2	-1
04:25:00 p.m.	3373	3184	4227	10784	12:25:00 a.m.	0	0	-2	-1
04:35:00 p.m.	4652	3933	5240	13825	12:35:00 a.m.	0	0	0	0
04:45:00 p.m.	4662	4071	5249	13983	12:45:00 a.m.	0	0	0	0
04:55:00 p.m.	4609	3816	5220	13645	12:55:00 a.m.	0	0	0	0
05:05:00 p.m.	4656	4033	5258	13948	01:05:00 a.m.	0	0	0	0
05:15:00 p.m.	4606	4163	5138	13907	01:15:00 a.m.	0	0	-2	-1
05:25:00 p.m.	4585	4099	5084	13768	01:25:00 a.m.	0	0	-6	-6
05:35:00 p.m.	4544	4061	5054	13659	01:35:00 a.m.	37	124	0	161
05:45:00 p.m.	4386	3931	4915	13233	01:45:00 a.m.	0	0	-2	-1
05:55:00 p.m.	4360	3697	4872	12929	01:55:00 a.m.	0	0	-6	-6
06:05:00 p.m.	4355	3816	4896	13067	02:05:00 a.m.	0	0	0	0
06:15:00 p.m.	4302	3670	4873	12845	02:15:00 a.m.	0	0	0	0
06:25:00 p.m.	4332	3730	4911	12973	02:25:00 a.m.	0	0	0	0
06:35:00 p.m.	4498	3896	5099	13493	02:35:00 a.m.	0	0	0	0
06:45:00 p.m.	4598	4222	5192	14013	02:45:00 a.m.	0	0	-4	-3
06:55:00 p.m.	4664	4648	5283	14595	02:55:00 a.m.	0	0	-2	-1
07:05:00 p.m.	4694	4316	5310	14320	03:05:00 a.m.	39	126	0	166
07:15:00 p.m.	4663	3858	5333	13854	03:15:00 a.m.	0	0	0	0
07:25:00 p.m.	4803	4004	5462	14270	03:25:00 a.m.	0	0	0	0
07:35:00 p.m.	4860	4261	5426	14547	03:35:00 a.m.	0	0	0	0
07:45:00 p.m.	4836	4137	5414	14388	03:45:00 a.m.	0	0	-2	-1
07:55:00 p.m.	4917	4357	5481	14755	03:55:00 a.m.	0	0	0	0
08:05:00 p.m.	4850	4557	5460	14867	04:05:00 a.m.	0	0	0	0
08:15:00 p.m.	4286	3653	5080	13019	04:15:00 a.m.	0	0	-2	-1
08:25:00 p.m.	3529	2603	4383	10515	04:25:00 a.m.	0	0	0	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-5 Datos de potencia reactiva VAR

Hora de la Medida	VAR 1	VAR 2	VAR 3	Suma VAR	Hora de la Medida	VAR 1	VAR 2	VAR 3	Suma VAR
08:35:00 p.m.	1540	912	2160	4612	04:35:00 a.m.	37	125	0	163
08:45:00 p.m.	328	0	1076	1404	04:45:00 a.m.	0	0	-6	-6
08:55:00 p.m.	335	0	1084	1420	04:55:00 a.m.	0	0	0	0
09:05:00 p.m.	326	0	1074	1400	05:05:00 a.m.	0	0	0	0
09:15:00 p.m.	308	241	220	769	05:15:00 a.m.	0	0	-2	-1
09:25:00 a.m.	1744	1903	-1362	2285	05:25:00 a.m.	0	0	0	0
09:35:00 a.m.	1717	1825	-1359	2184	05:35:00 a.m.	0	0	0	0
09:45:00 a.m.	1748	1940	-1358	2331	05:45:00 a.m.	114	77	-113	77
09:55:00 a.m.	1746	1948	-1356	2338	05:55:00 a.m.	1868	1973	-1358	2484
10:05:00 a.m.	1732	1875	-1364	2242	06:05:00 a.m.	1825	1991	-1399	2418
10:15:00 a.m.	1717	1873	-1362	2228	06:15:00 a.m.	1775	1883	-1391	2267
10:25:00 a.m.	1762	2012	-1361	2413	06:25:00 a.m.	1798	1975	-1386	2386
10:35:00 a.m.	2159	2333	-1529	2963	06:35:00 a.m.	1777	1887	-1382	2282
10:45:00 a.m.	2326	2445	-1647	3124	06:45:00 a.m.	1839	2104	-1383	2559
10:55:00 a.m.	2266	2273	-1642	2897	06:55:00 a.m.	1765	1850	-1374	2240
11:05:00 a.m.	2234	2173	-1646	2761	07:05:00 a.m.	1778	1911	-1366	2322
11:15:00 a.m.	2173	2128	-1644	2657	07:15:00 a.m.	1799	1934	-1369	2364
11:25:00 a.m.	2155	2175	-1642	2688	07:25:00 a.m.	1789	1932	-1363	2358
11:35:00 a.m.	1972	2220	-1640	2552	07:35:00 a.m.	1739	1839	-1354	2224
11:45:00 a.m.	2245	2235	-1637	2843	07:45:00 a.m.	1754	1910	-1353	2311
11:55:00 a.m.	2147	2126	-1647	2626	07:55:00 a.m.	1782	1988	-1353	2417
12:05:00 p.m.	2176	2212	-1646	2742	08:05:00 a.m.	1747	1861	-1354	2254
12:15:00 p.m.	2264	2224	-1649	2840	08:15:00 a.m.	1749	1868	-1357	2260
12:25:00 p.m.	2261	2204	-1651	2814	08:25:00 a.m.	1774	2010	-1354	2430
12:35:00 p.m.	2250	2203	-1654	2798	08:35:00 a.m.	1781	2024	-1353	2452
12:45:00 p.m.	2257	2188	-1651	2794	08:45:00 a.m.	1781	2053	-1351	2482
12:55:00 p.m.	2263	2190	-1651	2802	08:55:00 a.m.	1752	1961	-1352	2361
01:05:00 p.m.	2262	2197	-1651	2808	09:05:00 a.m.	1779	1983	-1349	2413
01:15:00 p.m.	1836	2137	-1658	2315	09:15:00 a.m.	1766	1957	-1350	2373

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-6 Datos de potencia aparente VA

Hora de la Medida	VA 1	VA 2	VA 3	Suma VA	Hora de la Medida	VA 1	VA 2	VA 3	Suma VA
01:25:00 p.m.	3340	2180	1781	7301	08:55:00 p.m.	1181	0	1409	2591
01:35:00 p.m.	2455	720	474	3650	09:05:00 p.m.	1170	0	1395	2565
01:45:00 p.m.	1852	160	4	2016	09:15:00 p.m.	630	348	303	1281
01:55:00 p.m.	1850	164	4	2018	09:25:00 p.m.	0	0	0	0
02:05:00 p.m.	1847	167	2	2016	09:35:00 p.m.	0	0	0	0
02:15:00 p.m.	1709	0	4	1712	09:45:00 p.m.	0	0	2	2
02:25:00 p.m.	1841	168	0	2008	09:55:00 p.m.	0	0	4	3
02:35:00 p.m.	1848	172	0	2021	10:05:00 p.m.	0	0	0	0
02:45:00 p.m.	1748	52	0	1801	10:15:00 p.m.	0	0	0	0
02:55:00 p.m.	1800	121	4	1925	10:25:00 p.m.	0	0	0	0
03:05:00 p.m.	1839	172	0	2010	10:35:00 p.m.	136	132	2	269
03:15:00 p.m.	1851	174	2	2028	10:45:00 p.m.	0	0	2	2
03:25:00 p.m.	1836	167	4	2007	10:55:00 p.m.	0	0	2	2
03:35:00 p.m.	1718	0	0	1717	11:05:00 p.m.	0	0	2	2
03:45:00 p.m.	1719	0	0	1719	11:15:00 p.m.	0	0	0	0
03:55:00 p.m.	511	0	0	512	11:25:00 p.m.	0	0	0	0
04:05:00 p.m.	143	136	0	280	11:35:00 p.m.	0	0	0	0
04:15:00 p.m.	45	50	36	130	11:45:00 p.m.	0	0	0	0
04:25:00 p.m.	13245	13587	10649	37482	11:55:00 p.m.	0	0	2	2
04:35:00 p.m.	18486	17501	15355	51342	12:05:00 a.m.	141	137	4	282
04:45:00 p.m.	18627	17609	15344	51581	12:15:00 a.m.	0	0	2	2
04:55:00 p.m.	18334	17396	15332	51062	12:25:00 a.m.	0	0	2	2
05:05:00 p.m.	18621	17599	15371	51592	12:35:00 a.m.	0	0	0	0
05:15:00 p.m.	18738	17594	15204	51535	12:45:00 a.m.	0	0	0	0
05:25:00 p.m.	18715	17548	15157	51420	12:55:00 a.m.	0	0	0	0
05:35:00 p.m.	18588	17431	15075	51093	01:05:00 a.m.	0	0	0	0
05:45:00 p.m.	18336	17187	14856	50380	01:15:00 a.m.	0	0	2	2
05:55:00 p.m.	17991	16900	14761	49653	01:25:00 a.m.	0	0	6	6
06:05:00 p.m.	18243	17088	14838	50169	01:35:00 a.m.	138	134	0	272
06:15:00 p.m.	18007	16953	14801	49761	01:45:00 a.m.	0	0	2	2
06:25:00 p.m.	18069	16990	14829	49889	01:55:00 a.m.	0	0	6	6
06:35:00 p.m.	18352	17199	15036	50588	02:05:00 a.m.	0	0	0	0
06:45:00 p.m.	18733	17472	15106	51310	02:15:00 a.m.	0	0	0	0
06:55:00 p.m.	19337	17867	15197	52400	02:25:00 a.m.	0	0	0	0
07:05:00 p.m.	18828	17558	15201	51589	02:35:00 a.m.	0	0	0	0
07:15:00 p.m.	18261	17212	15258	50732	02:45:00 a.m.	0	0	4	3
07:25:00 p.m.	18490	17445	15422	51357	02:55:00 a.m.	0	0	2	2
07:35:00 p.m.	18817	17654	15384	51856	03:05:00 a.m.	141	138	0	278
07:45:00 p.m.	18680	17564	15397	51642	03:15:00 a.m.	0	0	0	0
07:55:00 p.m.	19009	17757	15505	52271	03:25:00 a.m.	0	0	0	0
08:35:00 p.m.	5730	3318	4412	13460	04:05:00 a.m.	0	0	0	0

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-6 Datos de potencia aparente VA

Hora de la Medida	VA 1	VA 2	VA 3	Suma VA	Hora de la Medida	VA 1	VA 2	VA 3	Suma VA
08:45:00 p.m.	1177	0	1400	2576	04:15:00 a.m.	0	0	2	2
04:25:00 a.m.	0	0	0	0	08:55:00 a.m.	10935	10208	4959	26102
04:35:00 a.m.	140	136	0	275	09:05:00 a.m.	11049	10210	4946	26205
04:45:00 a.m.	0	0	6	6	09:15:00 a.m.	10924	10133	4920	25978
04:55:00 a.m.	0	0	0	0	09:25:00 a.m.	10819	10157	4959	25936
05:05:00 a.m.	0	0	0	0	09:35:00 a.m.	10662	10032	4940	25635
05:15:00 a.m.	0	0	2	2	09:45:00 a.m.	10885	10072	4932	25889
05:25:00 a.m.	0	0	0	0	09:55:00 a.m.	10905	10075	4918	25897
05:35:00 a.m.	0	0	0	0	10:05:00 a.m.	10803	10024	5005	25833
05:45:00 a.m.	571	347	368	1286	10:15:00 a.m.	10747	10040	5111	25899
05:55:00 a.m.	11150	10439	5228	26818	10:25:00 a.m.	10976	10184	5104	26264
06:05:00 a.m.	11232	10507	5164	26903	10:35:00 a.m.	13405	11733	6510	31647
06:15:00 a.m.	11003	10350	5125	26478	10:45:00 a.m.	14648	12652	7436	34737
06:25:00 a.m.	11160	10998	5122	27280	10:55:00 a.m.	14240	12462	7421	34122
06:35:00 a.m.	10981	10386	5103	26470	11:05:00 a.m.	13992	12330	7418	33739
06:45:00 a.m.	11361	10568	5096	27024	11:15:00 a.m.	13858	12279	7410	33546
06:55:00 a.m.	10867	10485	5053	26406	11:25:00 a.m.	13962	12314	7401	33676
07:05:00 a.m.	10945	10723	5023	26691	11:35:00 a.m.	14065	12354	7399	33818
07:15:00 a.m.	10953	10601	5033	26586	11:45:00 a.m.	14093	12351	7386	33829
07:25:00 a.m.	10902	10288	5013	26203	11:55:00 a.m.	13897	12308	7439	33644
07:35:00 a.m.	10700	10102	4976	25778	12:05:00 p.m.	14014	12457	7435	33905
07:45:00 a.m.	10840	10195	4980	26015	12:15:00 p.m.	14056	12523	7441	34019
07:55:00 a.m.	10971	10245	4981	26198	12:25:00 p.m.	14226	12686	7422	34334
08:05:00 a.m.	10687	10091	4964	25743	12:35:00 p.m.	14719	12797	7411	34927
08:15:00 a.m.	10709	10111	4975	25794	12:45:00 p.m.	13989	12541	7387	33916
08:25:00 a.m.	10948	10234	4962	26144	12:55:00 p.m.	13941	12567	7390	33897
08:35:00 a.m.	11007	10267	4967	26240	01:05:00 p.m.	13934	12314	7381	33628

Fuente: Equipo de medición AEMC 3945 3-Phase Power Quality

Tabla B-7. Configuración típica aceptable de alumbrado de calles

Datos de lámparas de mercurio		Datos del poste		Colocación	Separación (m)	Iluminación lux		Relación de uniformidad
Designación	Emisión luminosa (lúmenes)	Altura de montaje (m)	Longitud del brazo (m)			Media	Mínima	
H39-22KB 175 W Clara	7,700	9	1.2	1 solo lado	28	9	3.6	2.5 : 1
H37-5KB 250 W Clara	12,100	9	1.2	1 solo lado	41	9	4.9	1.8 : 1
H33-1CD 400 W Clara	21,000	9	1.2	1 solo lado	30	22	7.1	3.0 : 1
H33-1CD 400 W Clara	21,000	9	1.2	Al tresbolillo	45	14.1	4.7	3.0 : 1
H35-18NA 700 W Clara	39,000	10,5	1.2	1 solo lado	60	15	5.1	2.9 : 1
H35-18NA 700 W Clara	39,000	10,5	1.2	Al tresbolillo	63	14.7	4.9	3.0 : 1

Tabla C-1 Tabla general de conductores por regulación de tensión y corriente.

Nivel 1

CIRC	VOLT	POT	POT	POT	C	CAL	C	C	D	L	CAÍDA	k	ÁREA	CAL
				TOTAL							DE TENSIÓN		CONDUCTOR	
No.	V	P watts	P va	VA	I Amp	AWG	Nominal	Real	metros	1fase	E	COBRE	A mm2	AWG
1	114	640		674	6	14	20	12	8	16	3.6	57	0.44	14
2	114	640		674	6	14	20	12	8	16	3.6	57	0.44	14
3	114	960		1011	8	14	20	12	31	62	3.6	57	2.54	12
4	114	960		1011	8	14	20	12	38	76	3.6	57	3.12	12
5	114	1200		1263	11	14	20	12	46	92	3.6	57	4.72	10
6	114	640		674	6	14	20	12	55	110	3.6	57	3.01	12
7	120		450	450	4	14	20	12	34	68	3.6	57	1.24	14
8	114	960		1011	8	14	20	12	34	68	3.6	57	2.79	12
9	114	960		1011	8	14	20	12	23	46	3.6	57	1.89	14
10	114	960		1011	8	14	20	12	15	30	3.6	57	1.23	14
11	114	960		1011	8	14	20	12	15	30	3.6	57	1.23	14
12	114	600		632	5	14	20	12	6	12	3.6	57	0.31	14
13	114	600		632	5	14	20	12	37	74	3.6	57	1.90	14
14	114	600		632	5	14	20	12	60	120	3.6	57	3.08	12
15	114	600		632	5	14	20	12	6	12	3.6	57	0.31	14
16	120		450	450	4	14	20	12	17	34	3.6	57	0.62	14
17	120		450	450	4	14	20	12	35	70	3.6	57	1.28	14

**C** Corriente  
**CAL** Calibre  
**D** Distancia  
**L** Longitud  
**POT** Potencia

Tabla C-2 Tabla general de conductores por regulación de tensión y corriente.

Nivel 2

CIRC	VOLT	POT	POT	POT	C	CAL	C	C	D metros	L	CAIDA DE TENSIÓN	k	ÁREA	
				TOTAL		AWG	Nominal	Real					CONDUCTOR	CAL
No.	V	P watts	P va	VA	I Amp				D	1fase	E	COBRE	A mm2	AWG
1	114	960		1011	8	14	20	12	21	42	3.6	57	1.72	14
2	120		300	300	3	14	20	12	23	46	3.6	57	0.56	14
3	114	960		1011	8	14	20	12	16	32	3.6	57	1.31	14
4	114	1920		2021	17	10	30	18	32	64	3.6	57	5.25	10
5	120		450	450	4	14	20	12	31	62	3.6	57	1.13	14
7	114	1920		2021	17	10	30	18	10	20	3.6	57	1.64	14
8	114	1200		1263	11	12	25	15	10	20	3.6	57	1.03	14
9	120		450	450	4	14	20	12	33	66	3.6	57	1.21	14
10	114	960		1011	8	14	20	12	51	102	3.6	57	4.19	10
11	114	960		1011	8	14	20	12	51	102	3.6	57	4.19	10
12	114	960		1011	8	14	20	12	33	66	3.6	57	2.71	12
13	114	960		1011	8	14	20	12	43	86	3.6	57	3.53	10
14	114	960		1011	8	14	20	12	23	46	3.6	57	1.89	14
15	120		450	450	4	14	20	12	33	66	3.6	57	1.21	14
16	120		450	450	4	14	20	12	51	102	3.6	57	1.86	14
17	114	1200		1263	11	14	20	12	21	42	3.6	57	2.15	12
18	114	1200		1263	11	14	20	12	46	92	3.6	57	4.72	10

Tabla C-3 Tabla general de conductores por regulación de tensión y corriente.

Nivel 3

CIRC	VOLT	POT	POT	POT	C	CAL	C	C	D	L	CAIDA	k	ÁREA	CAL
				TOTAL		AWG	Nominal	Real			DE TENSIÓN		CONDUCTOR	
No.	V	P watts	P va	VA	I Amp				D	1fase	E	COBRE	A mm2	AWG
1	114	1280		1347	11	12	25	15	22	44	3.6	57	2.41	14
2	120		450	450	4	14	20	12	8	16	3.6	57	0.29	14
3	114	960		1011	8	14	20	12	8	16	3.6	57	0.66	14
4	114	2920		3074	26	8	40	24	20	40	3.6	57	4.99	10
5	120		450	450	4	14	20	12	40	80	3.6	57	1.46	14
6	114	640		674	6	14	20	12	21	42	3.6	57	1.15	14
7	114	1920		2021	17	10	30	18	40	80	3.6	57	6.57	8
8	114	960		1011	8	14	20	12	51	102	3.6	57	4.19	10
9	120		450	450	4	14	20	12	48	96	3.6	57	1.75	14
10	114	960		1011	8	14	20	12	52	104	3.6	57	4.27	10
11	114	1280		1347	11	12	25	15	10	20	3.6	57	1.09	14
12	114	960		1011	8	14	20	12	33	66	3.6	57	2.71	12
13	114	960		1011	8	14	20	12	44	88	3.6	57	3.61	10
14	114	960		1011	8	14	20	12	24	48	3.6	57	1.97	14
15	120		450	450	4	14	20	12	33	66	3.6	57	1.21	14
16	120		450	450	4	14	20	12	10	20	3.6	57	0.37	14
17	114	1200		1263	11	12	25	15	10	20	3.6	57	1.03	14
18	114	1200		1263	11	12	25	15	10	20	3.6	57	1.03	14
19	120		1350	1350	11	12	25	15	20	40	3.6	57	2.19	12
20	120		450	450	4	14	20	12	50	100	3.6	57	1.83	14
21	120		450	450	4	14	20	12	24	48	3.6	57	0.88	14
22	114	640		674	6	14	20	12	47	94	3.6	57	2.57	12

Tabla C-4 Tabla general de conductores por regulación de tensión y corriente.

**Acometida a alimentadores principales**

LÍNEA 1	350 MCM
LÍNEA 2	350 MCM
LÍNEA 3	350 MCM
NEUTRO	350 MCM