



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

ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-2 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Osiel Nehemías Orozco López

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL
EDIFICIO S-2 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSIEL NEHEMIÁS OROZCO LÓPEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO KENNET ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	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. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Florencio Montúfar Urizar
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
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 ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO S-2 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

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

Osiel Nehemías Orozco López

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por ser la fuente de sabiduría y conocimiento y darme la fuerza y capacidad para alcanzar mis metas trazadas en la vida.
MIS PADRES	Arturo Orozco y Ofelia de Orozco, por el apoyo incondicional brindado en mi carrera universitaria.
MIS HERMANOS	Celia, Axel, Elman, Adilia, Heber y Abel, por el cariño y apoyo brindado para lograr mis metas.
FAMILIARES	Por las muestras de aprecio recibidas.
COMPAÑEROS Y AMIGOS	Por los momentos compartidos.
FACULTAD DE INGENIERÍA	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO A:

DIOS	Por darme el entendimiento necesario y guiar mi vida.
División de servicios generales	por permitir la realización de este proyecto y la asesoría prestada al mismo.
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales	Por su colaboración en la realización del proyecto.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Por su colaboración en la implementación del programa de EPS en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
Ing. Kenneth Estrada	Por la asesoría prestada en la elaboración del trabajo de graduación y por su amistad brindada.
FACULTAD DE INGENIERÍA	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1	Instalaciones	1
1.1.1.	Caracterización de cargas	1
1.1.2.	Estado actual y dimensionamiento de conductores	3
1.1.2.1.	Resistencia de aislamiento	3
1.1.2.2.	Capacidad, calibre y secciones de conductores	5
1.1.3.	Tuberías	7
1.1.3.1.	Calibre de tuberías	7
1.1.4.	Protección	9
1.1.4.1.	Tipo de protección	9
1.1.4.2.	Corriente nominal	11
1.1.5.	Tableros	12
1.1.5.1.	Revisión visual	12
1.1.5.2.	Toma de datos	12
1.1.6.	Transformadores	13
1.1.6.1.	Toma de datos nominales	14
1.1.6.2.	Determinación del tiempo de vida útil	15

1.2.	Análisis de redes -----	15
1.2.1.	Descripción del equipo -----	15
1.2.2.	Parámetros eléctricos -----	15
1.2.2.1.	Corriente -----	16
1.2.2.2.	Voltaje -----	17
1.2.2.3.	Factor de potencia -----	19
1.2.2.4.	Potencia -----	21
1.2.3.4.1.	Potencia activa -----	21
1.2.3.4.2.	Potencia reactiva -----	22
1.2.3.4.3.	Potencia aparente -----	23
1.2.2.5.	Factor K -----	24
1.2.2.6.	Análisis de armónicos -----	24
1.2.2.6.1.	Distorsión armónica THDV y THDI -----	26
1.2.2.7.	Desbalance -----	29
1.3.	Red de tierras -----	29
1.3.1.	Condición actual -----	30
1.4.	Pararrayos -----	30
1.4.1.	Condición actual -----	31
1.4.2.	Cálculo de pararrayos-----	31
1.5.	Iluminación -----	32
1.5.1.	Revisión visual -----	33
1.5.2.	Medición de luminiscencia -----	33
1.5.3.	Características de las luminarias -----	34
1.5.4.	Textura y colores del ambiente -----	36
1.5.5.	Área de parqueo -----	36
1.6.	Instalaciones especiales -----	36
1.6.1.	Equipo electrónico y sensible -----	37

2.	DIAGRAMAS UNIFILARES	
2.1.	Diagrama unifilar de la red eléctrica general -----	40
2.2.	Diagrama unifilar de la red eléctrica interna del edificio -----	37
2.3.	Diagrama unifilar primer nivel edificio S-2 -----	38
2.4.	Diagrama unifilar segundo nivel edificio S-2 -----	39
2.5.	Diagrama unifilar tercer nivel edificio S-2 -----	40
3.	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	
3.1.	Cálculo de conductores -----	45
3.2.	Cálculo de protecciones -----	55
3.3.	Cálculo de tuberías -----	63
3.4.	Cálculo de tableros -----	68
3.5.	Cortocircuito -----	70
3.6.	Red de tierras -----	73
4.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO.	
4.1.	Comparación de los resultados teóricos obtenidos con la instalación eléctrica actual -----	77
5.	EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO S-2 AL MERCADO MAYORISTA	
5.1.	Descripción del mercado mayorista -----	87
5.1.1	Agentes del Mercado Mayorista -----	89
5.2.	Requisitos para participar en el mercado mayorista -----	90
5.3.	Medición de consumo a grandes usuarios -----	92
5.4.	Factibilidad de la incorporación del edificio S-2 al AMM -----	94

6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-2	
6.1 Costo para reemplazar dispositivos en la instalación-----	95
7. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	
7.1 Análisis de distorsión de parámetros eléctricos en dos períodos de carga----	99
7.2 Efectos de distorsión armónica en redes de distribución e industrias-----	104
8. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
8.1 Sistemas de alumbrado-----	107
8.1.1 Factores de pérdidas en sistemas de iluminación-----	108
8.1.1.1 Deterioro de los dispositivos de iluminación-----	108
8.1.1.2 Deterioro causado por polvo y suciedad-----	108
8.1.1.3 Apagones en los dispositivos luminosos-----	109
8.1.1.4 Ineficiencia de las lámparas-----	109
8.1.1.5 Bajo voltaje-----	110
8.1.1.6 Superficies de baja reflectancia-----	110
8.2 Equipos auxiliares de mantenimiento-----	110
8.3 Operación de limpieza de dispositivos de iluminación-----	112
8.4 Mantenimiento en circuitos de fuerza de instalaciones eléctricas-----	113
CONCLUSIONES -----	115
RECOMENDACIONES -----	117
BIBLIOGRAFÍA -----	119
APÉNDICES -----	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Gráfica de corriente de fases - tiempo-----	16
2.	Gráfica de voltaje de fases – tiempo -----	17
3.	Gráfica de voltaje de fases a neutro –tiempo -----	18
4.	Gráfica de factor de potencia total -----	20
5.	Gráfica de potencia activa -----	21
6.	Gráfica de potencia reactiva -----	22
7.	Gráfica de potencia aparente -----	23
8.	Gráfica de Distorsión armónicos de corriente -----	27
9.	Gráfica de Distorsión armónica de voltaje -----	28
10.	Diagrama unifilar de la red de distribución de la USAC -----	40
11.	Diagrama unifilar de la red eléctrica del edificio -----	41
12.	Diagrama unifilar de distribución de circuitos, 1er. nivel -----	42
13.	Diagrama unifilar de distribución de circuitos, 2do nivel -----	43
14.	Diagrama unifilar de distribución de circuitos, 3er nivel -----	44
15.	Gráfica de Demanda Máxima de Potencia -----	94
16.	Gráfica de distorsión armónica de voltaje a plena carga y sin carga fase A-----	99
17.	Gráfica de distorsión armónica de voltaje a plena carga y sin carga fase B-----	100
18.	Gráfica de distorsión armónica de voltaje a plena carga y sin carga fase C-----	100
19.	Gráfica de distorsión armónica de corriente plena carga y sin carga fase A-----	101
20.	Gráfica de distorsión armónica de corriente plena carga y sin carga fase B-----	102
21.	Gráfica de distorsión armónica de corriente plena carga y sin carga fase C-----	102
22.	Gráfica de Factor de potencia con carga y sin carga-----	104

TABLAS

I.	Equipo eléctrico instalado en el edificio -----	2
II.	Valores de resistencia de aislamiento para instalaciones eléctricas -----	4
III.	Capacidad de corriente de conductores de cobre aislado -----	5
IV.	Dimensiones de conductores THHN, THWN -----	6
V.	Dimensiones de tubo conduit -----	8
VI.	Dimensiones de canaletas existentes -----	8
VII.	Niveles de iluminación para distintos ambientes -----	33
VIII.	Calibre de conductores, caída de tensión circuitos, primer nivel -----	52
IX.	Calibre de conductores, caída de tensión circuitos, segundo nivel -----	53
X.	Calibre de conductores, caída de tensión circuitos, tercer nivel -----	54
XI.	Diámetro de tuberías del primer nivel -----	65
XII.	Diámetro de tuberías del segundo nivel -----	66
XIII.	Diámetro de tuberías del tercer nivel-----	67
XIV.	Resistividad de distintos tipos de suelos -----	76
XV.	Conductores y tuberías existentes, primer nivel-----	80
XVI.	Conductores y tuberías existentes, segundo nivel -----	81
XVII.	Conductores y tuberías existentes, tercer nivel-----	82
XVIII.	Calibre conductores calculados, primer nivel-----	83
XIX.	Calibre conductores calculados, segundo nivel-----	84
XX.	Calibre conductores calculados, tercer nivel-----	85
XXI.	Agentes del mercado mayorista-----	89
XXII.	Clase de exactitud en transformadores de medida-----	93
XXIII.	Costo de mejoras de la instalación eléctrica del edificio S-2-----	98
XXIV.	Corriente de fases, voltaje entre fases, potencia activa, reactiva y aparente---	122
XXV.	Distorsión armónica de corriente de fases-----	126
XXVI.	Distorsión armónica THD de voltaje de fases, valores porcentuales-----	127

GLOSARIO

Acometida	Conjunto de elementos eléctricos utilizados para el suministro de Energía eléctrica desde las líneas de distribución de la Empresa Eléctrica a la instalación del inmueble a servir.
Carga Instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico conectado a la acometida
Carga inductiva	Equipo eléctrico que contiene inductancias o bobinas.
Capacidad eléctrica	Razón entre la carga eléctrica que recibe un conductor y el potencial que adquiere.
Circuito	Elementos unidos en puntos terminales comunes, formando una trayectoria cerrada en la cual existe un flujo de corriente.
Consumo	Es la cantidad de energía utilizada por una instalación, durante determinado tiempo.
Dimensionamiento	Especificación de alguna medida cualquiera
Flexibilidad	Cuando se refiere a una instalación, es aquella que permite realizar ciertos cambios de carga.
Flipón	Dispositivo eléctrico utilizado para protección de circuitos eléctricos, protegen contra sobrecarga y cortocircuito.

Fusible	Elemento conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto valor determinado.
Interrupción	Cuando la continuidad del servicio eléctrico es suspendido
Megger	Instrumento utilizado para medir valores de resistencia en conductores eléctricos.
Red eléctrica	Interconexión de dispositivos que permiten transportar la energía hacia la carga instalada en una instalación.

LISTA DE SÍMBOLOS

k	Factor de distorsión
%	Porcentaje
φ	Ángulo de desfaseamiento
π	pi
Φ	Diámetro
ΔV	Diferencia de voltaje
Ω	Resistencia Eléctrica en Ohms

LISTA DE ABREVIATURAS

AMM	Administrador del Mercado Mayorista
A	Amperios
R	Radio
CI	Circuito de iluminación
CF	Circuito de fuerza
D	Diámetro de anillos
d	Diámetro de alambre
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima.
Fp	Factor de pérdida
e	Caída de tensión regulación de voltaje
Hz	Frecuencia
I	Corriente eléctrica
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
L	Longitud o distancia
Ln	Logaritmo natural
ms	Milisegundo
NEC	Código eléctrico nacional de los Estados Unidos
NTIE	Normas técnicas para instalaciones eléctricas
NTSD	Normas técnicas del servicio de distribución
P	Potencia
Q	Potencia Reactiva
R	Resistencia en ohms.
S	Potencia aparente
s	Profundidad
Seg	Segundo
THDV	Distorsión armónica de voltaje

THDI	Distorsión armónica de corriente
V	Voltios
VA	Volt-Amperio
VAR	Volt-Amperios-reactivos
VT	Voltaje terminal
W	Watts

RESUMEN

El contenido del presente trabajo de graduación nos permite conocer el análisis realizado del estado actual de los dispositivos que integran la instalación eléctrica del edificio S-2, dicho análisis cuantifica y describe las características de la carga instalada actualmente, así también se analiza la calidad de energía recibida del sistema de distribución que alimenta al edificio.

Con base a la información obtenida, se determina si el dimensionamiento actual de los elementos que componen la instalación del edificio, nos permite tener una red eléctrica segura y eficiente, así como determinar los factores que influyen en los niveles de calidad de energía que son exigidos por las normas técnicas de calidad del servicio de transporte y sanciones.

De las mediciones realizadas a los parámetros eléctricos de la instalación se establece la factibilidad de poder incorporar al Mercado Mayorista al edificio S-2 como gran usuario.

Finalmente, se propone un programa de mantenimiento preventivo y correctivo al sistema eléctrico del edificio, cuya implementación permitiría evitar interrupciones de las actividades educativas y administrativas que se realizan, así como obtener mayor tiempo de vida útil de los dispositivos que integran la red eléctrica del edificio.

OBJETIVOS

General

Analizar si la distribución de la energía eléctrica, a los equipos y dispositivos instalados dentro del edificio están conectados de una manera segura y eficiente.

Específicos

1. Determinar el estado actual de los dispositivos que conforman la red de distribución eléctrica, interna del edificio.
2. Evaluar el dimensionamiento de los elementos eléctricos, por medio de análisis teóricos de la red eléctrica del edificio.
3. Diagnosticar los problemas presentes, así como la necesidad de mejoras en la red de distribución de los circuitos.
4. Evaluar por medio de mediciones con equipo especial la calidad de energía que se tiene dentro de las instalaciones del edificio.
5. Analizar la incorporación al mercado mayorista del edificio en base al consumo que este presenta.

INTRODUCCIÓN

Debido al largo tiempo que tiene la instalación eléctrica del edificio S-2, es importante realizar un estudio eléctrico del mismo, ya que las cargas instaladas han sido modificadas o aumentadas, con ello se pretende conocer la distribución de la red actual.

Es importante considerar que por el largo período de tiempo, todos los elementos que constituyen los circuitos de distribución interna, han sufrido un deterioro que puede afectar la seguridad, eficiencia y continuidad del servicio en la instalación.

El presente estudio también pretende analizar la calidad de energía recibida, para determinar los factores que afectan los índices o niveles de calidad aceptados y exigidos por normas. Los parámetros eléctricos considerados serán, especialmente, voltaje, corriente, potencia, armónicas, factor de potencia.

Se realizarán cálculos para determinar si las dimensiones y características de los elementos de la instalación, cumplen con las especificaciones técnicas que permitan tener una distribución confiable.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1. Instalaciones

Instalación eléctrica es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre los elementos que la constituyen encontramos: Tableros, medidores, luminarias, interruptores, transformadores, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, conductores, soportes, protecciones, etc.

La instalación eléctrica del edificio S-2 tiene en promedio treinta años desde que fue construido el edificio, el cual pertenece a la facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales cuya finalidad fue la de servir como edificio de aulas, sin embargo con el transcurrir del tiempo dentro de este actualmente funcionan oficinas administrativas.

1.1.1 Caracterización de cargas.

La carga existente en el edificio S-2 esta agrupada en circuitos de iluminación y fuerza. Se puede considerar que la carga instalada dentro del edificio es de tipo inductivo, ya que en un alto porcentaje se tienen con lámparas fluorescentes de baja descarga, las cuales tienen una bobina inductiva o reactancia.

Dentro del equipo que podemos considerar de carácter resistivo tenemos los secadores de manos instalados en los baños de cada nivel.

Circuitos de iluminación. Los circuitos de iluminación están constituidos por las luminarias que se encuentran en los distintos ambientes del edificio, así como también

en los pasillos interiores y exteriores del mismo.

Circuitos de fuerza: Los tomacorrientes actuales son de 120 voltios, los cuales se encuentran en cada uno de los ambientes de cada edificio como: aulas, baños, salón de catedráticos, departamento de escuela de vacaciones, salón de audiovisuales, y en cada uno de los ambientes que se encuentran dentro del edificio.

Los tomacorrientes de 110 V. son del tipo polarizado y no polarizado. Existen también tomacorrientes de 208 voltios, los cuales están localizados en el pasillo del primer nivel del edificio.

Circuitos especiales de fuerza: Son aquellos circuitos para uso exclusivo de ciertos equipos tales como: computadora, impresora, fotocopiadora, secador de manos.

La siguiente tabla describe las características del equipo eléctrico utilizado dentro del edificio.

Tabla I. Equipo eléctrico instalado dentro del edificio.

Descripción del equipo	Voltaje nominal (volts)	Potencia (watts)
Bomba de agua	220	2984
Cafetera	110	1090
Computadora	120	350
Fotocopiadora de mesa	120	430
Fotocopiadora de piso	120	1430
Impresora	120	80
Lámpara fluorescente	120	80
Lámpara fluorescente	120	40
Secadora de manos	120	1800
Ventilador de pedestal	120	85
Ventilador de techo	120	70

1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores

Los conductores eléctricos son materiales que ofrecen poca resistencia al flujo de electricidad. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones.

Dentro del edificio se tiene: Conductores de cobre AWG 2/0 que van desde el banco de transformación al tablero general de distribución y un conductor de aluminio desnudo AWG 2/0 que sirve de neutro. Los conductores utilizados para iluminación son de cobre número 10, 12, los cuales se encuentran completamente forrados, y que van dentro de las tuberías, y número 14 que es un conductor desnudo.

Los conductores utilizados para fuerza en tomacorrientes de uso general, el conductor o línea viva se encuentra forrando, mientras que el conductor neutro es un conductor desnudo, los dos conductores son del mismo calibre, 10 o 12, así también para los ventiladores usados en los salones de clase se encuentran conectados con cable paralelo No. 10 el cual va sobrepuesto sobre la loza o cielo del salón. El calibre de los conductores que van desde el tablero principal a los sub-tableros de distribución en cada uno de los niveles del edificio son 3/0 AWG. Para los circuitos de fuerza especiales se tiene conductores de cobre sólido en calibre No. 10 o calibre No.8 los cuales se encuentran forrados.

1.1.2.1 Resistencia de aislamiento

La vida de una instalación y su operación depende en gran medida de la vida del aislamiento. El nivel de aislamiento de una instalación eléctrica es la capacidad de aislamiento para oponerse a las corrientes de conducción y de fuga cuando se aplica un voltaje entre todas las partes vivas conectadas entre sí y las estructuras metálicas y partes normalmente conectadas a tierra.

Las pruebas de aislamiento regularmente se realizan con un *megger* el cual aplica un voltaje y mide la resistencia entre un conjunto de elementos conductores conectados a una de sus terminales y las partes unidas a tierra a la otra terminal, también se puede medir el nivel de aislamiento entre fases.

Las causas que hacen que el valor de resistencia entre los conductores sea menor a los recomendados son envejecimiento de los aislantes, efectos del ambiente, sobretensiones.

Tabla II. Valores de resistencia de aislamiento recomendados para instalaciones eléctricas.

INSTALACION	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (OHMS)
Para circuitos con conductores No. 14 o No. 12 AWG	1,000,000
Para circuitos con conductores No. 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

(Reproducción de la tabla 1.5 apéndice 1, NTIE, 1981)

1.1.2.2. Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos

La capacidad de los conductores se refiere a la máxima corriente eléctrica que puede soportar el conductor sin que este sufra daño alguno.

Se realizaron pruebas de medición de corriente con un amperímetro, para saber la corriente que circula por los conductores y determinar si no se sobrepasan los valores de corriente permitidos por cada conductor, lográndose establecer que por ellos no circula una corriente igual o mayor al establecido por normas NEC.

Para circuitos de iluminación se utilizan conductores No. 10 y No. 12

Para circuitos de fuerza cuyos tomacorrientes de uso general están definidos con una potencia de 180 VA se utilizan conductores No. 10 y No.12. Para circuitos de equipos como fotocopiadoras también se utilizan conductores con capacidad para 30 A. (N0. 10).

Tabla III. Capacidad de corriente de conductores de cobre aislado

Tipo de Aislamiento Temp. Máxima	THWN, T, TW, TWD, THHW, THW 60°	
Calibre AWG/MCM	En tubo	Al aire
14	15	20
12	20	25
10	30	40
8	50	55
6	65	95
4	85	125
2	115	170
1/0	150	230
2/0	175	265
3/0	200	310
4/0	230	360

Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos NEC, **Tabla de conductores**, 70-191

La sección ó calibre del conductor viene definida por dos tipos de escala: para los de menor sección por la nomenclatura AWG y para los de mayor sección por la magnitud de la sección.

La escala AWG consiste en definir el calibre del conductor por medio de un número que indica el número de veces que fue estirado un lingote de material para dar la sección requerida al conductor; de ahí que mientras mayor sea el número que da AWG para un conductor, más delgado sea el conductor. Los calibres utilizados en la instalación del edificio S-2 son: De los transformadores a la acometida No. 2/0, Del tablero general a sub-tablero No. 3/0

La sección de cada conductor se refiere al área transversal del conductor.

Tabla IV. Dimensiones de conductores THHN, THWN

Calibre AWG/MCM	Sección del cobre Pulgadas ²	Diámetro del conductor, pulgadas
14	0.0097	0.111
12	0.0133	0.13
10	0.0211	0.164
8	0.0366	0.216
6	0.507	0.254
4	0.0824	0.324
2	0.384	0.1158
1/0	0.486	0.1855
2/0	0.532	0.2223
3/0	0.584	0.2679
4/0	0.642	0.3237

Eduardo, Campero, **Instalaciones Eléctricas**, 103

1.1.3. Tuberías

Son los medios de canalización donde van alojados los conductores para su protección, existen varios tipos.

- Tubos de acero o conduit galvanizado
- Tubo de plástico
- Tubo de plástico flexible
- Canaletas o ductos cuadrados.

Todos estos tipos de ductos pueden fijarse en las paredes o techos, colocarse en trincheras o enterrarse directamente.

1.1.3.1 calibre de tuberías

Dentro del edificio se encontró diferentes calibres de tuberías, así como canaletas. En la acometida se encontró tubería conduit de 4 pulgadas de diámetro el cual es por norma de la EEGSA. Del tablero general hacia los tableros de distribución de cada nivel del edificio, la tubería existente es de 3 pulgadas de diámetro, conduit galvanizado. De cada uno de los tableros de distribución hacia los circuitos de iluminación y fuerza de los distintos ambientes se tiene conduit de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y 1 pulgada de diámetro. En los pasillos interiores del edificio se tiene canaleta de 4 × 3 pulgadas por lado, dentro de la cual están alojados los cables que van del tablero hacia los circuitos de los ambientes del edificio

Es importante mencionar que los conductores eléctricos a instalar dentro de tubería no metálica deben tener un aislamiento para 90⁰, pero la capacidad de conducción de los conductores para 60⁰ ó en su defecto aplicar los factores de corrección por temperatura en función de la capacidad.

Tabla V. Dimensiones de tubo conduit.

DIÁMETRO NOMINAL PULGADAS	DIÁMETRO INTERIOR ÚTIL. PULGADAS	ÁREA INTERIOR. PULGADAS
1/2	0.622	0.30
3/4	0.824	0.53
1	1.049	0.86
1 1/4	1.380	1.50
1 1/2	1.610	2.04
2	2.067	3.36
2 1/2	2.469	4.79
3	3.168	7.28
3 1/2	3.548	9.90
4	4.026	12.72
5	5.047	20.06
6	6.065	28.89

Enríquez, Harper, **manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales**

Tabla VI. Dimensiones de canaletas existentes (Largo 2.44mts.)

DIMENSIONES DUCTOS CUADRADOS. PULGADAS.	AREA EN PULGADAS ² 100%	AREA EN PULGADAS ² 40%
3 * 2	6	2.4
3 * 3	9	3.6
4 * 4	16	6.4
4 * 6	24	9.6
6 * 6	36	14.4
4 * 8	32	12.8
4 * 12	48	19.2

Enríquez, Harper, **manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales**

1.1.4. Protección

La protección eléctrica de un edificio se refiere al correcto funcionamiento de la instalación eléctrica del mismo, lográndose esto con un sistema coordinado de elementos, para evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar los posibles daños provocados por situaciones o fallas anormales así como aislar la zona donde aparezca la falla y lograr la continuidad del servicio en el resto de la instalación.

Para protección de edificios se tienen diferentes elementos que los protegen ya sea contra fallas provocadas por maniobras internas o contra fallas provocadas por el ambiente.

Dentro de las fallas provocadas por maniobra tenemos: sobre voltajes, cortocircuito, sobrecargas, altas temperaturas, operación en áreas peligrosas, uso inadecuado de la energía eléctrica, inversión de la secuencia de fases, cargas desequilibradas cuando se tiene un sistema trifásico.

Las características de una buena protección son. Rapidez y sensibilidad, confiabilidad, selectividad y economía.

1.1.4.1 Tipo de protección

Para la protección de edificios existen varios dispositivos de protección entre los cuales tenemos para cortocircuito y contra sobrecarga y los más comunes son: relevadores, fusibles e interruptores, así también es importante contar con dispositivos o elementos que puedan canalizar los voltajes o corrientes de alto peligro provocado por situaciones atmosféricas tales como pararrayos, y situaciones debido a maniobras internas en la instalación eléctrica.

Los fusibles son dispositivos de protección en instalaciones eléctricas el cual actúa, cuando por él circula una corriente que rebasa su límite de conducción, se puede considerar que el fusible funciona como sensor e interruptor.

El fusible se encuentra alojado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, que limitan el nivel de voltaje. La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por efecto joule.

El fusible se utiliza más comúnmente como medio de protección contra cortocircuito que contra sobrecarga, aunque también existen fusibles limitadores de corriente que también protegen contra sobrecarga. Los fusibles son más utilizados en tensiones de 2460 hasta 34000 V. por lo general son instalados en el lado primario de los transformadores de distribución. Para baja tensión se utilizan fusibles tipo tapón y tipo cartucho, el primero es para potencias de cortocircuito bajas, con corrientes nominales hasta 30A. el tipo cartucho para potencias de cortocircuito mayores y corrientes nominales de 30 a 400A.

Los interruptores termomagnéticos son dispositivos utilizados para conexión o desconexión de circuitos, así también protegen contra cortocircuitos y contra sobrecarga en instalaciones de hasta 600V. Está formado por terminales y una palanca para su accionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tienen una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacena la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía, y la fuerza del resorte separa los contactos.

La protección contra sobrecarga está constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como del tiempo de disparo que se mantenga, provoca el disparo que abre los contactos.

La protección con que cuenta el edificio es por medio de: un interruptor principal de 3×400 A. ubicado en el tablero general. Interruptores de 3×200 A. para los tableros de distribución ubicados en los niveles de cada edificio. Varilla de cobre enterrada cerca del tablero general, unida a la barra del neutro del tablero con cable calibre 1/0. Interruptores termomagnéticos ubicados en los tableros de distribución, son utilizados para proteger circuitos de iluminación y circuitos de fuerza. Estos interruptores son de valores de 15A, 20A, 30A, 40A y 50A.

1.1.4.2 Corriente Nominal

La corriente nominal, se refiere a la corriente que circulará por cada uno de los conductores o equipos conectados, a una red eléctrica en condiciones de plena carga. El valor de la corriente nominal en equipos viene dada por el fabricante.

Para calcular la corriente nominal en la acometida tenemos:

$$I_{\text{nominal circuito}} = \frac{\text{pot. banco de transformación}}{\sqrt{3} \times V_{\text{Línea-línea}}} \quad \text{para circuitos trifásicos.}$$

Para calcular la corriente nominal de los cables tenemos:

$$I_{\text{nominal cables}} = \frac{I_{\text{no min al del circuito}}}{\text{factores para cálculo de conductores}}$$

Entre los factores a tomar en cuenta tenemos el factor por temperatura, factor de servicio y factor por Norma NEC de 0.80 (un conductor no debe exceder el 80 % de su capacidad de conducción).

Para calcular la corriente nominal de los interruptores tenemos:

$$I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal circuito}}. \quad (1.1)$$

1.1.5 Tableros

El tablero o centro de carga es un gabinete metálico en el cual se encuentran los elementos necesarios para la distribución de energía a otros circuitos. Los tableros en instalaciones eléctricas se dividen en principal y secundario.

El centro de carga o tablero metálico se fabrica en distintos tamaños y formas, consta por lo general de barras para las fases (1, 2 ó 3) y una barra para el neutro. Las barras de fase poseen conexiones o terminales para recibir interruptores termomagnéticos de uno, dos o tres polos, para alimentar circuitos monofásicos, bifásicos o trifásicos. Es conveniente tener un interruptor principal para el control y protección de la alimentación del tablero, que puede ser colocado por separado o incluido en el arreglo de las barras.

1.1.5.1 Revisión visual

El tablero instalado en el edificio S-2 es un tablero principal trifásico, se encuentra ubicado en la entrada del edificio, el tablero no se encuentra empotrado ya que es del tipo autoportado, no recibe ningún tipo de mantenimiento, se encuentra deteriorado, pero funciona normalmente, aun conserva su aislamiento.

1.1.5.2 Toma de datos

Del tablero encontrado en el edificio S-2 se tomaron los siguientes datos:
Es un tablero trifásico con un interruptor principal y con capacidad para 6 interruptores derivados para los tableros de distribución.

Existe un tablero o gabinete de medición, en el cual se encuentran los CT's. que se utilizan para bajar el nivel de corriente, que luego es enviado al contador demandómetro para efectuar la medición de consumo del edificio.

La alimentación del tablero principal es por medio de conductores calibre No. 2/0 para las fases y calibre No. 3/0 para el neutro. Los conductores que van hacia los diferentes tableros de distribución es por medio de conductores calibre 3/0. En cada tablero de distribución se tienen los circuitos de iluminación y fuerza. Los tableros de distribución son trifásicos de 120 / 240 Voltios, de 42 polos, no se encuentran empotrados, cada circuito que salen va en tubería conduit de varios diámetros. Los calibres de los circuitos son No. 10, No.12, No.14 No.8 forrados, en el calibre No. 14 en circuitos de fuerza, el conductor no es forrado, de la barra del neutro se deriva un conductor que va conectado hacia tierra cuyo conductor es de calibre No. 8, el cual va unido en una varilla de cobre que es la que sirve de protección al tablero y los circuitos que de él salen.

Los circuitos se encuentran protegidos con interruptores termomagnéticos de 15A. 20, 30 40 y 50 A. Cada uno.

1.1.6 Transformadores

El transformador eléctrico es un equipo utilizado para variación de voltaje dependiendo del requerido por la instalación o el equipo a utilizar. En grandes instalaciones se necesitan diferentes niveles de voltaje el cual se obtiene instalando bancos de transformadores. El tipo de transformador a instalar depende de la carga a conectar y del lugar donde será utilizado.

Existen varios tipos de transformadores, dependiendo del nivel de voltaje y carga requerido.

Tipo convencional de poste: consta de núcleo y bobinas montados, de manera segura, en un tanque cargado con aceite; llevan hacia fuera las terminales necesarias que pasan a través de bujes apropiados.

Transformador autoprotegido: tiene un cortocircuito secundario de protección de sobrecarga y cortocircuito. El cortocircuito opera una lámpara de señal cuando se llega a una temperatura de devanado predeterminada a manera de advertencia antes del disparo. Cuando se necesita tener un banco de transformadores se puede hacer por medio de 3 transformadores monofásicos de igual relación de transformación. Los primarios se conectan a la red trifásica de donde toman la energía y los secundarios alimentan el sistema trifásico de utilización, ó por una unidad trifásica de transformación.

Autotransformador: este tipo de transformador presenta derivaciones o taps para variar el voltaje dependiendo de si la carga disminuye o se incrementa. Existen diferentes conexiones de transformadores monofásicos dependiendo del nivel de voltaje requerido y carga instalada.

1.1.6.1 Toma de datos nominales

Los datos nominales son los que presenta el transformador en su placa de datos. Los transformadores utilizados en el edificio S-2 presentan las siguientes características:

Transformador de distribución tipo convencional de poste

Capacidad de 25 KVA

Voltaje nominal primario de 13.2 KV

Voltaje Nominal del secundario 120 /240 V

Temperatura ambiente promedio diaria 40°

Impedancia (%) 2 %

Frecuencia de 60 Hz.

1.1.6.2 Determinación del tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil de un transformador viene dado por el fabricante, sin embargo existen otros factores como: lugar de ubicación de los transformadores, mantenimiento, carga al que esta sometido, hacen que un transformador se deteriore y deje de funcionar antes o después del tiempo que el fabricante señale.

1.2 Análisis de redes

El análisis de redes es el medio por el cual se hacen estudios, para medición de parámetros eléctricos que determinan la calidad de servicio de energía, la cual podemos definir como una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones en el voltaje RMS suministrado.

1.2.1 Descripción del equipo

El equipo de medición utilizado es de marca Power Logic. Tiene una entrada de voltaje 120V. la capacidad de memoria es para 7 días consecutivos de lectura, para mediciones se programa el equipo dependiendo del nivel de tensión y sistema de conexión de la instalación eléctrica.

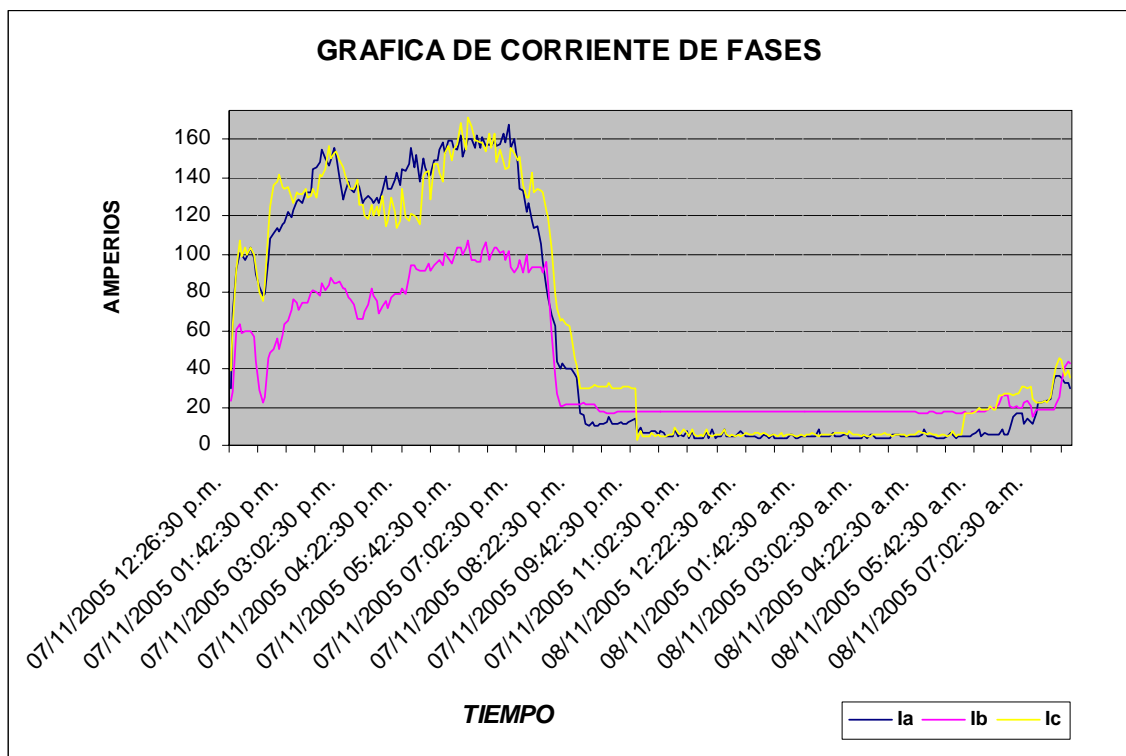
1.2.2 Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos son las variables producidos por la interacción de campos eléctricos y magnéticos, con los cuales se puede obtener características relevantes sobre el comportamiento de estos en una red eléctrica.

1.2.2.1 Corriente

Parámetro que indica el consumo que existe dentro de cada fase de una red eléctrica en determinado tiempo. Para comprender el comportamiento de la corriente consumida por la carga del edificio analizaremos la siguiente gráfica.

Figura 1. Gráfica corriente de fases - tiempo



De la anterior gráfica obtenemos que el flujo de corriente en cada fase, sea distinto en determinados horarios, esto es lógico si se toma en cuenta que el edificio es utilizado básicamente para impartir clases, y por lo general en los tres niveles no se utiliza la misma cantidad de salones para impartirlas. Se observa que el mayor consumo ocurre en horario de la tarde y noche que es cuando se imparten las clases, luego de estas el consumo baja ya que es desconectada casi en su totalidad la iluminación que representan la mayoría de carga conectada. La corriente promedio es de 56.8 para la Ia, 42.5 para la Ib y 60.4 para la Ic correspondiente a cada uno de los niveles del edificio.

1.2.2.2 Voltaje

La medición de voltaje nos permite conocer las fluctuaciones que se presentan en cada fase, cada fluctuación consiste en una disminución momentánea en la magnitud del voltaje RMS con una duración que va desde 10 ms. (0.6 ciclos) hasta 2.5 seg. (150 ciclos) causado por una falla en algún lugar del sistema. Las condiciones de alto o bajo voltaje pueden representarse en circuitos durante la desconexión de cargas de gran tamaño o durante períodos de sobrecargas respectivamente. Una depresión severa se define como aquella menor que el 85% de la tensión nominal. Si estas condiciones se presentan con frecuencia o durante períodos prolongados pueden dar lugar a envejecimiento de componentes electrónicos en sistemas digitales y errores durante el almacenamiento o lectura de información, su presencia puede algunas veces detectarse visualmente al presentarse parpadeo o disminución del nivel de iluminación en lámparas o reducción del área de despliegue en monitores de televisión o computadoras.

Figura 2. Gráfica voltaje de fases – tiempo

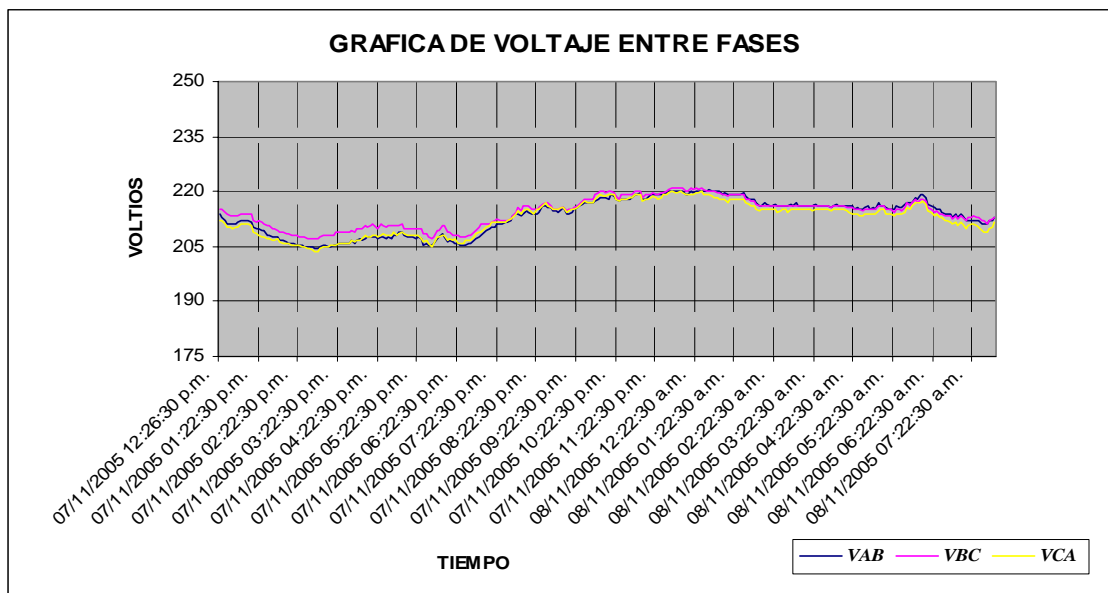
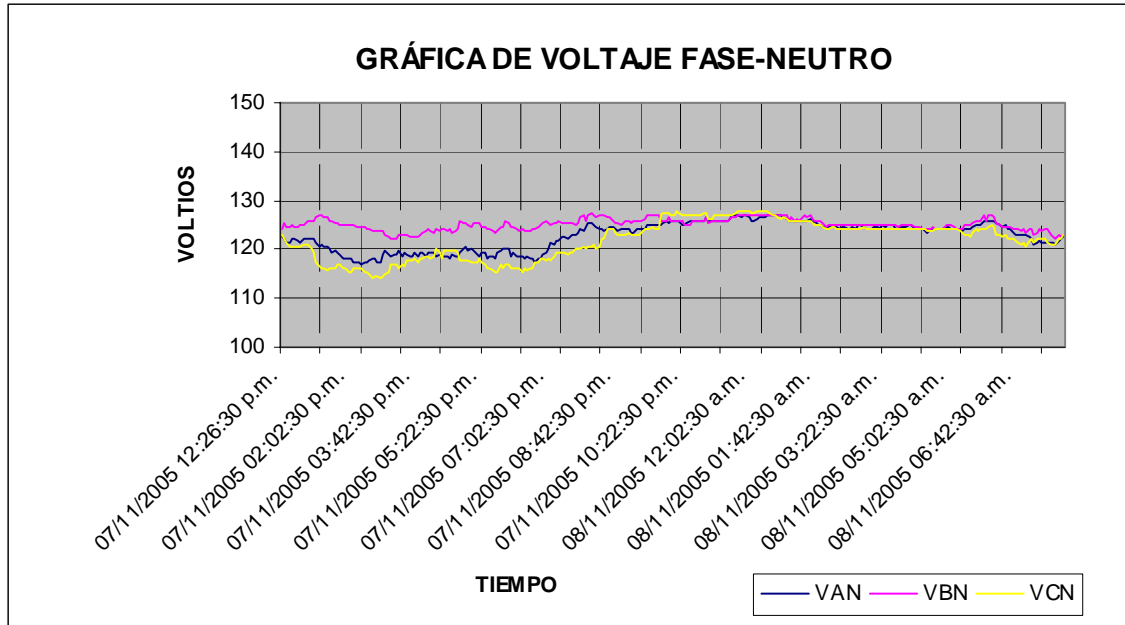


Figura 3. Gráfica voltaje de fases - neutro



De la primera gráfica de voltaje se observa que el valor del voltaje entre líneas se mantiene con poca variación entre ellas, con respecto al voltaje nominal el cual es de 208 V. el promedio que se tienen entre fases es de 213.2 V entre la fase AB, 213.2 V, entre la fase BC y 214.2 V entre la fase CA.

Según las normas técnicas del servicio de distribución N.T.S.D. la tolerancia admisible respecto del valor nominal en porcentaje para baja tensión, en servicio urbano en la etapa de transición es del 12% y en la etapa de régimen es de 10 %. El porcentaje de variación del voltaje promedio con respecto al voltaje nominal entre fases es de 2.5%, 2.9% y 2.2% para las fases AB, BC y CA respectivamente.

De la gráfica de voltaje – neutro, se tiene un valor promedio entre cada fase y neutro de 122.8V, 125.1V y 121.8V con variaciones de 2.3%, 4.25% y 1.5% para VAN, VBN, y VCN con respecto al valor nominal de 120V.

1.2.2.3 Factor de potencia

El factor de potencia es la relación de la potencia real o activa entre la potencia aparente. La potencia real es expresada en Watts (W); el valor aparente se expresa en voltio amperes (VA). La potencia aparente es calculada simplemente multiplicando la corriente por el voltaje.

$$\text{f.p.} = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} \quad (1.2)$$

Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales y ϕ es el ángulo de desfase entre ellos, el coseno ϕ es el factor de potencia (f.p) entonces el f.p. depende del desfase entre el voltaje y la corriente, que a su vez depende de la carga conectada al circuito.

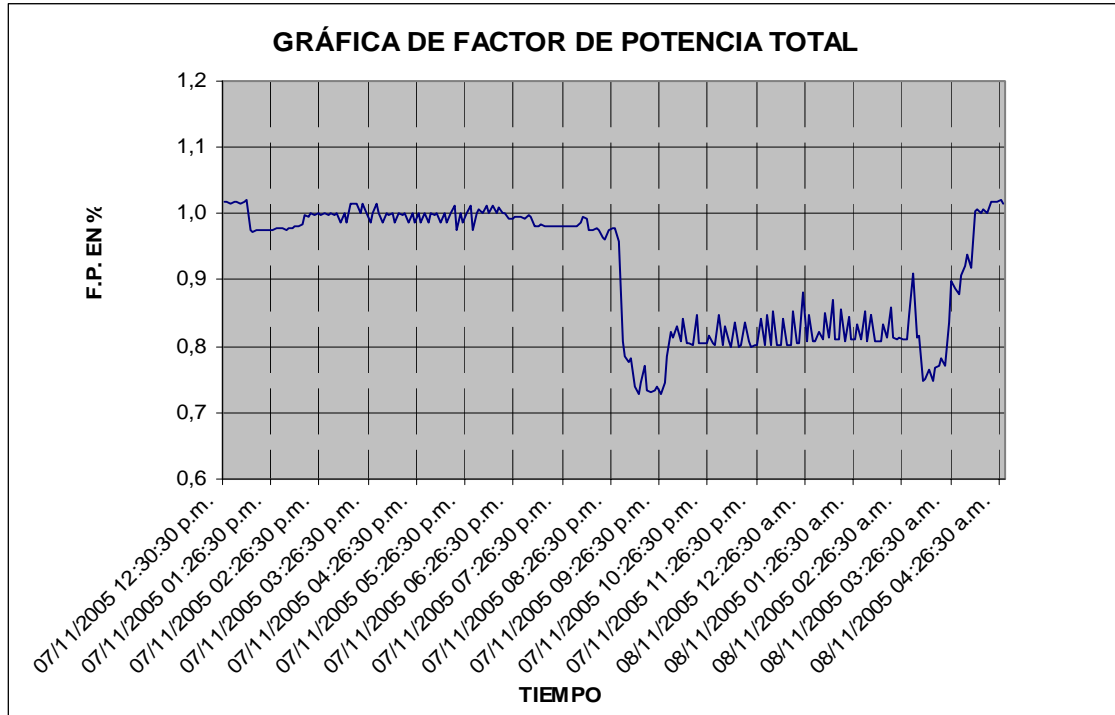
La carga de una instalación está constituida principalmente por equipos eléctricos fabricados a base de bobinas (inductancias). Por esta razón es normal que predomine la carga inductiva sobre la cargacapacitiva.

Una carga de tipo inductiva ocasiona que la corriente este atrasada con respecto al voltaje en cierto ángulo, por lo cual se dice f.p. en atraso.

En cargas puramente resistivas no hay diferencia de fases entre ambas ondas; por lo tanto el factor de potencia en las cargas será de 0 grados o la unidad.

En cargas capacitivas la corriente antecede al voltaje en cierto ángulo, por lo que se dice f.p. en adelanto. Cuando se tiene un factor de potencia bajo, la corriente total que circula por la líneas será mayor que cuando se tiene un factor de potencia cercano a la unidad, por lo tanto un f.p bajo provoca que se incremente las pérdidas por efecto Joule (caloríficas) en las líneas ya que crecen con el cuadrado de la corriente. ($R \times I^2$).

Figura 4. Gráfica factor de Potencia Total-Tiempo



La gráfica del f.p. demuestra lo dicho en la caracterización de cargas, donde se mencionó, que el edificio está constituido básicamente de cargas inductivas, lo cual provoca un f.p. en atraso, se observa también que existe un período de tiempo donde el f.p. se mantiene casi constante y cerca de la unidad, esto se da cuando se tiene una demanda máxima. Cuando no se tiene mucho consumo el valor del f.p. decae en la gráfica. Existen ciertos instantes donde el f.p. es de 1 y se da cuando hay cambios de carga que son puramente resistivos como bombillas de incandescencia.

Dentro del período de medición se obtuvieron valores de f.p. en adelanto, estos en la gráfica, se encuentran arriba del valor de 1 para identificar los instantes cuando se produjeron, estos cambios se dan por breves períodos, y son provocados al conectar cargas no lineales entre fase y fase ó fase a neutro. Se tiene un promedio de 0.909 de f.p. y según la NTSD el valor Mínimo de f.p. para usuarios con potencias superiores a 11 KW es de 0.90, con lo cual se está dentro del límite aceptado.

1.2.2.4 Potencia

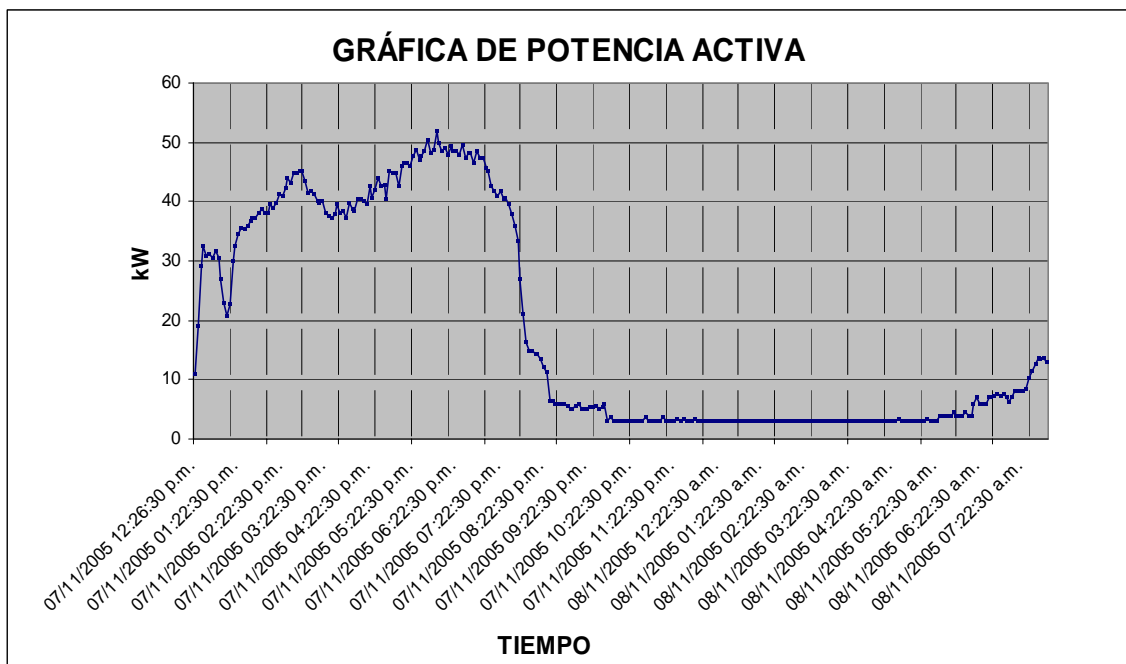
1.2.2.4.1 Potencia activa

La potencia activa es la que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica en otra forma de energía (calor ó trabajo), y es la potencia neta que consume una carga durante un período de tiempo, está dada en Watts o kWatts. También se le llama Potencia Promedio o Real y está definida como $P = VI \times \cos\Theta$. (Watts). (1.3)

Esta potencia se disipa en forma de calor en la red o sistema.

En la siguiente gráfica se observará el consumo que se tiene de la potencia activa, en un período aproximado de 24 horas, y como este varía durante este lapso de tiempo, de esta gráfica se puede determinar, que tan factible es la incorporación del edificio S-2 al Mercado Mayorista como un gran usuario.

Figura 5. Gráfica de Potencia Activa total.

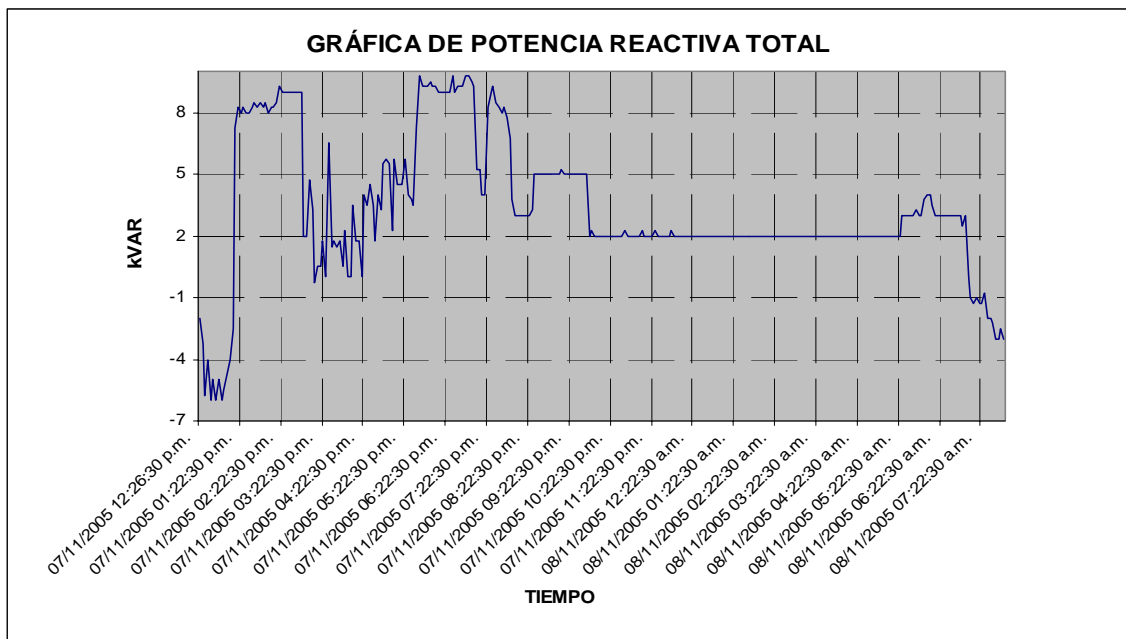


La gráfica nos demuestra que en los horarios de la tarde y noche, es cuando se presenta el mayor consumo, debido a que la iluminación es conectada en su totalidad y representa un alto porcentaje de la carga instalada en el edificio. ésta gráfica tiene un comportamiento igual a la gráfica de corriente, y es debido a que para obtener la potencia, se necesita un valor de corriente en el mismo instante de tiempo y la relación potencia-corriente es proporcional.

1.2.2.4.2 Potencia reactiva

Es la potencia que se encuentra en los elementos reactivos de un sistema, y se define como: $Q = VI \times \text{sen}\Theta$. (VAr). Esta potencia reactiva (capacitiva o inductiva) multiplicada por la unidad de tiempo produce la energía reactiva, esta energía cuando se tiene una fuente de corriente alterna, pasa de la fuente al capacitor (o inductor) en el primer cuarto de ciclo y regresa a la fuente en el siguiente.

Figura 6. Gráfica de potencia Reactiva Total - Tiempo

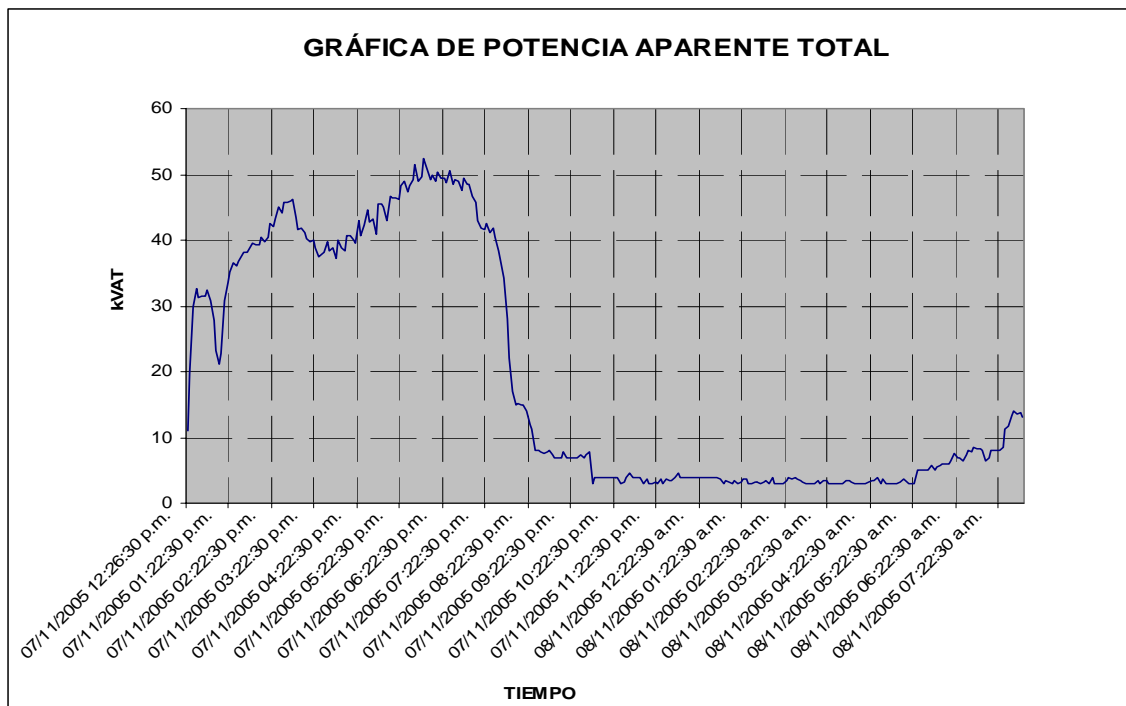


Podemos notar en la gráfica que existen valores negativos y positivos de potencia reactiva, esto se debe a que tenemos dentro de la instalación elementos reactivos (inductivos o capacitivos) que provocan este comportamiento, sin embargo es preciso notar que en la mayoría de tiempo cuando se tiene cierta carga inductiva conectada los valores de potencia reactiva son positivos, y cuando ésta se desconecta y entra a funcionar mas carga capacitiva se provoca este efecto.

1.2.2.4.3 Potencia Aparente

Es la potencia proporcionada a una carga sin considerar los efectos del ángulo del factor de potencia de la carga. Está determinado solamente por el producto del voltaje Terminal y la corriente de la carga. Se le denomina $S = V \times I$ (VA). Esta potencia es la que se utiliza para calcular las secciones de los conductores y los demás elementos de una instalación.

Figura 7. Gráfica de potencia Aparente total



En esta gráfica se demuestra nuevamente que el mayor consumo ocurre en los períodos de clases, ya que esta potencia esta asociada a los parámetros de tensión y corriente terminales de la carga, sin tomar el ángulo del f.p, y como el voltaje es constante en las líneas, esta potencia depende de la corriente consumida por la carga en estos horarios.

1.2.2.5 Factor K

El factor K indica la severidad o nivel de la distorsión armónica de corriente, este factor se aplica en transformadores tipo K, los cuales son diseñados para operar con cargas no lineales.

Un transformador tipo K, se utiliza como una medida correctiva de la distorsión armónica, puede ocupar 130% a 140% de espacio y pesar 115% de un transformador estándar.

1.2.2.6 Análisis de Armónicos

Armónicas significa que la forma de onda de la tensión o corriente no es una senoidal pura. Esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz. Las armónicas se manifiestan en forma de distorsiones diversas de la forma de onda del voltaje en la red de distribución.

Entre las cargas o fuentes emisoras de corrientes armónicas en oficinas y edificios comerciales tenemos:

- Alumbrado fluorescente, el cual produce niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente.
- Equipos electrónicos de telecomunicaciones,.
- Controladores de procesos industriales.

- Equipos de seguridad.
- Computadoras.
- equipo que contengan elementos de estado sólido como el diodo, transistores, varistores etc.

Los efectos provocados por corrientes armónicas, dependen de la intensidad relativa de las fuentes emisoras los cuales son:

- Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición.
- Interferencias en sistemas de telecomunicación y telemando.
- Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores etc.) y el cableado de potencia, con la disminución consecuente de la vida media en los mismos e incremento considerable de energía en forma de calor.
- Reducción del factor de potencia total de la instalación

Las medidas correctivas que se aplican para resolver o minimizar este tipo de problemas son básicamente tres tipos:

- Bloquear el paso de las corrientes armónicas hacia equipos especialmente sensibles, quedando estos protegidos de la influencia de las mismas, aunque estas corrientes armónicas sigan circulando por el resto de la red.
- Bloquear y/o absorber las corrientes armónicas, confinándolas a circular por zonas limitadas de la red, preferentemente circunscritas a los focos emisores de las mismas.
- Sobredimensionar, recurriendo incluso hasta diseños especiales, los equipos y conductores sometidos al flujo de corrientes armónicas, con objeto de minimizar los efectos nocivos provocados en los mismos.

Para aplicar las anteriores medidas correctivas se utiliza:

- Filtros de choque: con estos se protegen los capacitores, se evitan resonancias y se corrige el factor de potencia a frecuencia fundamental.
- Filtros de absorción.
- Reactores de choque: utilizado para protección de instalaciones de variadores de frecuencia.
- Compensadores estáticos: El uso del compensador estático permite proteger a los capacitores, evitar resonancias, eliminar armónicas del sistema, controlar el flicker, regular el nivel de tensión en el punto de conexión al sistema y corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental.
- Bloque con transformadores zig-zag: proporciona un bloqueo muy eficaz de armónicas de secuencia cero, ya que el devanado en zig-zag produce el mismo desplazamiento angular que un devanado en delta, proporcionando, además, un hilo de neutro para cargas monofásicas. Se usa también para proteger UPS's que alimentan a computadoras.
- Uso del transformador tipo K: los transformadores tipo K están diseñados y probados para operar con cargas no lineales, el factor K es el nivel de distorsión que el transformador puede soportar.

1.2.2.6.1 Distorsión armónica THDV y THDI

El nivel de distorsión está directamente relacionado a las frecuencias y amplitudes de las corrientes armónicas. La contribución de todas las frecuencias armónicas de corrientes a la corriente fundamental es conocida como distorsión armónica total (THD). El THD es expresado como un porcentaje de la corriente fundamental.

El THD es calculado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todos los armónicos divididos por la señal fundamental (50 o 60 Hz)

$$\text{THD (V)} = \frac{\sqrt{\sum V^2 h}}{V_1} * 100 (\%) \quad (1.4)$$

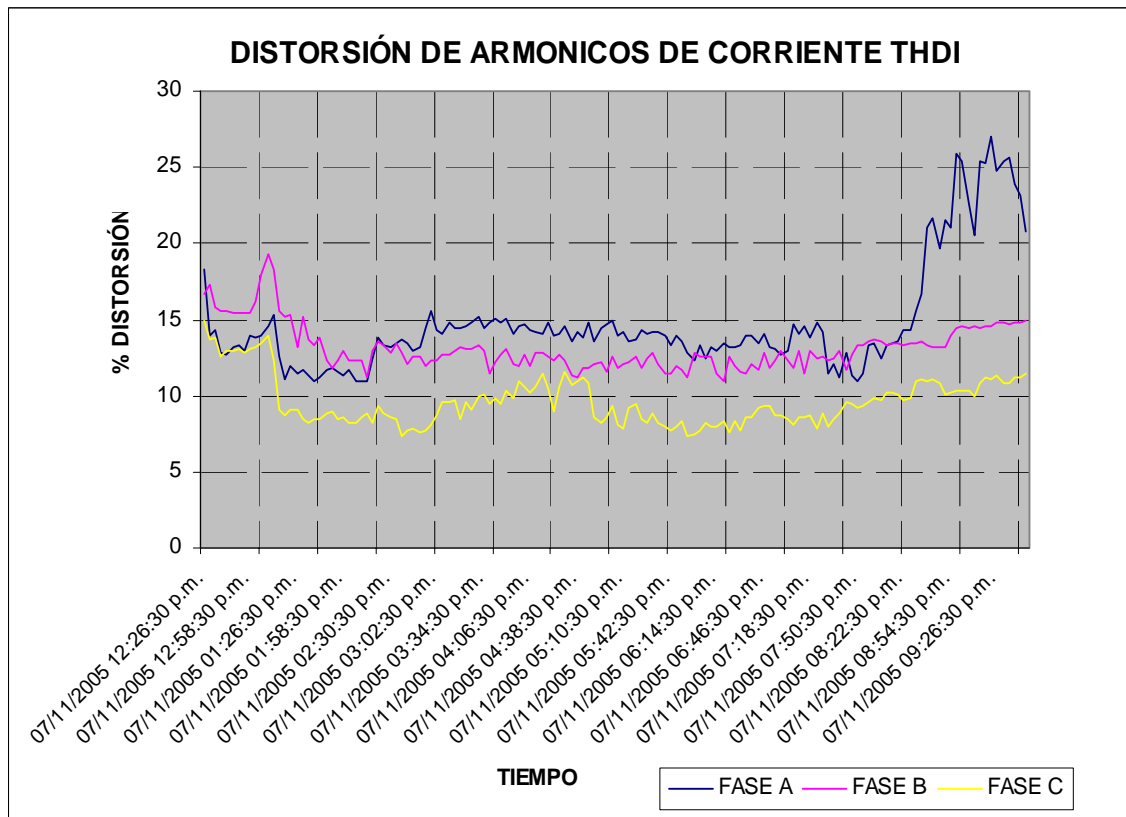
$$\text{THD (I)} = \frac{\sqrt{\sum I^2 h}}{I_1} * 100 (\%) \quad (1.5)$$

$$h = 2, 3, 4, 5 \dots$$

Para un valor menor al 20% de THDI se considera aceptable.

Para un valor menor al 5% de THDV se considera aceptable.

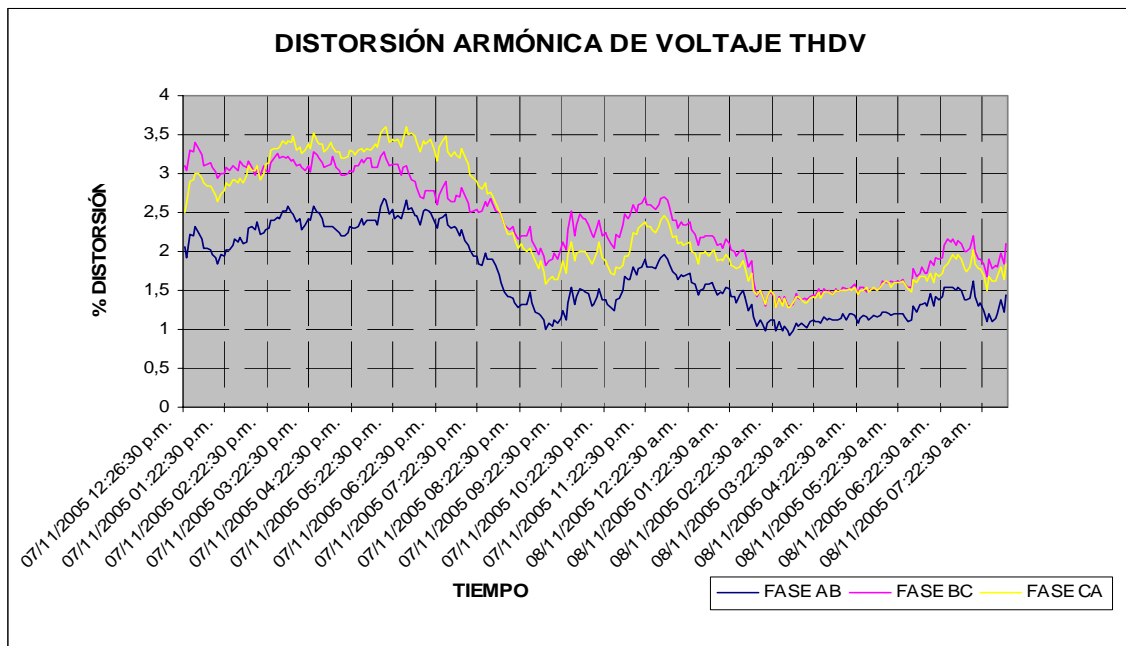
Figura 8. Gráfica de distorsión de armónicos de corriente - Tiempo



La distorsión de corriente provocado por armónicos tiene un promedio de 14.7%, 13.1%, y 9.6% de las fases A, B y C, se aprecia que existen picos de distorsión en el horario de la noche en la fase A la cual corresponde al primer nivel del edificio, y se debe a que en este nivel, se tiene cargas tales como computadoras y UPS's utilizado para la protección de las mismas.

Según las Normas Técnicas del Servicio de Distribución establece que la distorsión armónica total de corriente cuando la potencia es mayor a 10 KW, para un voltaje entre 1KV y 60 KV será de 20%, con lo cual la distorsión provocada en el edificio es menor que establecido por la NTSD.

Figura 9. Gráfica de distorsión armónica de voltaje -Tiempo



La distorsión de voltaje que se produce en las fases tiene un promedio de 1.7 %, 2.35 % y 2.3%, para las fases AB, BC y CA respectivamente, que nos indica una distorsión menor al 5% permitida por normas técnicas.

1.2.2.7 Desbalances

El desbalance se da cuando la carga conectada a cada fase en un sistema trifásico no es igual, lo cual provoca que el flujo de corriente que circula en las fases sea distinto y los conductores tiendan a sufrir sobrecalentamiento.

1.3 Red de tierras

Un sistema de puesta a tierra es el conjunto de: conductores, electrodos (varillas), conectores, etc., que permiten la circulación y disipación de las corrientes de tierra, tenga esta cualquiera de los orígenes posibles.

Las finalidades para los cuales es diseñado y construido un sistema de puesta a tierra son.

- Garantizar baja resistencia de enterramiento.

- Garantizar conducción a tierra de: cargas estáticas o inducidas, descargas atmosféricas ó corrientes de cortocircuito

- garantizar niveles de potencial seguros entre las estructuras metálicas de los equipos accidentalmente energizados y la tierra propiamente dicha. Para seguridad de las personas que puedan tocar estas estructuras.

- Garantizar adecuado funcionamiento de los equipos de protección asociados a los sistemas, para aislar rápidamente las fallas que puedan presentarse en la operación.

- Disipar eficientemente la energía de los diferentes tipos de eventos en los cuales debe Operar.

El sistema de tierra de una instalación se diseña en función de: Nivel de voltaje, la corriente de cortocircuito, superficie que ocupa la instalación, Resistencia a tierra.

1.3.1 Condición actual

El edificio S-2 actualmente cuenta con varillas de protección enterradas, dichas varillas van conectados del neutro del transformador al suelo con un conductor calibre No. 1/0 así también varillas conectadas al tablero de distribución por conductores calibre No. 1/0. Los equipos de computación no se encuentran protegidos con ningún tipo de red de tierras.

1.4 Pararrayos

Son elementos de protección contra descargas atmosféricas que se producen por la presencia de nubes, que debido a la fricción del aire con pequeñas gotas de agua se cargan negativamente. Un sistema de pararrayos consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger. Se conectan entre sí y al sistema de tierras. Existen varios tipos de pararrayos entre ellos tenemos.

Pararrayos de alta tensión impulsiva. La presencia de un penacho eléctrico, en la cúspide de una punta, de signo contrario a la masa nubosa debajo de la cual está colocada, favorece el paso de las descargas eléctricas y, por consiguiente, la captación de los rayos. Un sistema de tensión impulsiva genera impulsos eléctricos adecuados para poder crear penachos en su cúspide. La zona de frecuencia escogida para estos impulsos permite la supresión del fenómeno de cargas de espacio, conservando al camino ionizado sus propiedades de avance preferencial de energía atmosférica del campo eléctrico ambiental que existe en el momento de la tormenta.

El pararrayos capta y transforma esta energía en impulsos de alta tensión, de amplitud y frecuencias determinadas.

Pararrayos piezoeléctricos o ionizantes: el principio del pararrayos piezoeléctrico se basa en varios factores: el reforzamiento del campo eléctrico local, la excitación e iniciación del efecto corona y las condiciones favorables para el desarrollo de dicho efecto.

1.4.1 Condición actual

No se cuenta con sistemas o red de pararrayos para protección del edificio S-2, esto debido a que dicha protección no es tan indispensable, ya que la región de la ciudad capital no es zona de frecuentes tormentas eléctricas, que podrían afectar severamente la instalación eléctrica del mismo.

1.4.2 Cálculo de pararrayos

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, dado que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres o esquinas de estructuras o edificios. Según el “Lightning Protection Code” (NFPA), 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.

La NFPA establece un método de construcción de sistemas de pararrayos en edificios, consistente en lo siguiente:

- Las barras puntiagudas deben estar conectadas, al menos, a dos conductores que vayan a la tierra en direcciones opuestas y con las trayectorias más cortas posibles.

- Las curvaturas de los conductores deben ser lo más amplias posibles y nunca formar ángulos menores a 90° . Deben estar colocados en el lado exterior de los muros y protegidos contra daños metálicos (entubados) en zonas de tránsito.
- Los cables conductores y de interconexión no deben ser menores al calibre número 2 AWG.
- Las varillas que sirven como terminal puntiaguda deben tener una altura mínima de 0.6 metros y la misma sección neta especificada para los cables.
- En edificios con azoteas planas las terminales puntiagudas deben colocarse en todas las esquinas y sobre las orillas con una separación máxima de 7.5 metros. En el interior de la azotea la separación puede ser hasta de 15 metros.
- El material de las varillas y de todos los elementos del sistema debe estar protegido contra la oxidación y el envejecimiento.

1.5 Iluminación

Para iluminación de edificios existen diferentes tipos de luminarias a usar, dependiendo del ambiente que se tenga para alumbrado, por lo general son utilizadas lámparas fluorescentes de tipo industrial, tipo listón, tipo empotrable en cielo falso tipo superficial, tipo baño, lámparas de emergencia y de otros tipos. Cada forma de lámpara viene en varias medidas y pueden ser de tipo instantáneo o encendido rápido.

En un sistema de iluminación se necesita obtener un rendimiento óptimo y una comodidad visual, tomando en consideración limitaciones que pueda presentar el proyecto. Cuando se define el alumbrado de interiores se hace de acuerdo a las necesidades de luz que se desea obtener y esto depende, de las tareas a realizar dentro de cada ambiente.

Cuando definimos el nivel de iluminación, se estudia la colocación de las luminarias de tal manera que se puedan reducir sombras que afecten la visualización del trabajo a realizar dentro del lugar.

1.5.1 Revisión visual

En el edificio S-2 se determinó que las luminarias instaladas en cada salón de clases, están de acuerdo a las dimensiones de estos, así también se estableció que debido al poco mantenimiento que se le da a las lámparas, la luz que de estas emana es bastante opaca o tenue, otro factor que influye en este fenómeno es la degradación que sufren las luminarias, es importante mencionar que dentro del edificio como fuera de él, en los pasillos específicamente hay muchas lámparas que no funcionan y de las que si funcionan un alto porcentaje de ellas no proporcionan la iluminación deseada.

1.5.2 Medición de luminiscencia

Los niveles de iluminación son aceptables de acuerdo con los recomendados por ICI para diversos interiores y tareas.

Tabla VII. Niveles de iluminación para determinados ambientes

AMBIENTES	NIVEL DE ILUMINACIÓN /LUXES
Oficinas normales y salas de procesos de datos	500
Salas de dibujo	750
Salas de conferencias	500
Salones de clase y auditorios	300
Laboratorios /Bibliotecas	500
Escaleras	100

Eduardo, Campero, **Instalaciones Eléctrica**, 49

Las mediciones realizadas en diferentes salones de clases por medio de un luxómetro, nos da ciertos valores de intensidad luminosa.

Para salones con un área de 121 mts^2 , con 16 lámparas dobles de 2×40 Watts se obtuvo 260 luxes.

Para salones de 81 mts^2 , con 12 lámparas de 2×40 Watts un flujo luminoso de 250 luxes. Para salones con área de 100 mts^2 , con 12 lámparas dobles de 2×40 Watts se obtuvo 240 luxes. En el área de gradas en los distintos niveles se obtuvo un promedio de 100 luxes. Para salones con áreas de mayores a 150 mts^2 , y 24 lámparas dobles de 2×40 Watts se tiene un promedio de 300 luxes. Para el área de los baños se tiene 200 luxes. La altura de los salones del edificio es de 3 mts. La altura promedio del área de trabajo de 0.80 mts.

1.5.3. Características de las luminarias

Dentro del edificio se tiene luminarias con características similares, contando básicamente con lámparas fluorescentes de diferentes tamaños.

Lámparas fluorescentes, con tubos de $2 \times 40 \text{ W}$. para los salones de clases, las cuales tienen una pantalla (reflector) fácil de desmontar, para su limpieza y mantenimiento, son diseñadas para montaje individual, en filas continuas, se encuentra atornillada al cielo de los salones de clase, este tipo de lámparas sus partes son de acero, con tratamiento de fosfatizado antes de ser pintada con esmalte blanco, esta equipada con balastro es de encendido rápido, así también la pantalla de las lámparas es de alto factor de reflexión. La mayoría de lámparas se encuentran con suciedad en los tubos y en el reflector.

Lámparas fluorescentes tipo empotrable en losa con tubos de 4×20 W. para los pasillos exteriores del edificio, este tipo de lámpara es diseñada para montaje empotrada en losa de concreto, posee un marco en los costados para dar un acabado agradable a la vista, sin embargo esta se encuentran muy dañadas, tienen bisagras invisibles, lo que facilita su limpieza y mantenimiento, este tipo de lámparas tiene variadas aplicaciones como: comercios, oficinas, hoteles, aulas, iluminación en general.

Todas las partes metálicas son de acero, está equipada con balastro de alto factor de potencia y bajo nivel de ruido, en encendido rápido, el difusor acrílico que garantiza años de servicio sin deterioro, este tipo de lámparas se encuentran sin ningún tipo de mantenimiento, la gran mayoría no tienen tubos ni los difusores de protección, las pocas unidades que aún funcionan su luz es muy opaca y se mantienen encendidas todo el tiempo.

Lámparas de emergencia en la parte de las gradas del segundo y tercer nivel, son utilizadas falla el servicio de energía. Completamente integrada, diseños compactos, ideales para espacios reducidos y de gran rendimiento. Fácil de instalar en cualquier lugar. La aplicación para montaje individual en: oficinas, pasillos, hoteles, industrias, comercios, hospitales, sanatorios, clínicas, residencias.

Las partes metálicas son de acero, cargador del tipo SCR, para mantener un voltaje constante. Relé de alta capacidad para una transferencia automática. Equipada con batería seca de Plomo/Cadmio que no requiere mantenimiento, o con batería de Plomo/Ácido para mayor potencia. Reflectores resistentes y de alta lumínica, medio de desconexión para evitar una descarga completa de la batería.

Las unidades colocadas dentro del edificio se encuentran en buen funcionamiento, se encuentran limpias y en lugares adecuados para su servicio.

1.5.4 Textura y colores del ambiente

Cada ambiente dentro del edificio S-2 tiene paredes de ladrillo pintadas de color amarillo claro, el techo es de losa color gris claro, el piso es de granito color gris medio, las paredes tienen un zócalo de 1 metro en color corinto claro, la zona de trabajo es de aproximadamente 0.80 cms. del nivel del suelo.

1.5.5 Área de parqueo

En los alrededores del edificio S-2 no se cuenta con área de parqueo. Si existe iluminación proporcionada por los postes de alumbrado público, la cual es inapropiada ya que las lámparas se encuentran muy distantes unas de otras.

1.6 Instalaciones especiales

Por instalaciones especiales nos referimos a equipo sensible conectado al tablero de distribución, que requiere ya sea de protección especial ó algún tipo de conexión específica para determinadas funciones que realice, dentro del edificio no se cuenta con ningún equipo especial más que el equipo electrónico de computadora e impresora con que cuentan las oficinas que allí funcionan.

En el tablero principal o general se tiene equipo de medición sensible que son transformadores de corrientes o CT's, los cuales disminuyen el nivel de corriente los cuales pueden ser medidos por un demandómetro para determinar el consumo que se tiene dentro del edificio, a este equipo solo tiene acceso personal de la empresa distribuidora.

1.6.1 Equipo electrónico y sensible

En las oficinas que funcionan dentro del edificio S-2 el equipo electrónico sensible con que se cuenta son computadoras e impresoras las cuales están conectadas a un circuito de fuerza del tablero general. Así también en el primer nivel del edificio se cuenta con fotocopiadoras las cuales tienen un circuito totalmente independiente de la alimentación del edificio, este equipo esta alimentado desde un poste en la parte exterior del mismo con un voltaje de 120 / 240 V. 3 hilos el cual va hacia un tablero de distribución . En el segundo y tercer nivel del edificio se cuenta con fotocopiadoras las que están conectadas a circuitos de los tableros de distribución de la red eléctrica del edificio.

2. DIAGRAMAS UNIFILARES

Los diagramas unifilares son la representación en forma simbólica y por medio de una sola línea todo el equipo y elementos que forman parte de las redes de distribución de energía eléctrica de una instalación. Por medio de un diagrama unifilar se determina de una mejor forma los elementos que integran las instalaciones.

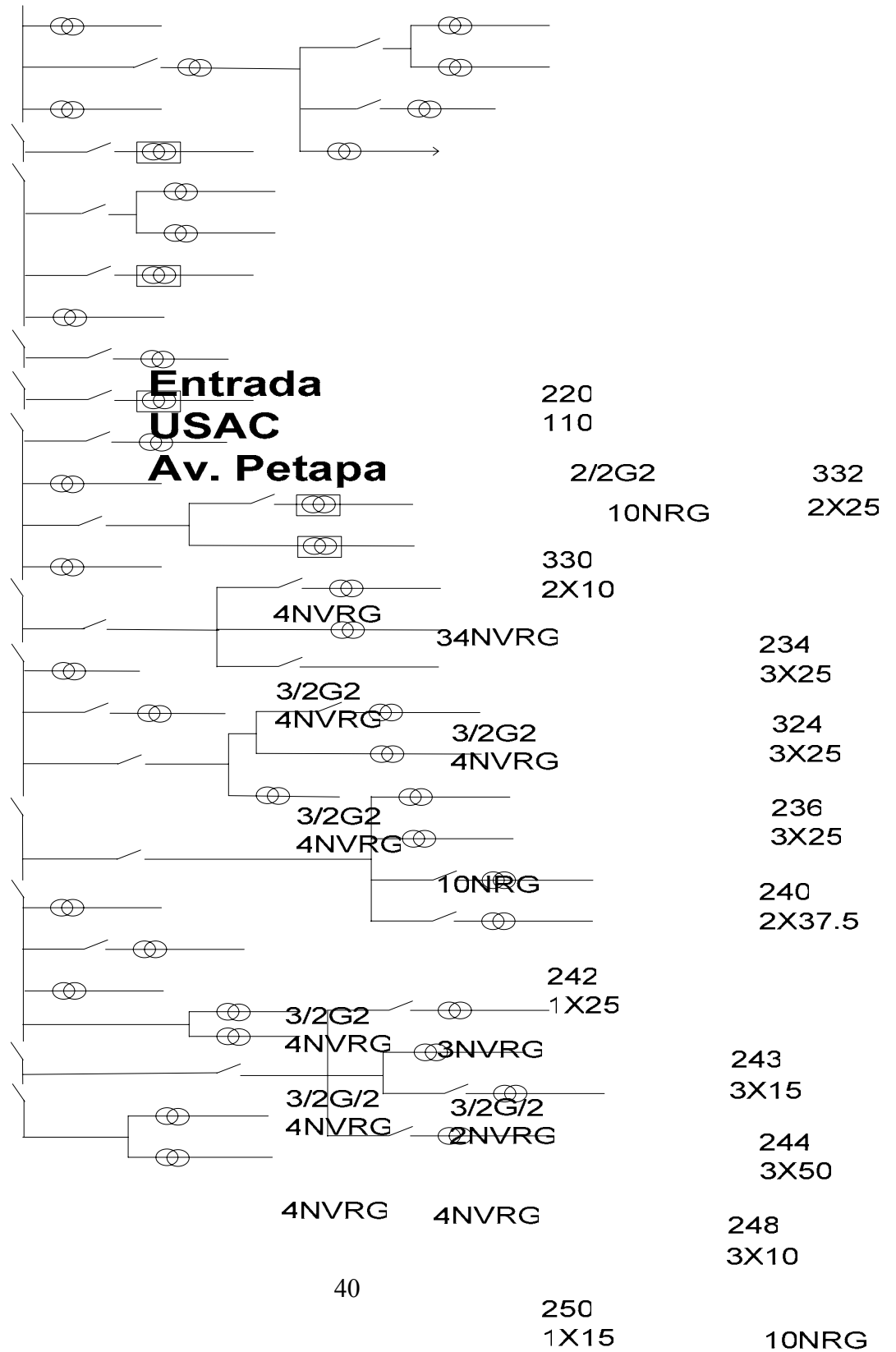
El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga del lugar, con proyección a un futuro de mediano plazo.

2.1 Diagrama unifilar de la red eléctrica general

Por medio de este diagrama determinamos la red general que alimenta a toda la Universidad de San Carlos.

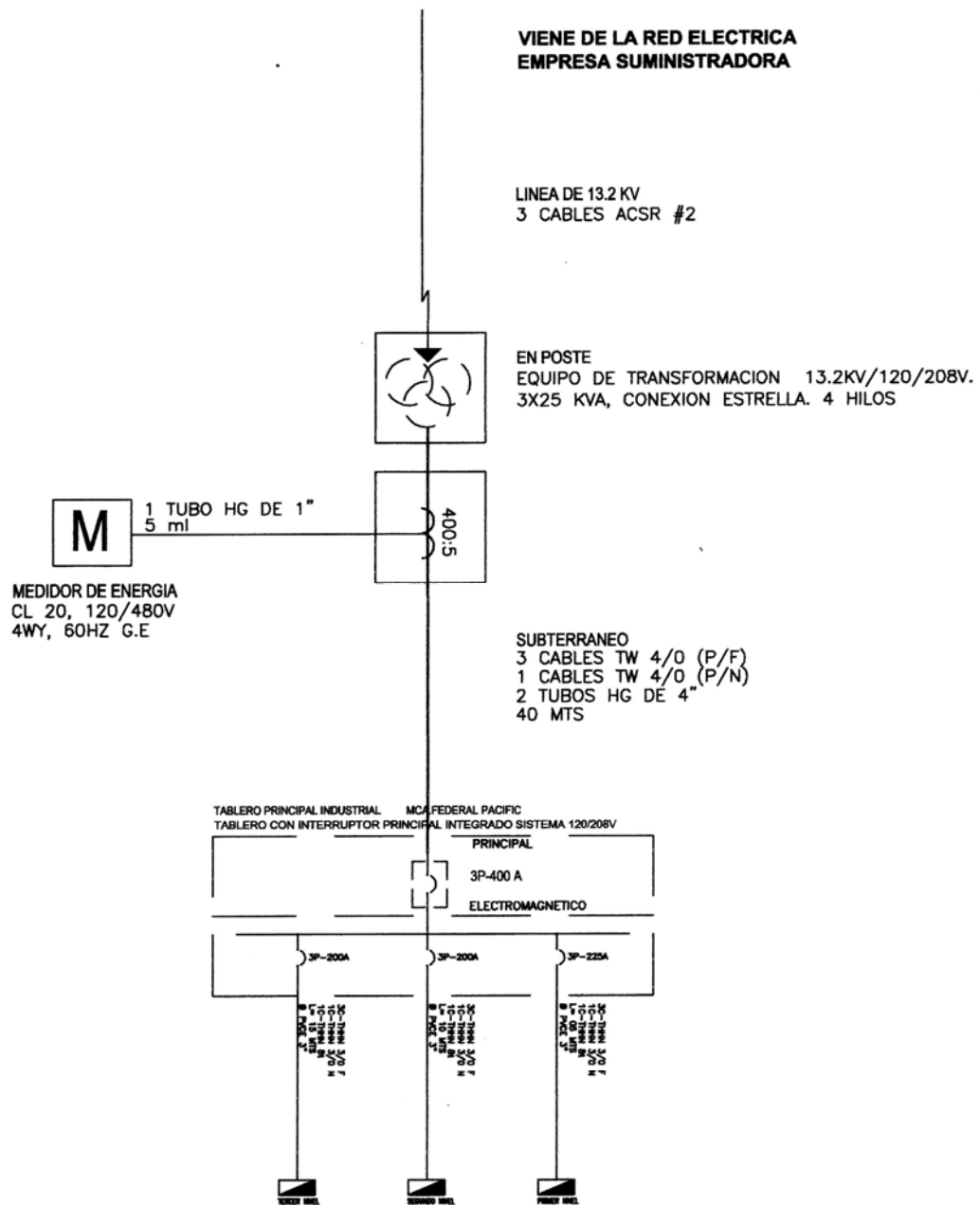
Los diagramas unifilares internos de la instalación, nos permitirán conocer la distribución de los elementos hacia las cargas que se encuentran instaladas, por medio de estos, será más fácil identificar los circuitos de iluminación y fuerza, que se tiene dentro del edificio y en caso de fallas se puede interrumpir solo la zona afectada, haciendo que los otros ambientes tengan continuidad de servicio.

Figura 10. Diagrama unifilar de red de distribución de la USAC.



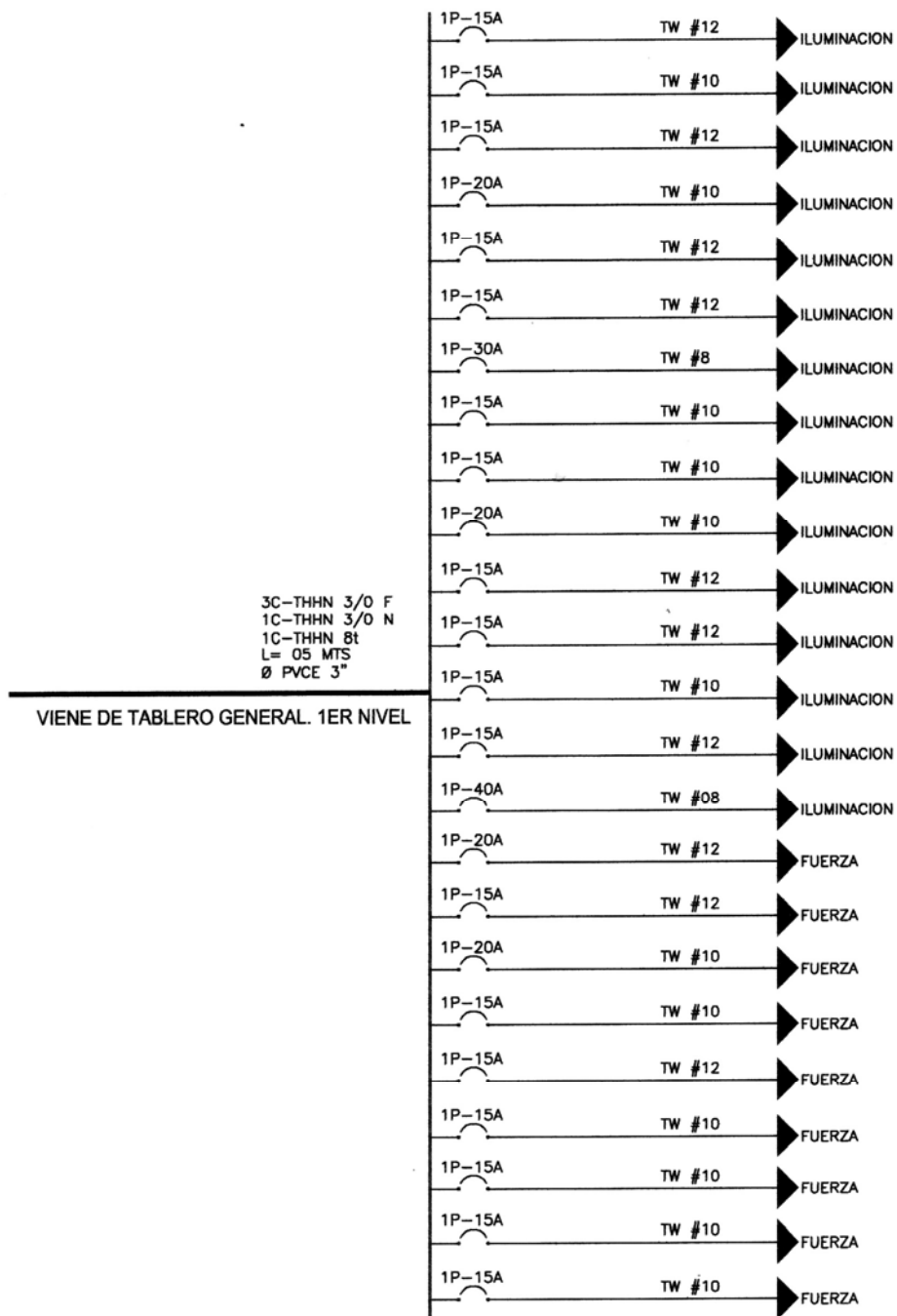
2.2 Diagrama unifilar de la red eléctrica interna del edificio

Figura 11. Diagrama unifilar de la red del edificio



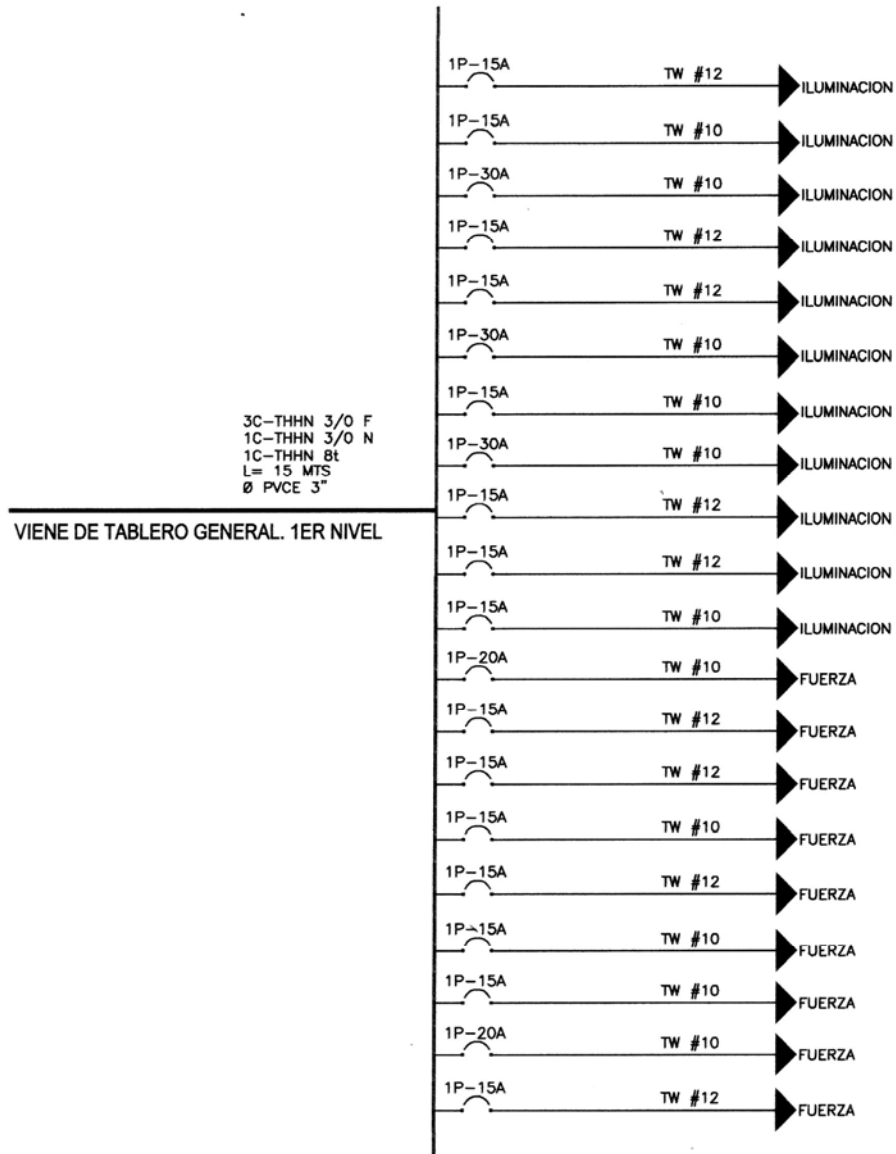
2.3 Diagrama unifilar primer nivel edificio S-2

Figura 12. Diagrama unifilar 1er. Nivel, salones de clases y oficinas



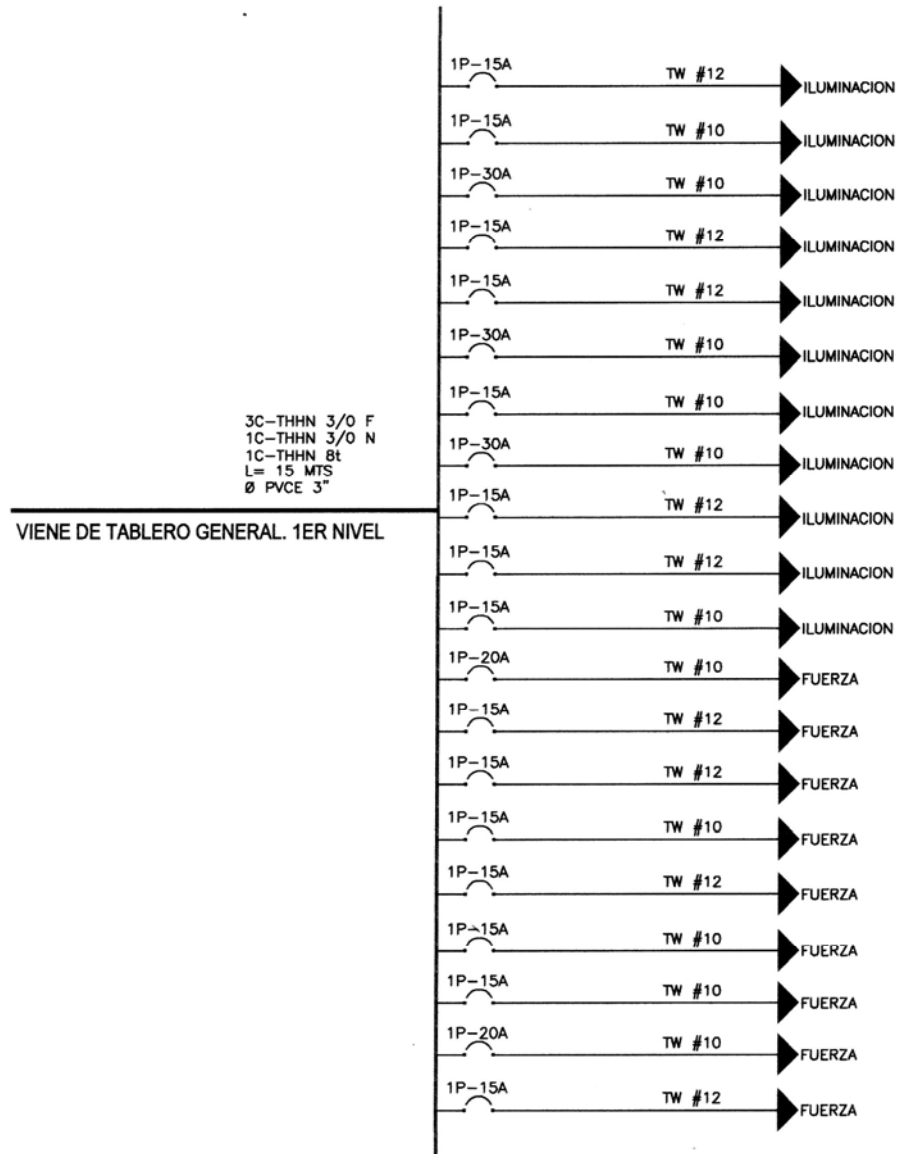
2.4 Diagrama unifilar segundo nivel edificio S-2

Figura 13. Diagrama unifilar 2do. Nivel, salones de clases



2.5 Diagrama unifilar tercer nivel edificio S-2

Figura 14. Diagrama unifilar 3er. Nivel, Salones de clases



3. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Para el cálculo teórico de las instalaciones eléctricas se aplican los métodos y formas de cálculo necesarios para seleccionar los elementos que cumplirán con las exigencias que presentará la instalación.

3.1. Cálculo de conductores

Para el cálculo de conductores se requiere de ciertos criterios, para la especificación del mismo tenemos.

- a) Capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación.
- b) Caída de voltaje permitida.
- c) Capacidad para soportar la corriente de cortocircuito.

Capacidad de conducción. Los materiales aislantes se clasifican con la temperatura de operación permisible, por la cual una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione. De tablas obtenemos (NTIE, NEC) la capacidad de corriente de conductores aislados según el forro y de sí el conductor está en tubería o al aire, estos factores se toman muy en cuenta, ya que la capacidad de conducción de los conductores varía dependiendo en donde van a ser instalados.

El criterio de conducción de corriente se aplica en general para saber la protección que usaremos para determinado circuito, y se determina de la siguiente ecuación: $P = V I$ entonces

$$I_{\text{ nominal del circuito}} = \frac{P}{V} \quad (3.1)$$

La Norma NEC. establece que la carga de un conductor no debe exceder el 80% de su capacidad.

$$I_{\text{ nominal del cable}} = \frac{I_{\text{ no min al del circuito}}}{0.80} \quad (3.2)$$

Caída de voltaje: Es la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador y el obtenido en cualquier otro punto de la misma.

$$\Delta V = V_A - V_T \quad (3.3)$$

Donde:

ΔV = Diferencia de voltaje

V_A = Voltaje en el extremo alimentador.

V_T = Voltaje terminal.

Al expresarlo como % se le llama Regulación de Voltaje (e)

$$e = \frac{\Delta V}{V_{\text{ no min al}}} \times 100 \quad (3.4)$$

La caída de voltaje permitida es de 3% para el circuito alimentador o principal, y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos sobrepasen el 5%.

La regulación de voltaje en términos de la ley de Ohm la podemos expresar como.

$$\Delta V = R I = \frac{\rho \times L \times I}{e \times V} \quad (3.5)$$

Si los alimentadores son de cobre de 100% de conductividad a una temperatura de 60°C tenemos

$$\rho = \frac{1}{50} \quad (3.6)$$

ρ = Resistividad del conductor

$$S_{cu} = \frac{2 C L I}{e V} \quad (3.7)$$

Donde: C = 2 para circuitos monofásicos

C = 3 para circuitos trifásicos

V = Voltaje nominal

$$V = \sqrt{3} * V_{fase-neutro} \quad (3.8)$$

Para circuitos trifásicos.

La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquel que tenga un área transversal igual o mayor.

Y en función de la caída de voltaje tenemos.

$$e = \frac{2 C}{V^2 S} \times \sum L P \quad (3.9)$$

Donde:

L = Longitud del alimentador en metros.

P = Potencia del circuito.

S = Sección del conductor.

La regulación de voltaje también se puede calcular por medio de la ecuación

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times Z' \times I_{\text{carga}} \quad \text{para circuitos trifásicos} \quad (3.10)$$

$$\Delta V = 2 \times L \times Z' \times I_{\text{carga}} \quad \text{para circuitos monofásicos.} \quad (3.11)$$

Por convención de normas para conductores N_{o.} 14 al N_{o.} 2 $Z' = R'$

Para calibres del 1/0 al 500 MCM

$$Z' = \sqrt{R'^2 + X_L'^2} \quad (3.12)$$

Donde.

Z' = Impedancia del conductor en $\Omega / 1000$ pies.

R' = Resistencia del conductor en $\Omega / 1000$ pies.

X_L' = Reactancia del conductor en $\Omega / 1000$ pies.

Cálculo de los conductores del edificio S2.

Acometida

Subestación eléctrica: banco de transformadores 75 KVA

$$I_{\text{nominal del circuito}} = \frac{P}{V} = \frac{75,000}{\sqrt{3} * 208} = 208.17 \text{ Amperios.}$$

$$I_{\text{nominal del cable}} = \frac{I_{\text{no min al del circuito}}}{0.80} = 1.25 * 208.17 = 260.22$$

Se utilizará 3 cables THHN 4/0, 1 cable por fase + 1 cable THHN 4/0 para el neutral en tubería de 4pulgadas de diámetro por norma de EEGSA.

Circuitos de iluminación y fuerza: Primer nivel

Para realizar estos cálculos utilizaremos las fórmulas 3.1, 3.2, 3.10, 3.11 y 3.12 descritas anteriormente

Para el cálculo de estos circuitos realizaremos los procedimientos completos en dos de ellos, en los siguientes circuitos como el procedimiento es el mismo, solamente indicaremos los resultados obtenidos.

Circuito A (auditorio)

Cálculo por capacidad de corriente del circuito de iluminación.

$$I_{\text{nominal circuito}} = \frac{P}{V} = \frac{8(4 \times 40)}{120} = 10.67 \text{ A.}$$

$$I_{\text{nominal del cable}} = \frac{I_{\text{no min al del circuito}}}{0.80} = 13.33$$

El conductor calibre No. 12 cumple con el criterio de capacidad de corriente.

Cálculo por regulación de voltaje

$$\Delta V = 2 \times L \times Z' \times I_{\text{carga}}$$

$$\Delta V = 2 \times 9.25 \text{ mts.} \times 10.67 \text{ A.} \times \frac{1.7 \Omega}{1000 \text{ pies}} \times \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ metro}} = 1.100 \text{ V}$$

$$120 \text{ V} \quad 100\%$$

$$1.100 \text{ V} \quad x \%$$

$$x (\%) = \frac{1.10 \text{ V} \times 100}{120 \text{ V}} = 0.92 \%$$

1.10 voltios representa el 0.92 % del voltaje terminal. < a 3% del voltaje permitido.

Se utilizará 2 cables THHN No. 12, 1 cable por fase.

Cálculo por capacidad de corriente del circuito de fuerza.

$$I_{\text{nominal circuito}} = \frac{P}{V} = \frac{8(1 \times 180)}{120} = 12.00 \text{ A.}$$

El conductor calibre No. 12 cumple con el criterio de capacidad de corriente.

Cálculo por regulación de voltaje.

$$\Delta V = 2 \times L \times Z' \times I_{\text{carga}}$$

$$\Delta V = 2 \times 9.25 \text{ mts.} \times 12 \text{ A.} \times \frac{1.7 \Omega}{1000 \text{ pies}} \times \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ metro}} = 1.237 \text{ V}$$

1.10 voltios representa el 1.03% del voltaje terminal. < a 3% del voltaje permitido.

Se utilizará 2 cables THHN No. 12, + 1 cable THHN No. 12 por Norma NEC.

Circuito B (aula)

Cálculo por capacidad de corriente del circuito de iluminación.

$$I_{\text{nominal circuito}} = \frac{P}{V} = \frac{2(4 \times 40) + 6(2 \times 40)}{120} = 6.7 \text{ A.}$$

$$I_{\text{nominal del cable}} = \frac{I_{\text{no min al del circuito}}}{0.80} = 8.375$$

El conductor calibre No. 12 cumple con el criterio de capacidad de corriente.

Cálculo por regulación de voltaje

$$\Delta V = 2 \times L \times Z' \times I_{\text{carga}}$$

$$\Delta V = 2 \times 17 \text{ mts.} \times 6.7 \text{ A.} \times \frac{1.7 \Omega}{1000 \text{ pies}} \times \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ metro}} = 1.27 \text{ V}$$

1.27 voltios representa el 1.05 % del voltaje terminal. < a 3% del voltaje permitido.

Se utilizará 2 cables THHN No. 12, 1 cable por fase.

Cálculo por capacidad de corriente del circuito de fuerza.

$$I_{\text{nominal circuito}} = \frac{P}{V} = \frac{2(1 \times 180)}{120} = 3.00 \text{ A.}$$

El conductor calibre No. 12 cumple con el criterio de capacidad de corriente.

Cálculo por regulación de voltaje

$$\Delta V = 2 \times L \times Z' \times I_{\text{carga}}$$

$$\Delta V = 2 \times 17 \text{ mts.} \times 3 \text{ A.} \times \frac{1.7 \Omega}{1000 \text{ pies}} \times \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ metro}} = 0.568 \text{ V}$$

0.568 voltios representa el 0.47% del voltaje terminal. < a 3% del voltaje permitido.

Se utilizará 2 cables THHN No. 12, + 1 cable THHN No. 12 por Norma NEC.

Los cálculos de los otros circuitos de iluminación y fuerza del edificio se realizaron con el mismo procedimiento utilizado para el circuito A y B, los resultados de la caída de tensión en voltios y en porcentaje se resumen en los cuadros siguientes.

Tabla VIII. Calibre conductores, caída de tensión circuitos, primer nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Caída de tensión del circuito en V.	Caída de tensión en porcentaje
CI. Auditorium (A)	13.3	12	12	1.100	0.92 %
C.F. Auditorium (A)	12	12	t	1.237	1.03%
C.I. Aula (B)	8.4	12	12	1.27	1.05%
C.F. Aula (B)	3.7	12	12	0.568	0.47%
C.I. Aula (C)	10.7	12	12	2.893	2.41%
C.F. Aula (C)	12	12	12	2.676	2.23%
C.I. Aula (D)	8	12	12	2.85	2.37%
C.F. Aula (D)	13.3	12	10	2.9	2.5%
C.I. Aula (E-F)	13.3	12	10	3.36	2.80%
C.F. Aula E-F)	10.5	12	10	3.06	2.55%
C.I. Baños (G)	4.7	12	12	2.22	1.85%
C.I. Pasillos (H)	4.7	12	12	2.66	2.22%
C.F. Pas/Guardiania (H)	6	12	12	3.34	2.788%
C.I. Aula (I-J)	13.45	12	8	2.481	2.06%
C.F. Aula (I-J)	9	12	10	3.44	2.86%
C.I. Aula (K)	10.7	12	12	3.39	2.83%
C.F. Aula (K)	10.5	12	10	3.40	2.841%
C.I. Aula (L)	8	12	12	3.12	2.6%
C.I. Aula (M-N)	8	12	12	2.722	2.26%
C.F. Aula (M-N)	10.5	12	10	3.51	2.92%
C.I. Pasillo interior (O)	6	12	12	0.750	0.62%
C.I. Pasillo interior (P)	10	12	12	2.651	2.2%
C.I. Pasillo interior (Q)	10	12	12	2.57	2.15%
C.I. Pasillo exterior (R)	13.5	12	8	3.482	2.90%

Tabla IX. Calibre conductores, caída de tensión circuitos, Segundo Nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Caída de tensión del circuito en V.	Caída de tensión en porcentaje
C.I. Aula (A)	13.3	12	12	1.872	1.56%
C.F. Aula (A)	11.25	12	12	1.605	1.33%
C.I. Aula (B)	10	12	12	2.04	1.7%
C.F. Aula (B)	7.6	12	12	1.605	1.33%
C.I. Aula (C)	10	12	12	2.765	2.30%
C.F. Aula (C)	7.5	12	12	2.275	1.89%
C.I. Aula (D)	10	12	12	3.657	2.99%
C.F. Aula (D)	7.5	12	12	2.877	2.39%
C.I. Aula (E-F)	20	12	8	3.60	3%
C.F. Aula E-F)	9.4	12	10	2.97	2.48%
C.I. Oficina (G)	5.9	12	12	2.485	2.07%
C.F. Oficina (G)	5.6	12	12	2.509	2.098%
C.I. Baños (H)	10	12	10	3.295	2.745%
C.F. Baños (H)	6	12	10	3.173	2.64%
C.I. Baños (I)	4.2	12	12	2.119	1.766%
C.F. Baños (I)	9.2	12	10	2.85	2.38%
C.I. Aula (J-K)	13.5	12	8	2.98	2.48%
C.F. Aula (J-K)	9.8	12	10	3.59	2.99%
C.I. Aula (L)	10	12	10	2.59	2.16%
C.F. Aula (L)	7.5	12	12	3.21	2.67%
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	10	3.6	3%
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	10	3.4	2.7
C.I. Aula (P)	10	12	12	2.67	2.23%
C.I.Pasillo interior (Q)	9.2	12	12	1.12	0.93%
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	12	3.4	2.83%

Tabla X. Calibre conductores, caída de tensión circuitos, Tercer Nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Caída de tensión del circuito en V.	Caída de tensión en porcentaje
C.I. Aula (A)	13.3	12	12	1.87	1.56%
C.F. Aula (A)	11.25	12	12	1.70	1.42%
C.I. Aula (B)	10	12	12	2.05	1.70%
C.F. Aula (B)	7.6	12	12	1.672	1.39%
C.I. Aula (C)	10	12	12	2.76	2.30%
C.F. Aula (C)	7.5	12	12	2.34	1.95%
C.I. Aula (D)	10	12	12	3.657	2.99%
C.F. Aula (D)	7.5	12	12	2.877	2.39%
C.I. Aula (E-F)	11.53	12	10	3.396	2.83%
C.F. Aula E-F)	11.25	12	10	3.57	2.97%
C.I. Oficina (G)	5.9	12	12	2.485	2.07%
C.F. Oficina (G)	5.6	12	12	2.509	2.098%
C.I. Baños (H-I)	10	12	10	2.05	1.71%
C.F. Baños (H-I)	6	12	10	3.175	2.64%
C.I. Aula (J-K)	10.8	12	8	2.96	2.47%
C.F. Aula (J-K)	9.4	12	10	3.35	2.79%
C.I. Aula (L)	10	12	10	2.59	2.16%
C.F. Aula (L)	7.5	12	12	3.21	2.67%
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	10	3.6	3.0%
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	10	3.24	2.70%
C.I. Aula (P)	10	12	12	2.67	.23%
C.I.Pasillo interior (Q)	10.83	12	12	1.496	1.24%
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	12	3.4	2.8%

3.2. Cálculo de protecciones

Las protecciones de las redes de distribución, se refiere a los elementos que deben tener para protección de los circuitos, provocados por fallas internas o externas de la instalación.

Con la correcta coordinación de la protección se logra aislar solamente la parte de la instalación afectada, mientras las otras zonas siguen funcionando sin interrupción alguna lográndose una continuidad del servicio.

Entre los dispositivos utilizados para protecciones se tienen: interruptores, fusibles, redes de tierras.

Protección del circuito en el secundario.

$$I_{\text{nominal del circuito}} = \frac{P}{V} \quad (3.1)$$

$$I_{\text{nominal del circuito}} = \frac{75,000}{\sqrt{3} \times 208} = 208.17 \text{ Amperios.}$$

$$I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} \quad (3.13)$$

$$I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times 208.17 = 260.22$$

Interruptor principal de $3 \times 300 \text{ A. } 208 \text{ V.}$

Protección de los circuitos de iluminación y fuerza de los tres niveles del edificio.

Primer nivel.

Circuito A

$$\text{Iluminación: } I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.67 = 13.33 \text{ A.}$$

$$\text{Fuerza: } I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 12 = 15.0 \text{ A.}$$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito B.

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6.7 = 8.4 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 3.0 = 3.75 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito C

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.7 = 13.375 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 12 = 15.0 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 20.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito D.

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.00 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15 \text{ A}$ de 120 V.

Circuito E - F

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 13.33 = 16.67 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.5 = 13.125 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 20 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito G

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.7 = 5.87 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 5.83 = 7.28 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito H

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.7 = 5.87 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times * 6.0 = 7.50 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito I - J

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 18.66 = 23.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 9.0 = 11.25 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito K

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.7 = 13.375 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.50 = 13.12 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito L

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.0 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito M - N

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 13.33 = 16.67 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.50 = 13.12 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 20 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito O

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15 \text{ A}$ de 120 V.

Circuito P

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito Q

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito R

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 24.0 = 30.0 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 40.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Segundo nivel

Circuito A

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.7 = 13.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 9 = 11.25 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito B

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.0 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6.0 = 7.50 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito C

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 16.0 = 7.50 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito D

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.00 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 * 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito E - F

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 16 = 20 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 7.5 = 9.37 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito G

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.7 = 5.87 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.5 = 5.6 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito H

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 7.33 = 9.16 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito I

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 3.3 = 4.12 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 7.33 = 9.16.25 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito J - K

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 18.66 = 23.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 13.5 = 16.87 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito L

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.0 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito M - N

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 18.67 = 23.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 12 = 15 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito P

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito Q

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 7.33 = 9.17 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito R

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito S

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Tercer Nivel

Circuito A

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.7 = 13.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 9 = 11.25 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito B

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.0 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6.0 = 7.50 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito C

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 16.0 = 7.50 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito D

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.00 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito E - F

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 16 = 20 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 9 = 11.25 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito G

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.7 = 5.87 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 4.5 = 5.6 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito H - I

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 11.33 = 14.17 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 13.17 = 16.45 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito J - K

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 18.66 = 23.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 13.5 = 16.87 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito L

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.0 = 10.0 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito M - N

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 18.67 = 23.33 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 12 = 15 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 30 \text{ A}$ y de $1 \times 20 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito P

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ A.}$

Fuerza: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ A.}$

Interruptores de $1 \times 15 \text{ A}$ y de $1 \times 15 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito Q

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 8.67 = 10.83 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito R

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

Circuito S

Iluminación: $I_{\text{nominal del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} = 1.25 \times 10.0 = 12.5 \text{ A.}$

Interruptor de $1 \times 15.0 \text{ A.}$ de 120 V.

3.3. Cálculo de tuberías

Los conductores eléctricos para su instalación necesitan de elementos que los protejan, por lo cual normalmente van alojados dentro de algún tipo de ducto: tubos de acero o de materiales plásticos, estos ductos pueden fijarse en las paredes o techos o pueden enterrarse. Tanto los conductores como los ductos deben protegerse contra daños mecánicos y apartarse de fuentes de calor. En ambientes corrosivos se aplica recubrimiento necesario para canalizaciones metálicas.

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.

Para el cálculo del diámetro de tuberías donde irán alojados varios conductores, debe tomarse en cuenta la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluido su aislamiento) y el área transversal del tubo. Esta relación se le llama factor de relleno. Según la norma NEC para 1 conductor puede ser de 53 %, para dos conductores se limita a un máximo de 31 % y para 3 conductores o más a un 40 %. También hay otro factor a tomar en cuenta que es el factor de arreglo el cual es de 0.80 por la Norma NEC esto es debido a que el área del cobre del conductor no es igual al área del conductor forrado.

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\pi \times \Phi^2}{4} \quad (3.14)$$

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\sum A_{\text{conductores}}}{F.A. \times F.R.} \quad (3.14)$$

$$\frac{\pi \times \Phi^2}{4} = \frac{\sum A_{\text{conductores}}}{F.A. \times F.R.}$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{\text{CONDUCTORES}}}{\pi \times F.A. \times F.R.}} \quad (3.15)$$

Donde: A_{tubo} = Área de la tubería

π = PI = 3.28

Φ = Diámetro de la tubería

F.A. = Factor de arreglo = 0.8

F.R. = Factor de Relleno

Para el cálculo de tuberías del primer nivel utilizaremos la fórmula (3.15)

Circuito A: Iluminación: 2 cables THHN No. 12

Fuerza: 2 Cables THHN No. 12 + 1 cable THHN No. 12

$$\Phi_{\text{tubo ilum.}} = \sqrt{\frac{4 \times (2 \times 0.0133)}{\pi \times 0.80 \times 0.31}} = 0.369 \approx \Phi_{\text{tubo ilum.}} = 1/2" \text{ PVC}$$

$$\Phi_{\text{tubo Fuerza}} = \sqrt{\frac{4 \times (3 \times 0.0133)}{\pi \times 0.80 \times 0.4}} = 0.398 \approx \Phi_{\text{tubo Fuerza}} = 1/2" \text{ PVC}$$

Circuito B: Iluminación: 2 cables THHN No. 12

Fuerza: 2 Cables THHN No. 12 + 1 cable THHN No. 12

$$\Phi_{\text{tubo ilum.}} = \sqrt{\frac{4 \times (2 \times 0.0133)}{\pi \times 0.80 \times 0.31}} = 0.369 \approx \Phi_{\text{tubo ilum.}} = 1/2" \text{ PVC}$$

$$\Phi_{\text{tubo Fuerza}} = \sqrt{\frac{4 \times (3 \times 0.0133)}{\pi \times 0.80 \times 0.4}} = 0.398 \approx \Phi_{\text{tubo Fuerza}} = 1/2" \text{ PVC}$$

Para el cálculo de los circuitos restantes del primer nivel, así como de los otros dos niveles se utiliza el mismo procedimiento, y se presentan los resultados en los siguientes cuadros.

Cuadro XI. Diámetro de tuberías en circuitos del primer nivel.

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor	Cantidad de conductores en tubería	Diámetro de tubería en pulgadas
CI. Auditorium (A)	13.3	12	2	1/2
C.F. Auditorium (A)	12	12	3	1/2
C.I. Aula (B)	8.4	12	2	1/2
C.F. Aula (B)	3.7	12	3	1/2
C.I. Aula (C)	10.7	12	2	1/2
C.F. Aula (C)	12	12	3	3/4
C.I. Aula (D)	8	12	2	1/2
C.I. Aula (E-F)	13.3	12	2	1/2
C.F. Aula E-F)	10.5	12	3	3/4
C.I. Baños (G)	4.7	12	2	1/2
C.I. Pasillos (H)	4.7	12	2	1/2
C.F. Pas/Guardianía (H)	6	12	3	1/2
C.I. Aula (I-J)	13.45	12	2	3/4
C.F. Aula (I-J)	9	12	3	3/4
C.I. Aula (K)	10.7	12	2	1/2
C.F. Aula (K)	10.5	12	3	3/4
C.I. Aula (L)	8	12	2	1/2
C.I. Aula (M-N)	8	12	2	1/2
C.F. Aula (M-N)	10.5	12	3	3/4
C.I. Pasillo interior (O)	6	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (P)	10	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (Q)	10	12	2	1/2
C.I. Pasillo exterior (R)	13.5	12	2	3/4

Tabla XII. Diámetro de tuberías en circuitos del Segundo Nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Cantidad de conductores en tubería	Diámetro de tubería en pulgadas
C.I. Aula (A)	13.3	12	2	1/2
C.F. Aula (A)	11.25	12	3	1/2
C.I. Aula (B)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (B)	7.6	12	3	1/2
C.I. Aula (C)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (C)	7.5	12	3	1/2
C.I. Aula (D)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (D)	7.5	12	3	1/2
C.I. Aula (E-F)	20	12	2	1/2
C.F. Aula E-F)	9.4	12	3	3/4
C.I. Oficina (G)	5.9	12	2	1/2
C.F. Oficina (G)	5.6	12	3	1/2
C.I. Baños (H)	10	12	2	1/2
C.F. Baños (H)	6	12	3	1/2
C.I. Baños (I)	4.2	12	2	1/2
C.F. Baños (I)	9.2	12	3	1/2
C.I. Aula (J-K)	13.5	12	2	1/2
C.F. Aula (J-K)	9.8	12	3	3/4
C.I. Aula (L)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (L)	7.5	12	3	3/4
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	2	1/2
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	3	3/4
C.I. Aula (P)	10	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (Q)	9.2	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	2	1/2

Tabla XIII. Diámetro de tuberías en circuitos del Tercer Nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Número de conductores en tubería	Diámetro de tubería en pulgadas
C.I. Aula (A)	13.3	12	2	1/2
C.F. Aula (A)	11.25	12	3	1/2
C.I. Aula (B)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (B)	7.6	12	3	1/2
C.I. Aula (C)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (C)	7.5	12	3	1/2
C.I. Aula (D)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (D)	7.5	12	3	1/2
C.I. Aula (E-F)	11.53	12	2	1/2
C.F. Aula E-F)	11.25	12	3	3/4
C.I. Oficina (G)	5.9	12	2	1/2
C.F. Oficina (G)	5.6	12	3	3/4
C.I. Baños (H-I)	10	12	2	1/2
C.F. Baños (H-I)	6	12	3	3/4
C.I. Aula (J-K)	10.8	12	2	1/2
C.F. Aula (J-K)	9.4	12	3	3/4
C.I. Aula (L)	10	12	2	1/2
C.F. Aula (L)	7.5	12	3	3/4
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	2	1/2
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	3	3/4
C.I. Aula (P)	10	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (Q)	10.83	12	2	1/2
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	2	1/2

3.4. Cálculo de tableros

Los tableros son centros de carga con los cuales se controla la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona de la misma. Puede tratarse de un tablero que contenga todos los elementos, también un conjunto de interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos colocados en un muro y que juntos desarrollen la función de controlar la distribución de la energía a circuitos derivados.

Los tableros tienen por lo general un sistema de barras para las fases (1, 2, ó 3) y una barra para el neutro.

Cuando se tiene un centro de carga con derivaciones individuales en caja, se tiene un interruptor general (flipón general) en un módulo metálico colocado en un muro junto con otros interruptores similares de menor corriente nominal.

Del interruptor general sale la alimentación a los interruptores derivados a través de conexiones que están alojadas en tuberías o ductos.

Los tableros generales normalmente van colocados en subestaciones o cuartos especiales para ubicar equipo eléctrico. Su alimentación se hace por medio de barras o cables directamente del secundario del transformador.

Los aspectos a tomar en cuenta para su diseño son:

- a) Adecuada sección transversal de las barras para las corrientes que circularán por ellas.
- b) Equipos e instrumentos aislados para evitar corrientes indeseables y suficiente rigidez mecánica para evitar deformaciones o deterioros por cortocircuito.

Como el edificio es de tres niveles, es conveniente tener un tablero de distribución de los circuitos de iluminación y fuerza por cada nivel, cada tablero será alimentado desde el tablero general ubicado en el primer nivel.

Se tiene un tablero general, del cual van derivaciones hacia los tableros de distribución de circuitos de cada nivel. Como la carga instalada del edificio es similar en cada nivel del mismo, la carga total del sistema tiene un desbalance pequeño.

Primer nivel:

Se tienen 25 circuitos 15 circuitos de iluminación y 10 circuitos de fuerza para tomacorrientes de uso general.

No. Polos del tablero = $1.5 \times$ espacios ocupados por los interruptores o flipones

$$\text{No. Polos} = 1.5 \times 25 = 37.5$$

Como los tableros comerciales son de 42 polos se utilizará un tablero de estos.

Tablero monofásico de 42 polos para empotrar, barras de 200 A. 120 / 240 V. 3hilos.

Segundo Nivel:

Se tienen 20 circuitos, 12 circuitos de iluminación y 8 circuitos de fuerza para tomacorrientes de uso general de 120 V.

No. Polos del tablero = $1.5 \times$ espacios ocupados por los interruptores o flipones

$$\text{No. Polos} = 1.5 \times 20 = 30$$

Como los tableros comerciales son de 36 polos se utilizará un tablero de estos.

Tablero monofásico de 42 polos para empotrar, barras de 200 A. 120 / 240 V. 3hilos.

Tercer nivel

Se tienen 22 circuitos, 13 circuitos de iluminación y 9 circuitos de fuerza para tomacorrientes de uso general de 120 V.

No. Polos del tablero = $1.5 \times$ espacios ocupados por los interruptores o flipones

No. Polos = $1.5 \times 20 = 30$

Como los tableros comerciales son de 36 polos se utilizará un tablero de estos.

Tablero monofásico de 42 polos para empotrar, barras de 200 A. 120 / 240 V. 3hilos.

3.5 Corto circuito

Cortocircuito es el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, el cual ocurre generalmente por accidente. Con el estudio del cortocircuito se calcula el máximo valor de la corriente y su comportamiento durante el tiempo que permanece el cortocircuito, esto permite determinar el valor de corriente que debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente.

Las características de los elementos para soportar cortocircuitos son:

- a) Robustez suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos de la máxima fuerza posible.

- b) Capacidad de los conductores para soportar los esfuerzos térmicos de la corriente más alta que pueda ocurrir.

- c) Rapidez de respuesta del sistema de protecciones para interrumpir y aislar la zona donde aparezca un cortocircuito

d) 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 el mayor número de equipos no cercanos a la falla.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se considera que el voltaje durante una falla de cortocircuito es igual al voltaje que existía un instante antes de la falla, aplicando el teorema de Thévenin: la corriente de cortocircuito en un punto es igual al cociente del voltaje que había en ese punto antes de ocurrir la falla, entre la impedancia equivalente del sistema visto desde el punto de análisis (incluyendo la impedancia de las fuentes); con todas las otras fuentes de voltaje iguales a cero.

La corriente de falla en un instante se obtiene simplemente con la ley de Ohm.

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{eq}} \quad (3.16)$$

Lo que se pretende es hallar la impedancia equivalente en los diferentes instantes de la falla, al determinarlas se reduce el circuito a una sola fuente de voltaje con una impedancia.

Para la protección en edificios contra cortocircuitos y sobrecargas se utilizan: interruptores o flipones, fusibles (solo protegen contra cortocircuito), interruptores de circuito con relevadores y relevadores térmicos de corriente inversa.

Para nuestro análisis solo tomaremos en cuenta los interruptores termomagnéticos.

$$I_{cc \text{ RMS}} = \frac{V_{NOM \ LL}}{\sqrt{3} (Z_T + Z_{cables})} \quad (3.17)$$

$$\check{Z}_T = Z_{pu} \times Z_{base} \quad (3.18)$$

Z_{pu} = valor de reactancia al despreciarse la resistencia dado en %.

$$Z_{base} = \frac{V_{NOM \ LL}}{\sqrt{3} \times I_{nom}} \quad (3.19)$$

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{nom \ LL}} \quad (3.20)$$

$$\check{Z}_{cables} = Z' \times L \quad (3.21)$$

Z' = valor de resistencia y reactancia de los cables obtenido de tablas

L = distancia entre puntos de calculo de I_{cc} .

Para nuestro estudio solo calcularemos la I_{cc} desde la acometida de EEGSA hasta el lugar de instalación de nuestro tablero el cual es de 40 mts, y nuestra $Z_{pu} = 2\%$ o 0.02.

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{nom \ LL}} = \frac{75,000}{\sqrt{3} \times 208} = 208.17 \text{ A.}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{NOM \ LL}}{\sqrt{3} \times I_{nom}} = \frac{208}{\sqrt{3} \times 208.17} = 0.576 \ \Omega$$

$$\check{Z}_T = Z_{pu} \times Z_{base} = 0.02 \times 0.576 = j \ 0.0115 \ \Omega$$

$$Z' = 0.063 + j0.051$$

$$\check{Z}_{\text{cables}} = Z' \times L = \frac{(0.063 + j0.051)\Omega \times 15 \times 3.28}{1000} = 0.003099 + j 0.002509$$

$$I_{\text{cc RMS}} = \frac{V_{\text{NOM LL}}}{\sqrt{3} (Z_T + Z_{\text{cables}})} = \frac{208}{\sqrt{3} \times (j0.0115 + 0.00309 + j0.00250)}$$

$$I_{\text{cc RMS}} = \frac{208}{\sqrt{3} \times (j0.014 + 0.00250)} = \frac{208}{\sqrt{3} \times (0.01422)} = 9444.2 \text{ A.}$$

$$\text{Como } I_{\text{cc RMS}} \approx \frac{I_{\text{nom T.}}}{Z_{\text{T pu.}}} = \frac{208.17}{0.02} = 10408.5$$

La aproximación es aceptable ya que el error es de .2%.

Tenemos que $I_{\text{cc RMS}}$ del interruptor de $3 \times 300 \text{ A. } 208 \text{ V.}$ es $\geq 15,000 \text{ A.}$

3.6. Red de tierras

Un sistema de red a tierra es el conjunto de: conductores, electrodos (varillas), conectores, etc., que permiten la circulación y disipación de las corrientes de tierra, tenga esta cualquiera de los orígenes posibles. Las finalidades para los cuales es diseñado y construido un sistema de puesta a tierra son.

a) Garantizar baja resistencia de enterramiento.

b) Garantizar conducción a tierra de: cargas estáticas o inducidas, descargas atmosféricas o corrientes de cortocircuito.

c) garantizar niveles de potencial seguros entre las estructuras metálicas de los equipos accidentalmente energizados y la tierra propiamente dicha. Para seguridad de las personas que puedan tocar estas estructuras.

d) Garantizar adecuado funcionamiento de los equipos de protección asociados a los sistemas, para aislar rápidamente las fallas que puedan presentarse en la operación.

e) Disipar eficientemente la energía de los diferentes tipos de eventos en los cuales debe operar.

El sistema de tierra de una instalación se diseña en función de: Nivel de voltaje, la corriente de cortocircuito, superficie que ocupa la instalación, Resistencia a tierra.

La puesta tierra es el valor de resistencia de todos los elementos metálicos conectados entre sí. Como puesta a tierra pueden considerarse: electrodos artificiales, placas enterradas, picas verticales y conductores enterrados horizontalmente.

Electrodos naturales: red de conductores y pilares metálicos de los edificios.

La resistencia a tierra es la que existe entre el electrodo de la toma de tierra que se desea considerar y otro electrodo lejano de resistencia cero. Por lejano se entiende que está a una distancia tal que la resistencia mutua de los electrodos considerados (cambio de voltaje producido en un electrodo por la circulación de un ampere de corriente directa en el otro) es esencialmente cero. La resistencia a tierra puede entenderse si se analiza el flujo de corriente que circula por una varilla o barra enterrada (verticalmente) y cómo se dispersa por la tierra que la rodea. La parte del suelo que está directamente en contacto con la varilla o barra tiene un papel muy importante en el camino de este flujo de corriente.

Valores aceptados: según la NTIE especifica que un valor aceptado de resistencia a tierra n debe ser mayor de 25 ohms. Sin embargo se recomienda que este valor sea de 5 ó 10 ohms.

Para conseguir un valor bajo de la resistencia a tierra no se utilizan los elementos metálicos de la edificación, si bien estos deberán unirse a la instalación de puesta a tierra.

Las tomas de tierra que se realicen mediante cintas de acero galvanizado, se deben colocar como mínimo a una profundidad de 0.45 m y se pueden tender en forma lineal, circular alrededor del edificio o bien formando una estrella.

Para calcular la resistencia de tierra tenemos.

1.- Barra o varilla de longitud “L” y radio “a” (ambos en centímetros) enterrada verticalmente

$$R = \frac{\rho}{2\pi \times L} \left[\left(LN \frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \quad (3.22)$$

Donde

R = Resistencia a tierra en ohms

ρ = Resistividad específica del suelo en ohms*cm (Ω .cm)

2.- Alambre de radio “a” y longitud “2L” enterrado horizontalmente a s/2 de profundidad (todas las dimensiones en centímetros)

$$R = \frac{\rho}{4 \times \pi \times L} \left[\left(\ln \frac{4L}{a} \right) + \left(\ln \frac{4L}{s} \right) - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \dots \dots \right] \quad (3.23)$$

3.- Alambre de diámetro “d” en anillos de diámetro “D”, enterrado a s/2 de profundidad (todas las dimensiones en centímetros)

$$R = \frac{\rho}{2 \times \pi \times D} \left[\left(\ln \frac{8D}{d} \right) + \left(\ln \frac{4D}{s} \right) \right] \quad (3.24)$$

Por lo general resulta necesario colocar varias barras o varillas para lograr una Buena conexión a tierra. Sin embargo, si las varillas (u otros elementos metálicos) se entierra en una zona pequeña (cercanas entre sí), los flujos de corriente utilizarían las mismas trayectorias y disminuiría la capacidad de conducción del suelo.

VALORES TIPICOS DE TIPOS DE SUELOS Y AGUAS.

Tabla XIV. Resistividad de distintos tipos de suelos

Tipo de Suelos	Resistividad Típica [Ω -mts]	Limites Normales [Ω -mts]
Agua de mar	2	1 – 10
Arcilla	40	8 – 70
Agua subterránea	50	10 – 150
Agua en suelo de rocas ígneas	90	30 – 150
Mezcla de arcilla y arena	100	4 – 300
Pizarra, esquisto y gres	120	10 – 1000
Turba, limo y lodo	150	5 – 250
Agua de lago y torrente	250	100 – 400
Arena	2000	200 – 3000
Grava de morena	3.000	40 – 10.000
Grava marítima	15.000	3000 – 30.000
Granito	25.000	10.000 – 50.000
	100.000	10.000 – 100.000

Eleodora , Rojas, Sistema de puesta a tierra, 16

4. ANALISIS COMPARATIVO

4.1. Comparación de resultados calculados y medidos

La comparación la realizaremos en base a los resultados obtenidos de los distintos elementos que integran la instalación eléctrica del edificio, y la toma de datos que se realizaron dentro de la misma.

Los conductores son elementos, cuya elección requiere que tengan la capacidad necesaria para soportar el flujo de corriente que circulará por ellos, cuando el equipo trabaje a plena carga.

Los cálculos realizados se hicieron por dos métodos, el capacidad de corriente y por el método de regulación de voltaje, en el primero de ellos solo tomamos en cuenta la potencia de la carga y el voltaje aplicado, en el segundo método utilizamos la distancia del tablero a la carga, el conductor a elegir es el de mayor calibre que resulte de los dos procedimientos.

Analizamos los conductores instalados desde la acometida, de donde se determino que el conductor instalado no cumple con el la capacidad de conducción requerida por la instalación, ya que el calibre del mismo es de 3/0 cuya capacidad de conducción es de 200 A. y el conductor que debería tener según cálculos es de 4/0, sin embargo al realizar las mediciones de corriente en cada fase, se observo que los picos de corriente en determinados instantes no eran mayores a 175 amperios, lo cual aunque no se llega al límite de conducción del calibre, tampoco se tiene un margen de seguridad aceptable.

Para los conductores utilizados en los circuitos de cada nivel del edificio, los cálculos se realizaron por los métodos anteriormente descritos, para el primer nivel los calibres obtenidos para los circuitos de iluminación, si corresponden a los que se encuentran instalados dentro del mismo, para los circuitos de fuerza el calibre neutral es menor al calculado, siendo este conductor sin forro o desnudo, esto debido a que la instalación del edificio es antigua, se utilizaba este procedimiento.

Para los circuitos de iluminación en el segundo y tercer nivel, se tiene los calibres adecuados y para los de fuera se observa la misma característica de instalación del primer nivel. Los conductores utilizados para equipo de cómputo y fotocopiadoras si se tienen los conductores con calibres adecuados y forrados.

Los conductores que van del tablero general, hacia los tableros de distribución en cada nivel, si son los adecuados ya que cumplen con los cálculos realizados.

Para el cálculo de tubería, el factor más importante a tomar en consideración fue el número de conductores que serían alojados dentro de ellos.

La tubería instalada en la acometida si es la que corresponde, ya que la utilizada está normada por la EEGSA. es de un diámetro de 4 pulgadas, tubo conduit galvanizado. La tubería que va del tablero general a los de distribución es de 3 pulgadas de diámetro.

La tubería utilizada en los circuitos de iluminación y fuerza, en cada ambiente dentro del edificio es conduit galvanizado en diámetros de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada. De los resultados obtenidos y los obtenidos por la revisión realizada se determinó que se encuentran instalados los diámetros correctos, para las cargas que se instalan actualmente se utiliza canaleta plástica de $\frac{3}{4}$ de pulgada cuando van alojados 3 conductores.

Para el cálculo de las protecciones que se tendrán en cada uno de los circuitos de iluminación y fuerza, así como la que se tiene como protección general de la instalación, se considera la corriente nominal del dispositivo que protegerá cada circuito, en nuestro caso se utilizarán interruptores termomagnéticos o flipones para los circuitos de iluminación y fuerza, la capacidad de cada flipon se determinará de la corriente nominal del circuito más un 25% como margen de seguridad del circuito.

El interruptor general de la instalación y los interruptores que protegen los tableros de distribución se encuentran dimensionados adecuadamente.

Para protección general se tiene un interruptor principal cuyas características son. Tipo NJL de 3 polos, 400 amperios, 600 VAC. Máxima corriente de cortocircuito de 22kA a 600 V. 30 kA a 480 V. y 42 kA a 240 Voltios. Este interruptor se encuentra dimensionado adecuadamente.

Los interruptores de los tableros de distribución, tienen las siguientes características. Tipo NEJ, marca FPE, 3 polos, 200 amperios, 240 VAC, máxima corriente de cortocircuito de 10 kA a 240 V. estos interruptores también se encuentran dimensionados correctamente.

Para protección de los circuitos de iluminación y fuerza en los tres niveles del edificio, se tienen flipones de 15, 20, 30 y 40 amperios, los cuales si cumplen con los obtenidos en los cálculos realizados.

Para el cálculo de los tableros que se tienen instalados, se consideró la cantidad de circuitos a proteger en cada nivel, el número de polos del tablero se determinó multiplicando el número de espacios utilizado por los circuitos mas un 50% considerando un crecimiento de la carga. En el edificio se tienen tableros que cumplen con los requerimientos anteriores.

De las comparaciones realizadas, se observa que la instalación no presenta mucha diferencia, entre los cálculos hechos y lo instalado dentro del edificio, esto se debe a que siempre a sido utilizado básicamente para impartir clases, y el crecimiento de carga no ha sido tan grande, lo que implique cambios significativos, en la distribución y protección con que cuenta actualmente el edificio.

Tabla XV. Conductores y tubería calculados y existentes, primer nivel

Circuito	Calibre de conductor calculado	Calibre de conductor existente	Tubería calculada	Tubería existente
C.I. Auditorium (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Auditorium (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (C)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (C)	12	12	$\frac{3}{4}$	1
C.I. Aula (D)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (D)	10	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (E-F)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula E-F)	10	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Baños (G)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Pasillos (H)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Pas/Guardiania (H)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (I-J)	8	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (I-J)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (K)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (K)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (L)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (M-N)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (M-N)	10	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Pasillo interior (O)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta
C.I. Pasillo interior (P)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta
C.I. Pasillo interior (Q)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta
C.I. Pasillo esxterior (R)	8	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$

Tabla XVI. Conductores y tubería calculados y existentes, segundo nivel

Circuito	Calibre de conductores calculados.	Calibre conductores existentes	Tubería calculada	Tubería existente
C.I. Aula (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (C)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (C)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (D)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (D)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (E-F)	8	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula E-F)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Oficina (G)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Oficina (G)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Baños (H)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Baños (H)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Baños (I)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Baños (I)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (J-K)	8	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (J-K)	10	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (L)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (L)	12	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (M-N)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (M-N)	10	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (P)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I.Pasillo interior (Q)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta
C.I. Pasillo interior (R-S)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta

Tabla XVII. Conductores y tubería calculados y existentes, tercer nivel

Circuito	Calibre de conductores calculados	Calibre de conductores existentes	Tubería calculada	Tubería existente
C.I. Aula (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (A)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (B)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (C)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (C)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (D)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (D)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (E-F)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (E-F)	10	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Oficina (G)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Oficina (G)	12	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Baños (H)	10	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Baños (H)	10	10	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (J-K)	8	10	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (J-K)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (L)	10	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (L)	12	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (M-N)	10	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.F. Aula (M-N)	10	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Aula (P)	12	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
C.I. Pasillo interior (Q)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta
C.I. Pasillo interior (R-S)	12	12	$\frac{1}{2}$	Canaleta

Cuadros de resumen de los conductores calculados por regulación de voltaje y por capacidad de corriente.

Tabla XVIII. Calibre conductores calculados, primer nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Calibre de conductor elegido
CI. Auditorium (A)	13.3	12	12	12
C.F. Auditorium (A)	12	12	12	12
C.I. Aula (B)	8.4	12	12	12
C.F. Aula (B)	3.7	12	12	12
C.I. Aula (C)	10.7	12	12	12
C.F. Aula (C)	12	12	12	12
C.I. Aula (D)	8	12	12	12
C.F. Aula (D)	13.3	12	10	10
C.I. Aula (E-F)	13.3	12	10	10
C.F. Aula E-F)	10.5	12	10	10
C.I. Baños (G)	4.7	12	12	12
C.I. Pasillos (H)	4.7	12	12	12
C.F. Pas/Guardiania (H)	6	12	12	12
C.I. Aula (I-J)	13.45	12	8	8
C.F. Aula (I-J)	9	12	10	10
C.I. Aula (K)	10.7	12	12	12
C.F. Aula (K)	10.5	12	10	10
C.I. Aula (L)	8	12	12	12
C.I. Aula (M-N)	8	12	12	12
C.F. Aula (M-N)	10.5	12	10	10
C.I. Pasillo interior (O)	6	12	12	12
C.I. Pasillo interior (P)	10	12	12	12
C.I. Pasillo interior (Q)	10	12	12	12
C.I. Pasillo esxterior (R)	13.5	12	8	8

Tabla XIX. Calibre conductores calculados, Segundo Nivel

Circuito	Corriente Amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Calibre de conductor elegido
C.I. Aula (A)	13.3	12	12	12
C.F. Aula (A)	11.25	12	12	12
C.I. Aula (B)	10	12	12	12
C.F. Aula (B)	7.6	12	12	12
C.I. Aula (C)	10	12	12	12
C.F. Aula (C)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (D)	10	12	12	12
C.F. Aula (D)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (E-F)	20	12	8	8
C.F. Aula E-F)	9.4	12	10	10
C.I. Oficina (G)	5.9	12	12	12
C.F. Oficina (G)	5.6	12	12	12
C.I. Baños (H)	10	12	10	10
C.F. Baños (H)	6	12	10	10
C.I. Baños (I)	4.2	12	12	12
C.F. Baños (I)	9.2	12	10	10
C.I. Aula (J-K)	13.5	12	8	8
C.F. Aula (J-K)	9.8	12	10	10
C.I. Aula (L)	10	12	10	10
C.F. Aula (L)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	10	10
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	10	10
C.I. Aula (P)	10	12	12	12
C.I. Pasillo interior (Q)	9.2	12	12	12
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	12	12

Tabla XX. Calibre conductores calculados, Tercer Nivel

Circuito	Corriente amperios	Calibre conductor Por capacidad de corriente	Calibre conductor por regulación de voltaje	Calibre de conductor elegido
C.I. Aula (A)	13.3	12	12	12
C.F. Aula (A)	11.25	12	12	12
C.I. Aula (B)	10	12	12	12
C.F. Aula (B)	7.6	12	12	12
C.I. Aula (C)	10	12	12	12
C.F. Aula (C)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (D)	10	12	12	12
C.F. Aula (D)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (E-F)	11.53	12	10	10
C.F. Aula E-F)	11.25	12	10	10
C.I. Oficina (G)	5.9	12	12	12
C.F. Oficina (G)	5.6	12	12	12
C.I. Baños (H)	10	12	10	10
C.F. Baños (H)	6	12	10	10
C.I. Aula (J-K)	10.8	12	8	8
C.F. Aula (J-K)	9.4	12	10	10
C.I. Aula (L)	10	12	10	10
C.F. Aula (L)	7.5	12	12	12
C.I. Aula (M-N)	13.5	12	10	10
C.F. Aula (M-N)	11.25	12	10	10
C.I. Aula (P)	10	12	12	12
C.I.Pasillo interior (Q)	10.83	12	12	12
C.I. Pasillo interior (R-S)	12.5	12	12	12

5. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO S2 AL MERCADO MAYORISTA

5.1 Descripción del Mercado Mayorista

En 1996, el Gobierno de la República de Guatemala puso en marcha el ordenamiento de la industria eléctrica del país, emitiendo la Ley General de Electricidad, Decreto No. 93-96 y su reglamento en el acuerdo gubernativo No. 256-97. En el artículo 44 de la Ley se crea el Administrador del Mercado Mayorista (AMM), una entidad privada, sin fines de lucro, cuyas funciones son.

a) La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del mercado mayorista.

b) Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.

c) Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en el país.

Además de las funciones anteriores, el AMM debe realizar las siguientes actividades.

- Programación de la Operación.

El AMM es responsable de planificar anualmente la forma en que se cubrirán las necesidades de potencia y energía del sistema, tratando de optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles. La programación anual es revisada y ajustada semanal y diariamente.

- Supervisión de la Operación en Tiempo Real. El AMM debe vigilar el comportamiento de la demanda y la operación del parque generador, así como del sistema de transporte. Asimismo, debe mantener la seguridad del suministro verificando constantemente las variables eléctricas del sistema y respetando las limitaciones de equipos e instalaciones asociadas.

- Administración de las Transacciones. El AMM debe cuantificar los intercambios de Potencia y Energía entre los participantes del MM y valorizarlos utilizando el Precio de Oportunidad de la Energía y el Precio de Referencia de la Potencia. Para ello, el AMM debe diseñar e implementar un sistema de medición que permita conocer en forma horaria la energía y potencia producida y/o consumida. Además, administrará los fondos que surgen de las transacciones entre los agentes que operan en el Mercado Mayorista.

El órgano directivo superior del AMM es la Junta Directiva, la cual está integrada (según el artículo 21 del Reglamento del AMM), por representantes titular y suplente de cada una de las cinco agrupaciones de participantes del mercado mayorista. Los representantes deben ser electos por un período de dos años, pudiendo ser reelectos.

Las funciones principales de la Junta Directiva, según el artículo 20 del Reglamento del AMM son. Identificar faltas e incumplimientos de los Participantes del Mercado Mayorista. Resolver las discrepancias que surjan de las operaciones en el Mercado Mayorista, en lo que sea de su competencia. Aprobar y elevar a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, documentos, estudios e informes del AMM.

El órgano ejecutor de las decisiones de la Junta Directiva será la Gerencia General, quien será responsable de realizar las tareas técnicas y administrativas para la coordinación y el correcto funcionamiento del AMM.

5.1.1 Agentes del Mercado Mayorista

Los agentes del Mercado Mayorista, están definidos en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, y son: Generadores, Distribuidores, Transportistas y Comercializadores. Además de los agentes, se define también a los Grandes Usuarios. Cualquier agente y gran usuario es llamado en general: participante.

Para poder ser Agente o Gran Usuario del MM se debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

Tabla XXI. Agentes del mercado mayorista

PARTICIPANTE	REQUISITO
Generadores	Potencia máxima de por lo menos 10 MW.
Distribuidores	Tener por lo menos 20,000 usuarios.
Transportistas	Potencia firme conectada de por lo menos 10 MW
Comercializadores	Comprar o vender bloques de energía asociada a una potencia firme de al menos 10 MW.
Grandes usuarios	Demanda Máxima de al menos 100 KW.

Los participantes del Mercado Mayorista, tienen los siguientes derechos y obligaciones, definidos en el artículo 6 del Reglamento del AMM:

Obligaciones:

- No realizar actos contrarios a la libre competencia.
- Cumplir con las normas emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
- Obedecer las instrucciones de operación del Administrador del Mercado Mayorista.

- Instalar y mantener en buenas condiciones, los equipos de medición que le sean requeridos por el AMM.
- Los consumidores deben tener contratos de potencia, que les permita cubrir sus requerimientos de demanda firme.

Derechos:

- Operar libremente en el mercado mayorista, de acuerdo a la Ley.
- Acceso a la información sobre modelos y metodología utilizados por el AMM para la programación y el despacho.

5.2 Requisitos para participar en el AMM

Para participar en el Mercado Mayorista como gran usuario se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Presentar ante el AMM cuando se realicen transacciones en el Mercado a Término, de conformidad con la Norma de Coordinación Comercial No. 13, la siguiente información:

1.1 Una solicitud indicando que se desea incorporar al mercado a término, un contrato o modificación a un contrato vigente.

1.2 Declaración Jurada con el resumen de las condiciones contractuales más importantes, tales como: Tipo de Contrato, Precio, plazo, punto de entrega, fórmulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13.

- 1.3** Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.

- 2.** Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1), Base de Datos, Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1), Coordinación del Despacho de Carga, que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la Programación de Largo Plazo, Programación Semanal y Despacho Diario.

- 3.** Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 Kw. o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.

- 4.** Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.

- 5.** La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo.

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

5.3 Medición del consumo a grandes usuarios del AMM

En el reglamento del Administrador del Mercado Mayorista se establece el sistema de medición comercial con el objetivo de describir las características del sistema y de los equipos que formarán parte del sistema de Medición Comercial que utilizará el Administrador del Mercado Mayorista para liquidar las transacciones comerciales en el Mercado Mayorista de Electricidad de Guatemala.

Serán responsables de la instalación, operación y mantenimiento del Sistema de Medición Comercial en sus puntos de conexión con otros Participantes del MM:

Los Grandes Usuarios en sus conexiones con Transportistas o Distribuidores. De acuerdo a la demanda de potencia de los Grandes Usuarios la ubicación de los equipos de medición será.

Demandas de potencia de 101 a 500, Kw. la medición podrá ser ubicada del lado de alta o baja tensión del banco de transformación. En el caso de instalar la medición del lado de baja de la transformación, y el transformador sea propiedad del Gran Usuario, deberá compensarse las pérdidas a través del programa de aplicación y algoritmo disponible en el equipo de medición homologado por el AMM con las observaciones que se consideren oportunas. Si el banco de transformadores es propiedad del distribuidor no se compensarán las pérdidas a través del equipo de medición.

Demandas de potencia superiores a 500 Kw.: La medición deberá instalarse en el lado primario de alta de la transformación.

El AMM dará el aval de cada punto de medición, ya sea de los descritos en los incisos anteriores o de alguno que no esté contemplado dentro de los mismos.

Magnitudes a registrar y almacenar en Memoria

Deberá registrarse las siguientes magnitudes:

- (a) Registro acumulado de energía activa y reactiva entregada y/o recibida
- (b) potencia activa y reactiva máxima entregada y/o recibida
- (c) Potencia activa entregada y/o recibida instantánea,
- (d) factor de potencia instantáneo,
- (e) Voltaje instantáneo en fases

Magnitudes a Almacenar

- (a) energía activa entregada y/o Recibida por hora
- (b) energía reactiva entregada y/o Recibida por hora

Clase de exactitud y número de elementos

Transformadores de Medida

Cumpliendo con las Normas IEC 185, 186, 044-1 ó ANSI/IEEE C57.13

Puntos de Conexión: Generadores, Transportistas, Distribuidores y Grandes Usuarios para tensiones iguales o menores a 69 kV.

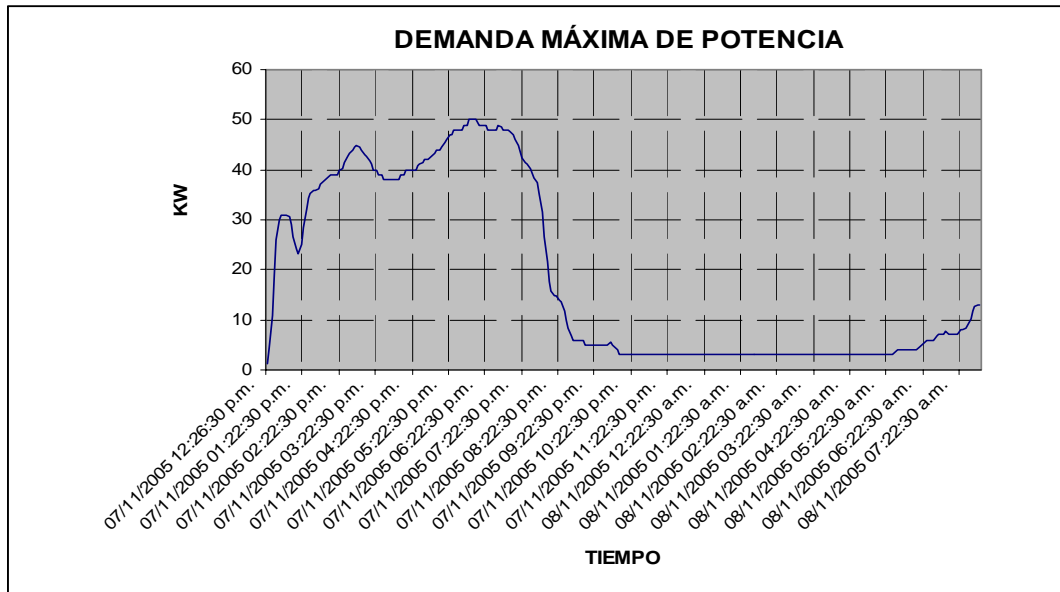
Tabla XXII, Clase de exactitud en transformadores de medida.

	ANSI / IEEE C57.13	
Entre 69 y 13.8 kV	Clase Exactitud (%)	Carga (Burden)
PT	0.3	75 VA
CT	0.3	22.5 VA
13.8 KV.		
PT	0.3	75 VA
CT	0.3	12.5 VA

5.4 Factibilidad de la incorporación del edificio S-2 al AMM

Para determinar si es posible la integración del edificio S-2 al mercado mayorista analizaremos la gráfica de la demanda que este tiene del sistema.

Figura 15. Gráfica demanda máxima de potencia.



De las mediciones realizadas al edificio, se establece que la demanda de potencia no supera los 100 KW, que son exigidos para ser agente del Mercado Mayorista como gran usuario. El mayor consumo que se tiene como se observa en la gráfica es de 50 KW, significando esto que debería de tenerse el doble de carga para cumplir con el requisito exigido por el A.M.M. otro inconveniente que se tiene para ser participante como gran usuario, es que en períodos de vacaciones la demanda de potencia es mucho menor al que se tiene en períodos normales de clases.

Considerando a anterior se determina que a corto plazo, el edificio S-2 de la Facultad de Derecho no puede participar como Gran Usuario En el Mercado Mayorista para contratar el servicio de electricidad con algún generador o comercializador.

6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO S-2

6.1 Costo para reemplazar dispositivos en la instalación

Todo proyecto de instalación eléctrica debe contener un presupuesto, en el que se refleje la inversión a tener para la ejecución del mismo cuando se trata de una instalación nueva o se requiere un cambio total de la instalación. El presupuesto a presentar consideraremos un cambio de los elementos que actualmente se encuentran en mal funcionamiento o la reposición de los mismos dentro de la instalación, esto para conocer el costo que se tendría si se hiciera este cambio.

Como se mencionó en el informe, el edificio no ha sufrido cambios ó aumentos drásticos de carga, por lo cual no se hace necesario un cambio total de la instalación eléctrica.

El cálculo realizado se inicio con un orden secuencial de los elementos que integran la instalación, acometida, tableros, canaletas, tomacorrientes, interruptores, conductores, iluminación.

El presupuesto realizado en la instalación del edificio incluye también el costo de la mano de obra, el cual depende en gran manera de quienes realicen la instalación, sin embargo como en cada facultad hay un departamento de mantenimiento el cual se encargaría de realizar los cambios.

Tomacorrientes:

Los tomacorrientes instalados son de 120 V, en las diferentes aulas se cuentan son tres o cuatro unidades en funcionamiento, sin embargo si existen las cajas rectangulares y los conductores necesarios para la instalación de nuevos tomacorrientes con lo cual el costo sería solamente de las unidades a instalar y el valor de la mano de obra, consideraremos instalar 2 unidades para cada salón.

Iluminación

La cantidad de lámparas para la iluminación existente dentro del edificio, se determino que es la correcta, sin embargo para corregir los lúmenes faltantes, es necesario realizar o tener un plan de mantenimiento correctivo en el que se incluya el cambio de las unidades defectuosas y la limpieza de las que emiten una luz muy tenue, tenemos el valor de la lámpara en sí, con un costo que depende del tipo de iluminación ó lámpara a utilizar en cada ambiente dentro del edificio, consideraremos lámparas fluorescentes tipo industrial de 2*40 RS, que incluye los dos tubos de 40 Watts a un precio de Q150.00 cada una.

En el primer nivel se tiene 10 lámparas de 2*40 Watts para las aulas, 7 lámparas de 1*40 Watts para reposición en pasillos interiores, 4 lámparas de 4*20 Watts para sustituir en el pasillo exterior del edificio. El total de lámparas instaladas para las aulas es 173 de 2*40 Watts, 60 lámparas de 1*40 Watts en pasillos interiores y 38 lámparas de 4*20 Watts en pasillos exteriores.

En el segundo nivel se tiene 8 lámparas de 2*40 Watts para las aulas, 5 lámparas de 1*40 Watts para reposición en pasillos interiores, del edificio. El total de lámparas instaladas para las aulas es 185 de 2*40 Watts, 60 lámparas de 1*40 Watts en pasillos interiores.

En el tercer nivel se tiene 9 lámparas de 2*40 Watts para las aulas, 8 lámparas de 1*40 Watts para reposición en pasillos interiores del edificio. El total de lámparas instaladas para las aulas es 180 de 2*40 Watts, 60 lámparas de 1*40 Watts en pasillos interiores.

Iluminación exterior.

Como se determinó anteriormente sobre la condición actual del edificio, no se cuenta con área de parqueo, sin embargo sí necesitamos iluminación exterior, la cual según normas de nivel de iluminación para calles, carreteras o parqueos debe ser de 20 lux, para lo cual utilizaremos lámparas tipo canasta de 240V y 175 Watts a una distancia promedio de 25 mts. El costo incluye los postes, lámparas y dispositivos para sujeción como varillas de anclaje, arandelas, pernos, tuercas.

Protección

Para la protección del edificio y la red de tierras se considera la utilización de varillas de cobre 5/8*8p, cable Thh desnudo 1/0 y soldadura cadwell.

Para visualizar mejor el costo de las mejoras de la instalación, presentamos el siguiente cuadro de costos.

Cuadro de costos de la instalación del edificio S-2

Tabla XXIII. Costo de mejoras de la instalación eléctrica del edificio S-2

DISPOSITIVOS	CANT	MATERIALES		INSTALACION		GRAN
		UNITARIO	TOTAL	UNITARIO	TOTAL	TOTAL
INSTALACIONES ELECTRICAS						
tomacorrientes 120V.15A 1er. nivel.	15	Q 24.00	Q 360.00	Q 25,00	Q 375,00	Q 735,00
tomacorrientes 120V.15A 2do. nivel.	18	Q 24.00	Q 432,00	Q 25,00	Q 450,00	Q 882,00
tomacorrientes 120V.15A 3er. nivel.	18	Q 24,00	Q 432,00	Q 25,00	Q 450,00	Q 882,00
Lámparas 1er. Nivel (2*40 W)	10	Q 150,00	Q 1500,00	Q 35,00	Q 350,00	Q 1850,00
Lámparas 1er. Nivel (1*40 W)	7	Q 125,00	Q 875,00	Q 35,00	Q 245,00	Q 1120,00
Lámparas 1er. Nivel (4*20 W)	4	Q 150,00	Q 600,00	Q 35,00	Q 140,00	Q 740,00
Lámparas 2do. Nivel (2*40 W)	8	Q 150,00	Q 1200,00	Q 35,00	Q 280,00	Q 1480,00
Lámparas 2do. Nivel (1*40 W)	5	Q 125,00	Q 625,00	Q 35,00	Q 175,00	Q 800,00
Lámparas 3er. Nivel (2*40 W)	9	Q 150,00	Q 1350,00	Q 35,00	Q 315,00	Q 1665,00
Lámparas 3er. Nivel (1*40 W)	8	Q 125,00	Q 1000,00	Q 35,00	Q 280,00	Q 1280,00
Lámparas tipo canasta 240V 175W	4	Q 350,00	Q 1400,00	Q 140,00	Q 560,00	Q 1960,00
varillas de cobre 5/8*8p +accesorios	4	Q 2500,00 incluye materiales, instalación, mano de obra				Q 2500,00
Total =						15,894,00

Tal como se observa en el cuadro anterior, la inversión o el costo que se tiene para reemplazar las unidades defectuosas o en mal estado que se encuentran en la instalación del edificio es bastante alta, por lo cual se hace conveniente aplicar el mantenimiento preventivo y correctivo, con lo que se lograría reducir costos, y obtener un mayor tiempo de vida útil de los dispositivos instalados, así también como se mencionó anteriormente en cada facultad existe una unidad o departamento de mantenimiento el cual sería el encargado de realizar las reparaciones o instalaciones de dispositivos a reemplazar, con lo cual se evita el valor de mano de obra que se incluye en el anterior presupuesto.

Los cambios propuestos se realizaron con base en la medición y revisión efectuada a las instalaciones del edificio, el cual tiene una carga básicamente de iluminación debido al tipo de actividades que en este se realizan. El valor de los equipos necesarios para la realización de cambios o reparaciones de la instalación, no se presentan ya que se asume que el personal de mantenimiento cuenta con ellos tales como pinzas, voltímetros, alicates, cinta aislante, escaleras, etc.

7. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

7.1 Análisis de distorsión de parámetros eléctricos en dos períodos de carga

Para este análisis consideraremos las mediciones realizadas en el período de carga y sin carga, y analizaremos la variación de los parámetros eléctricos, como la distorsión armónica de voltaje, corriente y voltaje entre líneas.

Figura 16. Distorsión armónica de voltaje plena carga y sin carga fase A

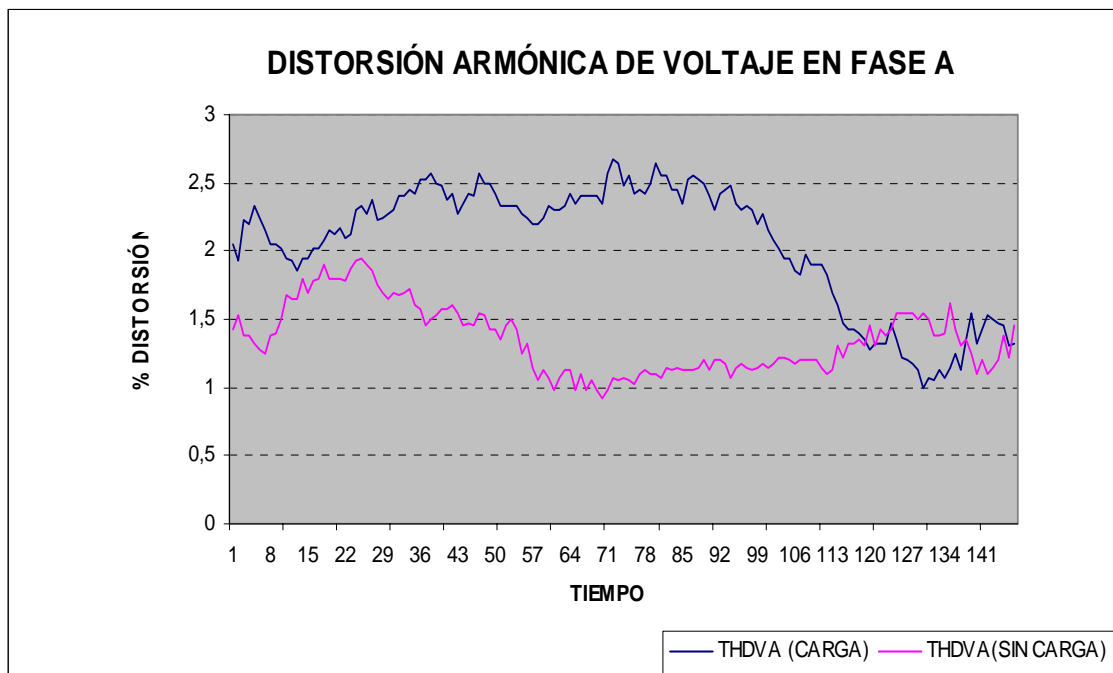


Figura 17. Distorsión armónica de voltaje plena carga y sin carga fase B

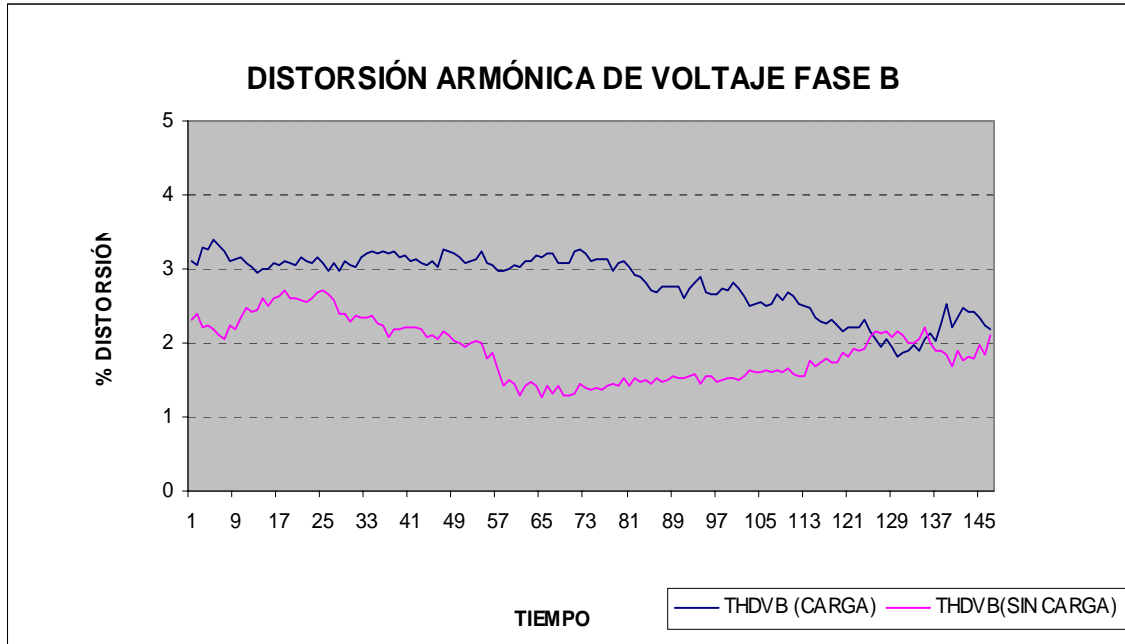
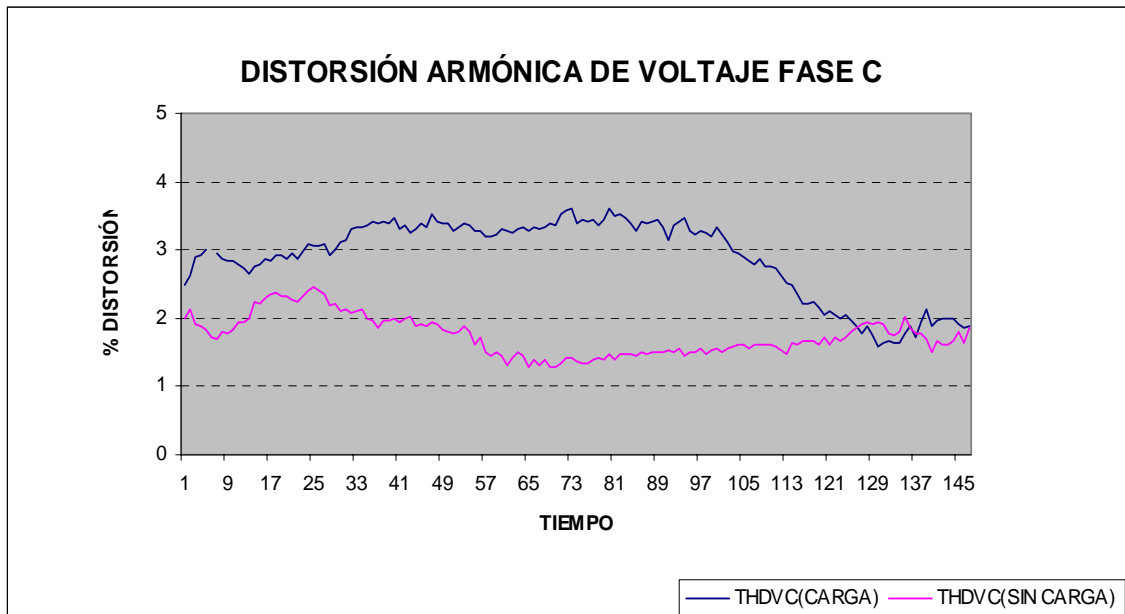


Figura 18. Distorsión armónica de voltaje plena carga y sin carga fase C



En las anteriores gráficas se observa que sí hay variación en la distorsión armónica de voltaje en cada uno de los períodos de medición, estas se dan debido a que durante la noche la carga disminuye en su mayoría y son pocos ambientes los que continúan conectados, reduciendo así el nivel de distorsión presente en el edificio.

El porcentaje de variación es pequeño, lo cual nos indica que la distorsión producida en las líneas de voltaje debido a efectos provocados por la red de distribución y por los elementos que se encuentran en la instalación del edificio, causa un efecto muy reducido. La variación en cada una de las fases es de 0.7% entre las fases AB, 0.91% entre las fases BC, y 1.15% entre las fases AC.

Es difícil determinar el porcentaje de distorsión armónica de voltaje, que aporta tanto la red interna del edificio como la red de distribución que lo alimenta, sin embargo el total de distorsión que se tiene se encuentra dentro del nivel aceptado por normas.

Figura 19. Distorsión armónica de corriente plena carga y sin carga fase A

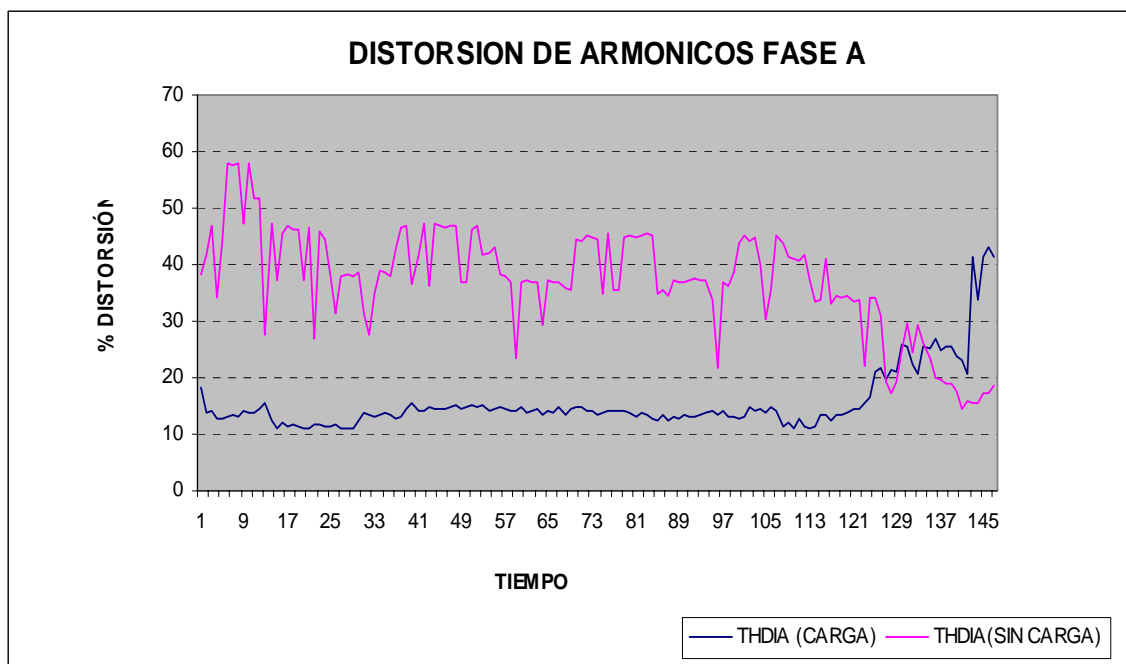


Figura 20. Distorsión armónica de Corriente plena carga y sin carga fase B

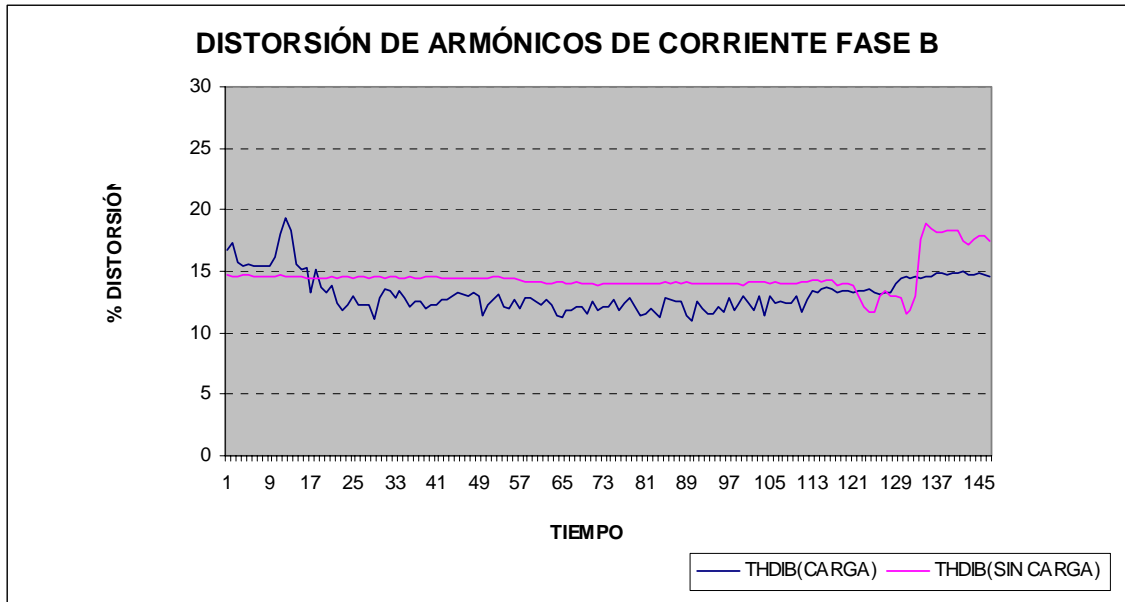
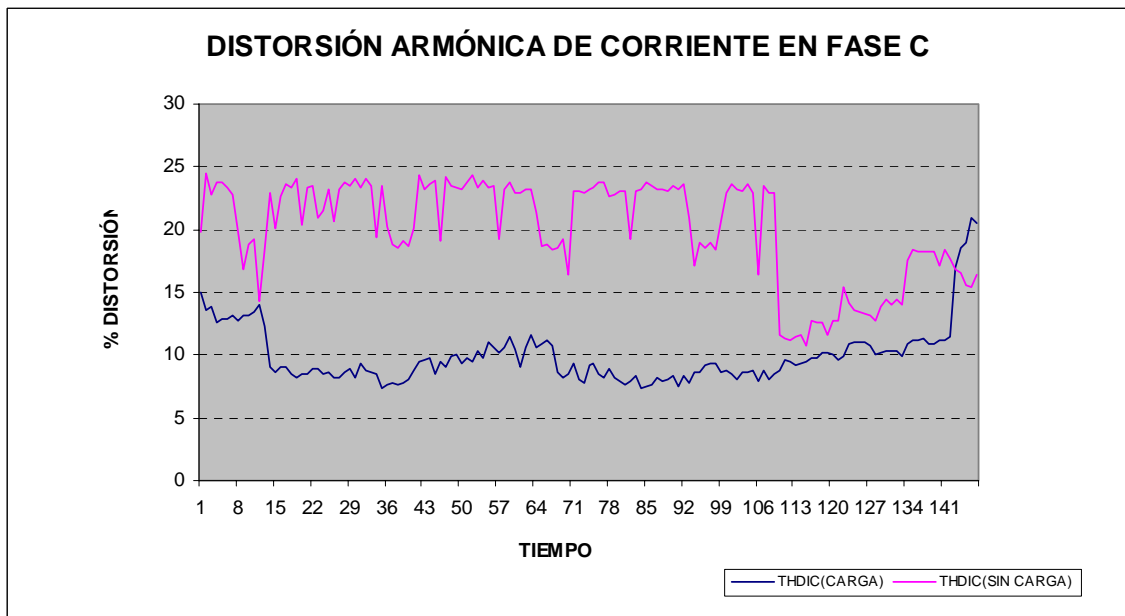


Figura 21. Distorsión armónica de corriente plena carga y sin carga fase C



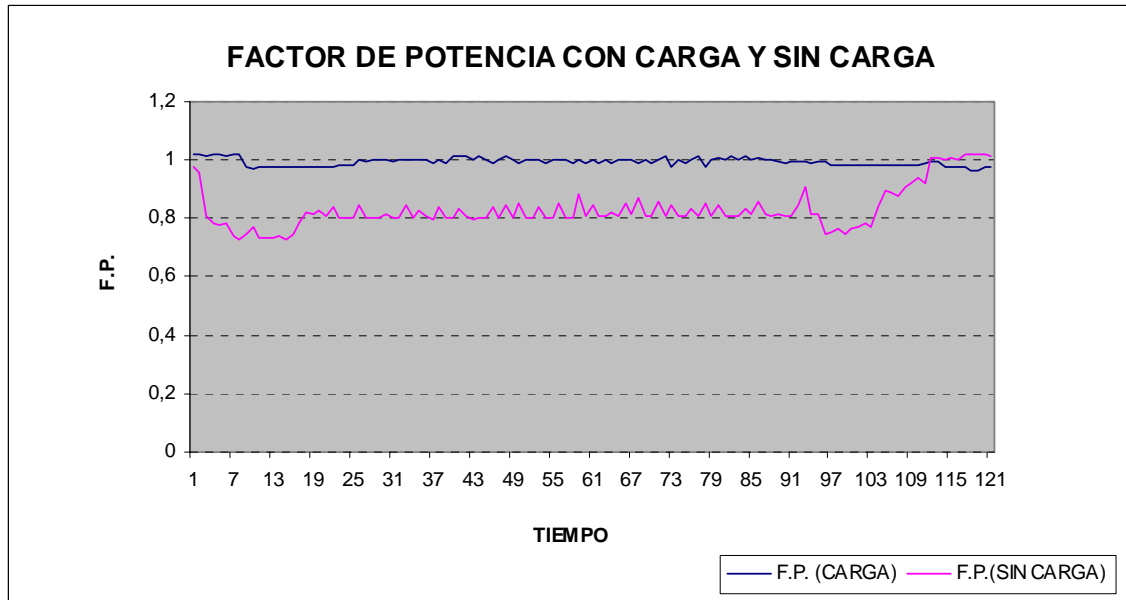
El comportamiento observado en las gráficas de distorsión armónica de corriente en el período de carga, así como en el período sin carga, se debe básicamente a la desconexión de carga tipo inductiva que corresponde a la iluminación en cada uno de los salones de clases.

Cuando la carga del edificio (iluminación) disminuye, la distorsión armónica de corriente aumenta, este fenómeno se debe a que la carga que continúa en funcionamiento es de tipo inductivo que corresponde a fotocopiadoras, computadoras y lámparas electrónicas que se encuentran en oficinas administrativas del edificio, estos equipos contienen elementos no lineales, tales como capacitares, rectificadores, convertidores y elementos de frecuencia variable los cuales como se mencionó anteriormente son fuentes de armónicas provocando el comportamiento observado.

El porcentaje de distorsión en período de carga es mas bajo, esta disminución se debe a que la mayoría de carga es inductiva la cual absorbe y actúa como filtro para las armónicas que producen los equipos dentro del edificio y las armónicas que se reciben de la red de distribución, sin embargo es difícil determinar el valor en porcentaje que ingresa a la instalación ya que en el estudio se obtuvo el total de armónicos presentes en cada uno de los períodos de medición.

Las mediciones de campo nos permiten verificar y caracterizar el equipo que está generando las armónicas, para lo cual se identifican los puntos a medir y se realizan en los elementos no lineales en el circuito, para nuestro análisis los valores obtenidos se refieren al total de distorsión existente.

Figura 22. Gráfica de factor de potencia con carga y sin carga



De la anterior gráfica podemos determinar que en el período sin carga el factor de potencia es mas bajo y que al estar a plena carga éste aumenta, este efecto es producido a que durante el transcurso del día al estar conectada toda la carga que es inductiva

7.2 Efectos de distorsión armónica en redes de distribución e industrias.

Un análisis de este tipo es más aplicable en procesos industriales y en sistemas de distribución para conocer la dirección de los armónicos y determinar el aporte que se tiene por parte de la red de distribución o de la instalación, así como para tomar las medidas necesarias para corregir el problema.

En una red de distribución la aparición creciente de cargas no lineales, como convertidores estáticos de potencia, controladores de motores con rectificadores, hornos de arco en aplicaciones industriales, han ocasionado un aumento notable del contenido de armónicas.

El alto contenido armónico se manifiestan en forma de distorsiones de la onda de voltaje en la red de distribución, lo que implica que los consumidores ubicados cerca de las instalaciones industriales o aquellos que tienen alguna carga no lineal puedan ver expuestos sus equipos sensibles a esfuerzos excesivos ó a operaciones inadecuadas, así también la existencia de armónicas en la red de distribución provoca aumento de las pérdidas en equipos por efecto Joule, con el consecuente aumento de temperatura, sobreesfuerzo en aislamientos y disturbios provocados por interferencias en circuitos de control de protecciones y en sistemas de comunicaciones, es por esto que en sistemas de distribución se hace necesario este tipo de análisis, para evitar ó corregir el nivel de distorsión existente y el daño ocasionado a usuarios, a la red misma, así como las penalizaciones impuestas por un nivel alto de distorsión armónica.

A escala industrial, existen elementos que son generadores de armónicas, tales como iluminación, dispositivos electrónicos de potencia entre ellos los convertidores o rectificadores, inversores los cuales tienen una aplicación importante en procesos industriales debido a las ventajas que presentan con respecto a sistemas electromecánicos, máquinas rotativas, y en sí toda la carga que contenga elementos no lineales.

Es importante considerar que al utilizar capacitores para corregir el factor de potencia la distorsión se hace más compleja, los capacitores, junto con la reactancia del sistema pueden llevar a resonancias que magnifiquen las armónicas generadas por las cargas no lineales.

Existen procesos en la industria en donde el nivel de las distorsiones armónicas de corriente y voltaje puede estar variando significativamente, ocasionando que los equipos presenten fallas, pérdidas de energía en dispositivos como máquinas rotatorias y que estas tiendan a sufrir daños.

Así mismo la presencia de armónicos causa interferencias en circuitos electrónicos de sistemas de control, protección y comunicaciones y la degradación en sistemas de medición.

Existen otros efectos presentes en las instalaciones de las industrias tales como, incremento de las pérdidas y el calentamiento en casi todos los elementos de la misma, operación de fusibles en forma prematura cuando hay efectos de calentamiento, ruido en el sistema telefónico y de comunicaciones.

Por las causas que se provocan debido a distorsiones armónicas, la necesidad del análisis o estudio en sistemas de potencia e industrias es importante, ya que con ellos se logrará una mejor calidad de energía, así también el costo económico que representa para las industrias en que existan distorsiones que afecten las actividades que estas realicen.

8. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

8.1 Sistemas de alumbrado

Dentro de las instalaciones del edificio se hace necesario contar con una guía de mantenimiento de los sistemas eléctricos.

El mantenimiento en los sistemas de alumbrado permite la reducción de las pérdidas del alumbrado al mínimo posible y la de proporcionar la máxima intensidad de alumbrado tan económicamente como sea posible. Las labores correspondientes pueden ejecutarse en forma desordenada, al azar o dentro de un programa metódico.

Las pérdidas de iluminación pueden ser ocasionadas por acumulaciones de suciedad y polvo, envejecimiento de los dispositivos, fallas de estos, mala eficiencia luminosa, voltaje menor a la tensión nominal y factores de reflexión muy bajos del acabado del techo, paredes circundantes, piso y superficies de maquinaria o muebles.

Cuando los sistemas de alumbrado han sido elegidos, diseñados e instalados para proporcionar intensidades luminosas específicamente aplicadas a las diferentes áreas de trabajo, se supone que estos niveles de iluminación fueron debidamente estudiados con el fin de dar la cantidad de luz necesaria para las diferentes tareas laborales.

La eficiencia original del alumbrado, se puede mantener teniéndose un mantenimiento adecuado de los dispositivos de iluminación que existen en toda instalación eléctrica, así también el rendimiento de los sistemas de alumbrado se reduce notablemente al no recibir mantenimiento, al grado de perderse más de la mitad de luminosidad del valor de diseño.

8.1.1 Factores de pérdida en sistemas de iluminación

Existen factores de pérdida en el alumbrado, que son los causantes del 90% de pérdidas de luz en cualquier sistema de iluminación.

8.1.1.1 Deterioro de los dispositivos de iluminación

El rendimiento de lúmenes de las fuentes de luz decrece por el tiempo de uso de los elementos luminosos o, sea, con el número de horas que se mantiene encendido. A la baja del rendimiento luminoso se le llama demérito de luminosidad y es una característica inherente de todos los elementos que producen luz artificial. El usuario no puede hacer absolutamente nada para contrarrestar esta cualidad propia de todos los dispositivos de iluminación, sin embargo se puede lograr una reducción del demérito de la luminosidad al mínimo, manteniendo el voltaje en el dispositivo de iluminación dentro de un rango aproximadamente constante, el cual debe ser igual al voltaje nominal de operación de dichos dispositivos, con lo cual se evita el ennegrecimiento prematuro indebido, el deterioro más rápido de los filamentos de lo que comúnmente debe ser, reduciendo a la vez el efecto de la depreciación de su valor lumínico.

En luminarias incandescentes el filamento se evapora gradualmente cuando está encendido, depositándose el tungsteno evaporado sobre las paredes del bulbo de vidrio, lo que causa su ennegrecimiento. Este efecto da origen a que el filamento se adelgace, con lo que su consumo de energía decrece y consecuentemente el rendimiento luminoso de la lámpara disminuye.

8.1.1.2 Deterioro causado por polvo y suciedad

La disminución de la intensidad del alumbrado causado por la acumulación de suciedad y de polvo en condiciones ordinarias de operación alcanza valores del 30% lo que depende de la frecuencia con la que las unidades reciban limpieza.

Factores a considerar sobre los efectos causados por el polvo y suciedad tenemos.

1. Si se utilizan elementos lumínicos abiertos, el mantenimiento será generalmente más fácil.
2. La pérdida de luz ocasionada por suciedad y polvo depende de la clase y cantidad existente de estas materias, así como el ambiente en que se opera.
3. La proporción de materias extrañas que se adhieren dependen del diseño de la lámpara, del tipo del elemento luminoso y del acabado del artefacto.

8.1.1.3 Apagones en los dispositivos luminosos

Las fallas o apagones causados por el corte de energía eléctrica es un factor que contribuye a la pérdida de luz de los elementos lumínicos, este factor causa disminución del alumbrado hasta del 10%, lo que depende de la política de mantenimiento para el cambio individual de los dispositivos quemados.

8.1.1.4 Ineficiencia de las lámparas

Las luminarias más eficientes emiten casi la totalidad de lúmenes producidos por las lámparas en el área deseada. Luego que la instalación ha sido terminada resultará antieconómico retirar las unidades existentes para instalar otras nuevas de diferente tipo, como por ejemplo para cambiar unas luminarias de tipo de iluminación indirecta por unas de tipo directo. Es por esto que hay que elegir las adecuadamente antes de realizar la instalación.

8.1.1.5 Bajo voltaje

Cualquier disminución del voltaje ocasionado por alumbrado defectuoso, sobrecarga de los circuitos o regulación defectuosa del voltaje, origina un descenso de la intensidad luminosa producida por las lámparas.

Es importante que el voltaje de la red en los circuitos del alumbrado se mantenga a su valor nominal. El sobrevoltaje acortará la vida de las luminarias especialmente en el tipo incandescente, así también el sobrecalentamiento de las resistencias del alumbrado por luz fluorescente o por elementos de vapor de mercurio. Cuando se tiene bajo voltaje se reduce el rendimiento luminoso para todos los tipos de lámparas, causando además la inestabilidad del funcionamiento de las lámparas fluorescentes y de mercurio.

8.1.1.6 Superficies de baja reflectancia

Las superficies de las áreas de iluminación, incluyéndole cielo falso, paredes, columnas, pisos, maquinaria etc. Absorben luz. Sin embargo, la capacidad reflectiva de estas superficies tiene una decisiva influencia sobre el resultado definitivo y la eficiencia general del sistema de alumbrado. Si la mayoría de estas superficies es de color oscuro o su oscurecimiento se debe a la acumulación de adherencias de suciedad y polvo o a la decoloración de superficies que tuvieron acabados claros y brillantes con anterioridad, será absorbido un gran porcentaje de la luz emitida por los dispositivos de iluminación. Cuando se tienen superficies claras la luz que cae sobre esta será reflejada en gran proporción, con lo cual se tiene un aprovechamiento bastante alto de la luz.

8.2 Equipos auxiliares de mantenimiento

Para mantener en buenas condiciones los sistemas de iluminación, es necesario contar con fácil acceso a los elementos de alumbrado.

La elección de equipo tendrá que depender de factores como altura del montaje, extensión de las superficies por atender, accesibilidad de los artefactos del alumbrado y obstáculos que puedan existir en el área afectada. Dentro de los equipos para realizar tareas de mantenimiento se tienen escaleras, andamiajes, aspiradores de polvo, tanques de lavado para los artefactos del alumbrado etc.

Para realizar la limpieza a los elementos de iluminación no se tienen reglas fijas ni estrictas relativas a los tipos de jabones, detergentes, polvos etc., que deba usarse para lavar y limpiar reflectores, pantallas y otros equipos similares del sistema de iluminación, pero como regla general se debe tener presente el no usarse abrasivos ásperos. Los detergentes ordinarios y productos de limpieza suaves dan resultados satisfactorios para la mayoría de los tipos de dispositivos de iluminación. Para unidades que no han recibido mantenimiento durante mucho tiempo, se hace necesario aplicar detergentes más fuertes para la primera limpieza, usándose soluciones mas suaves en las operaciones de limpieza posteriores más frecuentes.

En el mantenimiento debe incluirse una revisión periódica de la intensidad del alumbrado, voltajes entre fases y en la revisión de determinados trabajos se tendrá que analizar la severidad de las tareas visuales que se deben desempeñar. Para la ejecución de estas inspecciones mantener una completa información que permita sostener un análisis continuado sobre la efectividad de la iluminación y los efectos de las diversas tareas de mantenimiento es preciso contar con determinados instrumentos, como voltímetros y medidores de iluminación.

El mantenimiento de los sistemas de iluminación no debe concretarse simplemente a la limpieza y a la reposición de dispositivos quemados sino que abarca también la reparación de los componentes de las instalaciones. Los desperfectos de los equipos pueden ser localizados y reparados en forma rápida y sencilla con un equipo de prueba bastante simple. Este equipo incluye un caudín eléctrico, pinzas, cortador de alambre, cinta aislante, desarmadores y un voltímetro con sus cables necesarios.

En un sistema de alumbrado los dispositivos de iluminación pueden ser cambiados individualmente, conforme se van quemando, o bien se pueden reemplazar los dispositivos en su totalidad antes que alcancen el límite de su vida promedio y estando aún en condiciones de operabilidad.

Cuando se reemplazan los dispositivos en forma colectiva o por grupo se obtiene más luz, menos interrupciones de las labores, mejor apariencia del sistema de alumbrado y menores costos de mantenimiento para el equipo auxiliar.

8.3 Operación de limpieza de dispositivos de iluminación

1. Remoción y limpieza de las rejillas. Estas por lo general son desmontadas para su limpieza, cuando son rejillas cruzadas se puede emplear una esponja con resultados eficientes, así también deben limpiarse los reflectores.

2. Limpieza de tubos fluorescentes. Los tubos se lavan con más facilidad al nivel del suelo, pero algunas veces se les lava junto al reflector si se dispone del equipo y espacio adecuado, dentro de la necesaria seguridad.

3. Dispositivos de iluminación a prueba de choques eléctricos. Por motivos de seguridad, los dispositivos de iluminación deben ser asegurados contra choques eléctricos, esto se logra mediante la desconexión del circuito correspondiente, sin embargo esto ocasiona poca iluminación para el personal de mantenimiento, para evitar este inconveniente es necesario colocar cinta aislante confiable para cubrir las partes expuestas de los portalámparas, o introducir bases aislantes en los mismos, evitándose con esto desconectar el circuito y perder visibilidad para realizar esta labor.

8.4 Mantenimiento en circuitos de fuerza de las instalaciones eléctricas

Para realizar un mantenimiento adecuado en los circuitos de fuerza, se debe hacer una revisión de los elementos que componen la instalación eléctrica, con lo que se pretende comprobar el aislamiento, probar continuidad y las reparaciones de los elementos dañados o con desperfectos.

Para comprobar el aislamiento, se debe verificar si el forro plástico del conductor se encuentra en buen estado, y que todos los accesorios de aislamiento estén conservando sus características dieléctricas, para conseguir un funcionamiento normal, para la realización de esta prueba se utiliza un Ohmiómetro o Megger y un voltímetro.

Al realizar esta operación se tendrá el siguiente procedimiento

1. Interrumpir la energía, desconectándose el interruptor termo magnético que alimenta el circuito.
2. Con el voltímetro se comprueba que no exista energía eléctrica en las líneas que se van a revisar.
3. Se identifican plenamente las líneas del circuito a revisar.
4. Para comprobar el aislamiento conectar una terminal del Megger a un conductor y la otra terminal a masa (tubería). Para realizar este paso se debe estar seguro que la otra punta del conductor no este en contacto con la masa del circuito, para evitar errores. La lectura del Megger debe indicar un valor de 5 megaohmios o más para considerar el aislamiento en buen estado.

Para realizar la prueba de continuidad se utilizará un ohmiómetro y se procede de la siguiente forma.

1. Identificación de líneas, localizándose el principio y final de cada una de ellas.
2. Colóquese una punta del ohmiómetro en un extremo del conductor y la otra punta en el otro extremo, esta operación se puede hacer cuando los extremos del conductor están a corta distancia y las puntas de prueba permiten hacer en esta forma la medición.

Si la distancia es grande, un extremo del conductor se coloca a masa y entre el otro extremo del conductor y masa se coloca el ohmiómetro, el cual si es análogo indicará por medio del movimiento de la aguja de escalas que si existe continuidad, y si es digital emitirá un sonido para indicar continuidad.

Cuando se requiere la reparación de alguna parte del circuito, se debe identificar o localizar la falla dentro del mismo y determinar que elementos se encuentran en mal estado para cambiarse, para realizar las reparaciones es necesario interrumpir la energía del circuito correspondiente, luego hacer el cambio respectivo y aplicar cinta aislante si las reparaciones así lo requieren, finalmente conectar el circuito para su funcionamiento.

Con un mantenimiento adecuado a las instalaciones eléctricas se obtienen ventajas que ya han sido mencionadas pero que daremos mayor énfasis, en el sistema de iluminación tendremos mayor suministro de luz, mejor apariencia de las instalaciones, mayor visualidad, menor esfuerzo visual para quienes se encuentran en los determinados ambientes del edificio, mayor seguridad. En los circuitos de fuerza se podrá evitar accidentes debido a fallas ocasionadas por deterioro de los elementos que la integran.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los actuales dispositivos instalados dentro del edificio, reciben poco mantenimiento, especialmente las luminarias, las cuales en determinados salones, la comodidad visual y rendimiento máximo no cumplen con normas técnicas establecidas para iluminación.
2. Los elementos eléctricos utilizados se encuentran dimensionados, apropiadamente, considerando que los circuitos que integran la instalación del edificio no han sufrido considerables aumentos de carga, los cuales puedan provocar riesgos para el personal, como para los equipos conectados.
3. De las mediciones realizadas en el edificio, para determinar la calidad del servicio de energía que se tiene, se observó que se producen fluctuaciones y distorsión en los parámetros eléctricos medidos, los cuales no son tan significativos, pero puede afectar a equipo sensible a variaciones que se tengan dentro de la instalación eléctrica.
4. En base al análisis de mediciones respecto a la demanda de potencia consumida y de los resultados obtenidos, no es factible la incorporación del edificio S-2, al Mercado Mayorista como Gran Usuario, para contratar el servicio de electricidad con agentes comercializadores o distribuidores.
5. Del análisis de la variación de los parámetros eléctricos en los períodos de plena y sin carga, no se puede determinar con precisión la dirección de la distorsión de armónicos generados por los elementos de la red eléctrica del edificio y los que se tienen en la red de distribución que lo alimenta.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, al sistema eléctrico del edificio, para evitar interrupciones que afecten las actividades educativas y administrativas que se realizan.
2. Cambio de luminarias en mal funcionamiento y reposición de las que fueron retiradas en los pasillos interiores y exteriores del edificio, así como en los salones de clases, donde existen dispositivos de iluminación en mal funcionamiento, lo cual provoca un nivel de iluminación bajo.
3. Implementar un sistema de tierras, que brinde mayor seguridad al equipo sensible que se tenga y en general a toda la instalación.
4. Si se aumenta la carga instalada, los nuevos circuitos deberán tomarse directamente de los tableros que se encuentran ubicados en cada nivel y no de los circuitos de iluminación ya instalados, lo cual podría sobrecargar estos, y provocar interrupciones del servicio debido al disparo de los interruptores de protección.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enríquez Harper, Gilberto. **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** 2ª ed. México: Limusa Noriega Editores
2. Fink, Donald y H Wayne Beaty. **Manual de ingeniería eléctrica.** 13 ed. Tomo II México: Mc. Graw Hill. 1996
3. Martín, José Raúl. **Diseño de Subestaciones Eléctricas.** 1ª ed. México: McGraw Hill, 1992
4. Mileaf, Harry. **Electricidad.** 2ª ed. México: Limusa.
5. Neagu Bratu, Serbán y Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones Eléctricas.** 2ª ed. México: Alfaomega, 1990, 1992.

APÉNDICES

Tabla XXIV Corriente de fases, voltaje entre fases, potencia activa, reactiva y aparente

HORA	IA	IB	IC	VAB	VBC	VCA	kWT tI	kVART tI	kVAT tI
12:26:30 p.m.	29,5	23	39	213,75	215	212	11	-2	11
12:30:30 p.m.	68,75	28,25	62	213	215	212	19	-3,25	19,75
12:34:30 p.m.	92,25	60,75	92,25	212	214,25	211,25	29,25	-5,75	30
12:38:30 p.m.	100,75	63,5	106,75	211,25	213,75	210,25	32,5	-4	32,75
12:42:30 p.m.	99,5	58,25	99	211	213,5	210,25	30,75	-6	31,25
12:46:30 p.m.	96,75	60	103,25	211	213,25	210	31	-5	31,5
12:50:30 p.m.	99	60	99,75	211,25	213,25	210,25	30,5	-6	31,5
12:54:30 p.m.	103,25	60	103,5	211,5	213,5	210,25	31,75	-5	32,5
12:58:30 p.m.	98	56,5	99,75	212	214	211	30,5	-6	30,75
1:02:30 p.m.	89	44	93,5	212	214	211	27	-5,5	27,75
1:06:30 p.m.	82,75	28,75	80,5	212	214	211	23	-4,75	23,25
1:10:30 p.m.	78	22	75	212	214	211	20,75	-4	21,25
1:14:30 p.m.	79,5	25,25	84	211,75	213,75	210,75	22,75	-2,5	22,75
1:18:30 p.m.	97,25	46	112,75	210,25	212	209	30	7,25	30,75
1:10:30 p.m.	107,75	48,5	125	209,75	211,75	208,5	32,5	8,25	33,5
1:22:30 p.m.	111	50	135,5	210	212	208	34,5	8	35,25
1:26:30 p.m.	113,25	56	137,75	209,5	211,5	207,75	35,5	8,25	36,5
1:30:30 p.m.	112	50	141,5	209,5	211,25	207,5	35,25	8	36
1:34:30 p.m.	115	57,5	135	208,25	210,5	207	35,75	8	36,75
1:38:30 p.m.	116,75	63,5	134,5	208	210,5	207	36,75	8,25	37,75
1:42:30 p.m.	121,75	65	135,25	207,75	210	206,75	37,25	8,5	38,25
1:46:30 p.m.	119,5	71	129,75	207,75	209,75	206,75	37,25	8,25	38,25
1:50:30 p.m.	123	76,75	126,5	207,5	209,5	207	38,25	8,5	39
1:54:30 p.m.	127,75	74,25	131,75	206,75	209	206,25	38,75	8,25	39,5
1:58:30 p.m.	128,25	71	131,5	206,75	209	206	38,25	8,5	39,25
2:02:30 p.m.	126,5	74,25	131,25	206,25	208,5	205,75	38,25	8	39,25
2:06:30 p.m.	131,75	74,25	134,25	206	208,5	205,75	39,5	8,25	40,5
2:10:30 p.m.	132	74,25	129,5	205,75	208,25	205,5	39	8,25	39,75
2:14:30 p.m.	132	80,25	130,5	206	208,25	205,5	39,75	8,5	40,5
2:18:30 p.m.	144	81,25	134,25	205,5	208	205,5	41,25	9,25	42,5
2:22:30 p.m.	145,5	80	129,75	205,25	207,75	205,5	41	9	42
2:26:30 p.m.	148,25	77,75	141,25	205,25	207,75	204,75	42,25	9	43,25
2:30:30 p.m.	154,75	84,25	140,25	204,75	207,75	205	44	9	45
2:34:30 p.m.	150	81	144	205	207,25	204,5	43,25	9	44,25
2:38:30 p.m.	146,5	84	156,5	205	207	204,25	44,75	9	45,75
2:42:30 p.m.	149,25	87,75	150	204,75	207	204	44,75	9	45,75

Continuación

HORA	IA	IB	IC	VAB	VBC	VCA	kWT tl	kVART tl	kVAT tl
2:46:30 p.m.	155,5	84,25	152,75	204,5	207	203,75	45,25	9	46
2:50:30 p.m.	152	84,25	154	204,25	207	203,75	45,25	9	46,25
2:54:30 p.m.	140	85,25	149	205	207,5	204,5	43,5	2	43,5
2:58:30 p.m.	128,75	82	145,25	205,5	208	205	41,5	2	41,5
3:02:30 p.m.	131,75	82	141,5	205,5	208	205	41,75	4,75	41,75
3:06:30 p.m.	137,75	77,5	136,25	204,75	208	204,75	41,25	3,25	41,25
3:10:30 p.m.	134	76	133,75	205	208	205,5	40	-0,25	40,25
3:14:30 p.m.	131,75	73,25	134,25	205,25	208,25	205,5	39,75	0,5	39,75
3:18:30 p.m.	137,25	66	138,25	205,5	209	205,5	40	0,5	40
3:22:30 p.m.	135,25	66	126	205,75	208,75	205,75	38,25	1,75	38,75
3:26:30 p.m.	127	66	126	206	209	206	37,5	0	37,5
3:30:30 p.m.	128	70,25	120,25	205,75	209	206	37,25	6,5	38
3:34:30 p.m.	130,5	73,5	118,25	206	209	206	37,75	1,5	38,25
3:38:30 p.m.	128,25	81,5	125,25	206	208,75	206	39,5	1,75	39,75
3:42:30 p.m.	126,5	78,25	120,25	206,5	209,25	206,5	38,25	1,5	38,5
3:46:30 p.m.	129,5	75	125	206	209	206,25	38,5	1,75	38,75
3:50:30 p.m.	126,75	69	120	206,75	209,75	206,75	37,25	0,5	37,25
3:54:30 p.m.	133,25	73	130,5	207	210	206,5	39,75	2,25	40
3:58:30 p.m.	141	75	114,5	206,75	210	207,25	38,75	0	38,75
4:02:30 p.m.	134,25	72	117,75	207,25	210,5	208	38,5	0	38,5
4:06:30 p.m.	134	77,25	129,75	207,5	210,25	207,5	40,25	3,5	40,75
4:10:30 p.m.	139	79	122,25	207,5	210,75	207,75	40,5	1,75	40,75
4:14:30 p.m.	142,75	79	113,75	207,75	211	208,25	40	1,75	40
4:18:30 p.m.	136	79	117	207,5	210,25	208	39,5	0	39,5
4:22:30 p.m.	144,5	82	134	207,25	210	207,5	42,5	4	43
4:26:30 p.m.	143,5	79	119,5	207,5	211	208	40,75	3,5	40,75
4:30:30 p.m.	147,25	88	117,5	207,5	210,75	208,5	42	4,5	42,25
4:34:30 p.m.	155,25	94,25	121,25	207,25	210,25	208,25	44	3,5	44,5
4:38:30 p.m.	144,75	94	120	207,75	210,5	208,25	42,5	1,75	42,75
4:42:30 p.m.	151,75	92	118,75	207	210,5	208,25	43	4	43,25
4:46:30 p.m.	137,5	91	115,5	208,25	210,5	208,75	40,5	3,25	41
4:50:30 p.m.	150	91,25	140,5	208,25	210,75	208,25	45,25	5,5	45,5
4:54:30 p.m.	145	91,25	142,75	208,75	210,75	208,5	45	5,75	45,5
4:58:30 p.m.	140,75	94,5	143,25	209	211,25	208,75	45	5,5	45
5:02:30 p.m.	141,75	91	128,75	208	210	208,5	42,75	2,25	43
5:06:30 p.m.	149,25	93,75	147,25	207,75	210	208,25	46	5,75	46,75
5:10:30 p.m.	149,25	95,5	147,5	207,5	210	208,25	46,5	4,5	46,5
5:14:30 p.m.	154,75	97,25	142,5	207,5	210	208,25	46,5	4,5	46,5
5:18:30 p.m.	158,25	94	137,75	207	210	208	46	4,5	46,25
5:22:30 p.m.	152,25	100,25	152,25	207,75	209,75	208,25	47,75	5,75	48,25
5:26:30 p.m.	159,5	97,75	156,25	207	209,75	207	48,75	4	49
5:30:30 p.m.	158,75	95	148,75	205,5	208,5	206,25	47	3,75	47,25
5:34:30 p.m.	155,75	98	154,75	206	208,5	206,5	47,75	3,5	48,25

Continuación

HORA	IA	IB	IC	VAB	VBC	VCA	kWT tl	kVART tl	kVAT tl
5:38:30 p.m.	154,25	103,25	157,5	205,5	207,75	205,75	48,5	7,25	49,25
5:42:30 p.m.	162	103	168,5	205,25	207,25	205	50,5	9,75	51,5
5:46:30 p.m.	150,5	100	162,25	205,75	207,75	205,75	48,25	9,25	49
5:50:30 p.m.	156,5	103,25	154,75	207,25	209,5	207,75	48,75	9,25	49,75
5:54:30 p.m.	160,5	106,75	171,5	207,75	209,5	207,5	51,75	9,25	52,5
5:58:30 p.m.	160,25	97	166,5	208,5	210,75	208	50	9,5	50,75
6:02:30 p.m.	155,25	97	159,5	207,75	210,5	208,25	48,5	9,25	49,25
6:06:30 p.m.	162	96,25	159,5	206,25	208,75	206,5	49	9,25	50
6:10:30 p.m.	155	96,25	158,5	206,75	209	207,25	48	9	49
6:14:30 p.m.	161	101,75	158,25	206,25	208,25	206,75	49,25	9	50,25
6:18:30 p.m.	156,25	106	153,25	206	208	207	48,5	9	49,5
6:22:30 p.m.	157	97	163,25	205,75	208	205,75	48,5	9	49,5
6:26:30 p.m.	156,75	100	155,25	205,5	207,75	206	48	9	48,75
6:30:30 p.m.	159,5	103	162,75	205,5	207,75	206	49,75	9,75	50,5
6:34:30 p.m.	156,5	103	148,25	205,5	207,5	206,5	47,5	9	48,5
6:38:30 p.m.	157,5	100,25	154,5	205,75	208	206,75	48,25	9,25	49,25
6:42:30 p.m.	163	101,5	148,25	205,75	208	206,75	48,25	9,25	49
6:46:30 p.m.	158,25	97	144,5	206,75	209	207,75	46,5	9,25	47,5
6:50:30 p.m.	167,25	101,75	145	207	209,5	208,5	48,5	9,75	49,5
6:54:30 p.m.	155	93,25	155,75	207,5	210,25	208,75	47,5	9,75	48,5
6:58:30 p.m.	160,25	90	153	208,25	211	209	47,5	9,5	48,5
7:02:30 p.m.	147,5	93,25	149	208,75	211	209,75	45,75	9,25	46,75
7:06:30 p.m.	134,5	96,5	150,75	209,5	211	210,25	45,25	5,25	45,75
7:10:30 p.m.	133	90	135,5	209,75	211,25	210,75	42,75	5,25	43
7:14:30 p.m.	122	99,75	129	210,25	211,5	211,5	41,75	4	41,75
7:18:30 p.m.	126,75	90	129	210,25	212	211,5	41	4	41,5
7:22:30 p.m.	117,25	93,25	142,25	211,25	212,5	211,75	41,75	8,25	42,5
7:26:30 p.m.	113,25	93,25	132,5	211	212,25	211,75	40,5	9	41,25
7:30:30 p.m.	114,5	93,25	134,25	211	212	211,5	40,75	9,25	41,75
7:34:30 p.m.	105,25	93,25	133	211,5	212	211,75	39,5	8,5	40,5
7:38:30 p.m.	95,5	90	132,5	211,75	212,25	212	37,75	8,25	38,5
7:42:30 p.m.	83,25	95,75	123,25	212,25	212,5	212,5	36	8	37
7:46:30 p.m.	77,25	84,5	118,75	213,25	213,25	213	33,25	8,25	34,25
7:50:30 p.m.	68	57,25	102,25	213,75	214,5	214	27	7,75	28
7:54:30 p.m.	62,25	36,75	79,5	214	215,5	214,75	21	6,75	22
7:58:30 p.m.	43,5	27	71,75	213,5	214,75	214	16,25	3,75	17
8:02:30 p.m.	40,25	20,5	65,5	214	216	214,75	14,75	3	15
8:06:30 p.m.	43	20,5	66	214,75	216,25	215	15	3	15,25
8:10:30 p.m.	40	21,75	63	214,25	216	215	14,25	3	15
8:14:30 p.m.	40	21	62,75	213,75	215,25	214,25	14,25	3	15
8:18:30 p.m.	40	21	57,5	213,75	215	214	13,5	3	14
8:22:30 p.m.	37	21	46	214	215,25	215	12	3	12
8:26:30 p.m.	35	21,75	41,5	214,25	215,75	215,25	11,25	3,25	11,25

Continuación

HORA	IA	IB	IC	VAB	VBC	VCA	kWT tl	kVART tl	kVAT tl
8:30:30 p.m.	16,5	21,75	30	216	216,5	216,25	6,5	5	8
8:34:30 p.m.	16,25	22	30	216	217	216,75	6,5	5	8
8:38:30 p.m.	10,75	21,75	30	215,75	216,75	216,25	6	5	7,75
8:42:30 p.m.	10	21,5	30	215,5	216	215,5	6	5	7,5
8:46:30 p.m.	11,75	21	30,5	214,75	215	215	6	5	7,75
8:50:30 p.m.	10	21	32	214,75	215	215	6	5	8
8:54:30 p.m.	10	18,5	31	214,25	215	215	5,5	5	7,25
8:58:30 p.m.	11	17,25	31	215	215,5	215,5	5	5	7
9:02:30 p.m.	11	17,5	31	215,5	215,75	215,5	5	5	7
9:06:30 p.m.	12,5	17	31	214	214,75	214,5	5,5	5	7
9:10:30 p.m.	15,25	17	33	214	215	214,75	6	5,25	7,75
9:14:30 p.m.	11	17	30	214,5	215	215	5	5	7
9:18:30 p.m.	11	17	30	215	215,75	215	5	5	7
9:22:30 p.m.	11	17,75	30	215,5	216	215,75	5	5	7
9:26:30 p.m.	12	18	30	216	216,5	216	5,25	5	7
9:30:30 p.m.	11	18	30,5	216,5	217,5	217	5,25	5	7
9:34:30 p.m.	11,25	18	31	217	217,75	217,25	5,5	5	7,25
9:38:30 p.m.	12	18	30,5	217	218	217	5	5	7
9:42:30 p.m.	12,75	18	30,25	217	218	217	5,25	5	7,25
9:46:30 p.m.	14,25	18	30	217	217,75	217	5,75	5	7,75
9:50:30 p.m.	6,5	18	3	217,5	219	218	3	2	3
9:54:30 p.m.	9,75	18	7,25	218	219,5	218,75	3,75	2,25	4
9:58:30 p.m.	6,5	18	5	218,25	220	219	3	2	4
10:02:30 p.m.	6,75	18	5	218,5	220	218,75	3	2	4
10:06:30 p.m.	6,25	18	5	218,25	219,5	218,75	3	2	4
10:10:30 p.m.	7,5	18	6,5	218	220	219	3	2	4
10:14:30 p.m.	7	18	5	219	220	219	3	2	4
10:18:30 p.m.	6	18	5,5	218,75	219,75	219	3	2	4
10:22:30 p.m.	7,5	18	5	217,75	218,75	217,75	3	2	4
10:26:30 p.m.	6,5	18	5	217,5	218	217,5	3	2	4
10:30:30 p.m.	5	18	5	217,75	219	218	3	2	3
10:34:30 p.m.	5	18	5,25	218	219	218	3	2	3,25
10:38:30 p.m.	5	18	6	218	219	218	3	2	4
10:42:30 p.m.	8,25	18	9,5	218	219,25	218,25	3,75	2,25	4,5
10:46:30 p.m.	5	18	6,25	218,25	219	218,25	3	2	4
10:50:30 p.m.	5,75	18	6	219	220	219	3	2	4
10:54:30 p.m.	4,5	18	8,25	219	220	219	3	2	4
10:58:30 p.m.	7	18	6,25	219,5	220	219	3	2	4
11:02:30 p.m.	4	18	5	218	218,25	217,25	3	2	3
11:06:30 p.m.	7,5	18	8,5	218	219	217,75	3,75	2,25	3,75
11:10:30 p.m.	4	18	5,25	218,5	219	218	3	2	3
11:14:30 p.m.	4	18	5	219	219	218,25	3	2	3
11:18:30 p.m.	4	18	5,25	219	219,5	218,75	3	2	3,25

Tabla XXV Distorsión armónica de corriente de fases

HORA	THDIA	THDIB	THDIC	HORA	THDIA	THDIB	THDIC
12:26:30 p.m.	18,25	16,7	14,975	4:34:30 p.m.	13,6	11,325	10,65
12:30:30 p.m.	13,9	17,325	13,65	4:38:30 p.m.	14,225	11,2	10,95
12:34:30 p.m.	14,275	15,75	13,85	4:42:30 p.m.	13,85	11,85	11,15
12:38:30 p.m.	12,85	15,5	12,575	4:46:30 p.m.	14,85	11,8	10,775
12:42:30 p.m.	12,75	15,6	12,925	4:50:30 p.m.	13,525	12,125	8,6
12:46:30 p.m.	13,225	15,45	12,9	4:54:30 p.m.	14,5	12,15	8,25
12:50:30 p.m.	13,3	15,4	13,125	4:58:30 p.m.	14,725	11,55	8,55
12:54:30 p.m.	13	15,475	12,775	5:02:30 p.m.	14,95	12,55	9,35
12:58:30 p.m.	13,975	15,45	13,1	5:06:30 p.m.	13,975	11,875	8,1
1:02:30 p.m.	13,775	16,225	13,225	5:10:30 p.m.	14,225	12,1	7,85
1:06:30 p.m.	13,95	17,975	13,475	5:14:30 p.m.	13,55	12,15	9,25
1:10:30 p.m.	14,575	19,3	13,975	5:18:30 p.m.	13,675	12,625	9,4
1:14:30 p.m.	15,35	18,3	12,35	5:22:30 p.m.	14,3	11,775	8,45
1:18:30 p.m.	12,525	15,575	9,075	5:26:30 p.m.	14,025	12,4	8,25
1:10:30 p.m.	11,125	15,175	8,675	5:30:30 p.m.	14,175	12,775	8,85
1:22:30 p.m.	11,95	15,25	9,05	5:34:30 p.m.	14,15	12,125	8,2
1:26:30 p.m.	11,5	13,25	9,025	5:38:30 p.m.	13,925	11,45	7,925
1:30:30 p.m.	11,65	15,175	8,475	5:42:30 p.m.	13,275	11,5	7,675
1:34:30 p.m.	11,275	13,75	8,2	5:46:30 p.m.	13,9	12	7,95
1:38:30 p.m.	10,975	13,3	8,5	5:50:30 p.m.	13,55	11,65	8,375
1:42:30 p.m.	11,15	13,85	8,525	8:38:30 p.m.	21	13,325	10,975
1:46:30 p.m.	11,65	12,35	8,9	8:42:30 p.m.	21,6	13,175	11,05
1:50:30 p.m.	11,825	11,875	8,95	8:46:30 p.m.	19,675	13,25	10,825
1:54:30 p.m.	11,55	12,325	8,475	8:50:30 p.m.	21,5	13,225	10,05
1:58:30 p.m.	11,325	12,925	8,575	8:54:30 p.m.	21,075	14	10,2
2:02:30 p.m.	11,675	12,325	8,25	8:58:30 p.m.	25,925	14,425	10,275
2:06:30 p.m.	10,95	12,275	8,175	9:02:30 p.m.	25,375	14,625	10,375
2:10:30 p.m.	10,9	12,325	8,625	9:06:30 p.m.	22,525	14,4	10,35
2:14:30 p.m.	10,9	11,175	8,85	9:10:30 p.m.	20,6	14,525	9,975
2:18:30 p.m.	12,475	12,9	8,175	9:14:30 p.m.	25,45	14,425	10,875
2:22:30 p.m.	13,825	13,525	9,3	9:18:30 p.m.	25,25	14,625	11,15
2:26:30 p.m.	13,35	13,35	8,825	9:22:30 p.m.	27,025	14,575	11,125
2:30:30 p.m.	13,225	12,825	8,575	9:26:30 p.m.	24,725	14,825	11,275
2:34:30 p.m.	13,425	13,4	8,525	9:30:30 p.m.	25,375	14,875	10,875
2:38:30 p.m.	13,7	12,775	7,375	9:34:30 p.m.	25,675	14,7	10,85
2:42:30 p.m.	13,475	12,075	7,7	9:38:30 p.m.	23,9	14,85	11,225
2:46:30 p.m.	12,925	12,6	7,825	9:42:30 p.m.	23,175	14,85	11,15
2:50:30 p.m.	13,25	12,55	7,6	9:46:30 p.m.	20,825	14,95	11,45
2:54:30 p.m.	14,425	11,9	7,775	8:38:30 p.m.	21	13,325	10,975
2:58:30 p.m.	15,5	12,275	8,05	8:42:30 p.m.	21,6	13,175	11,05
3:02:30 p.m.	14,275	12,3	8,75	8:46:30 p.m.	19,675	13,25	10,825
3:06:30 p.m.	14,125	12,675	9,525	8:50:30 p.m.	21,5	13,225	10,05
3:10:30 p.m.	14,775	12,675	9,575	8:54:30 p.m.	21,075	14	10,2
3:14:30 p.m.	14,425	13	9,7	8:58:30 p.m.	25,925	14,425	10,275
3:18:30 p.m.	14,5	13,25	8,5	9:02:30 p.m.	25,375	14,625	10,375
3:22:30 p.m.	14,55	13,1	9,525	9:06:30 p.m.	22,525	14,4	10,35
3:26:30 p.m.	14,825	13,025	9,125	9:10:30 p.m.	20,6	14,525	9,975
3:30:30 p.m.	15,125	13,3	9,9	9:14:30 p.m.	25,45	14,425	10,875
3:34:30 p.m.	14,475	13	10,025	9:18:30 p.m.	25,25	14,625	11,15
3:38:30 p.m.	14,85	11,45	9,4	9:22:30 p.m.	27,025	14,575	11,125
3:42:30 p.m.	15,025	12,225	9,825	9:26:30 p.m.	24,725	14,825	11,275
3:46:30 p.m.	14,825	12,725	9,475	9:30:30 p.m.	25,375	14,875	10,875
3:50:30 p.m.	15,1	13,1	10,3	9:34:30 p.m.	25,675	14,7	10,85
3:54:30 p.m.	14,1	12,125	9,8	9:38:30 p.m.	23,9	14,85	11,225
3:58:30 p.m.	14,6	11,925	10,975	9:42:30 p.m.	23,175	14,85	11,15
4:02:30 p.m.	14,675	12,725	10,55	9:46:30 p.m.	20,825	14,95	11,45
4:06:30 p.m.	14,325	12	10,175	8:38:30 p.m.	21	13,325	10,975
4:10:30 p.m.	14,225	12,85	10,575	8:42:30 p.m.	21,6	13,175	11,05
4:14:30 p.m.	14,025	12,775	11,45	8:46:30 p.m.	19,675	13,25	10,825
4:18:30 p.m.	14,8	12,575	10,475	8:50:30 p.m.	21,5	13,225	10,05
4:22:30 p.m.	13,925	12,275	9	8:54:30 p.m.	21,075	14	10,2
4:26:30 p.m.	14,025	12,675	10,575	8:58:30 p.m.	25,925	14,425	10,275
4:30:30 p.m.	14,55	12,325	11,625	9:02:30 p.m.	25,375	14,625	10,375

Tabla XXVI Distorsión armónica THD de voltaje de fases, valores porcentuales

HORA	THDVab	THDVbc	THDVca	HORA	THDVab	THDVbc	THDVca
12:26:30 p.m.	2,05	3,1	2,5	4:38:30 p.m.	2,35	3,15	3,275
12:30:30 p.m.	1,925	3,05	2,625	4:42:30 p.m.	2,4	3,2	3,325
12:34:30 p.m.	2,225	3,3	2,9	4:46:30 p.m.	2,4	3,2	3,3
12:38:30 p.m.	2,2	3,275	2,925	4:50:30 p.m.	2,4	3,075	3,325
12:42:30 p.m.	2,325	3,4	3	4:54:30 p.m.	2,4	3,075	3,375
12:46:30 p.m.	2,25	3,325	3	4:58:30 p.m.	2,35	3,075	3,35
12:50:30 p.m.	2,15	3,25	2,95	5:02:30 p.m.	2,575	3,225	3,525
12:54:30 p.m.	2,05	3,1	2,875	5:06:30 p.m.	2,675	3,275	3,575
12:58:30 p.m.	2,05	3,125	2,85	5:10:30 p.m.	2,65	3,2	3,6
1:02:30 p.m.	2,025	3,15	2,85	5:14:30 p.m.	2,475	3,1	3,4
1:06:30 p.m.	1,95	3,075	2,8	5:18:30 p.m.	2,55	3,125	3,45
1:10:30 p.m.	1,925	3,025	2,725	5:22:30 p.m.	2,425	3,125	3,425
1:14:30 p.m.	1,85	2,95	2,65	5:26:30 p.m.	2,45	3,125	3,45
1:18:30 p.m.	1,95	3	2,75	5:30:30 p.m.	2,425	2,975	3,35
1:10:30 p.m.	1,95	3	2,775	5:34:30 p.m.	2,5	3,075	3,45
1:22:30 p.m.	2,025	3,075	2,875	5:38:30 p.m.	2,65	3,1	3,6
1:26:30 p.m.	2,025	3,05	2,85	5:42:30 p.m.	2,55	3,025	3,5
1:30:30 p.m.	2,075	3,1	2,925	5:46:30 p.m.	2,55	2,925	3,525
1:34:30 p.m.	2,15	3,075	2,925	5:50:30 p.m.	2,45	2,9	3,475
1:38:30 p.m.	2,125	3,05	2,875	5:54:30 p.m.	2,45	2,825	3,4
1:42:30 p.m.	2,175	3,15	2,95	5:58:30 p.m.	2,35	2,7	3,275
1:46:30 p.m.	2,1	3,1	2,875	6:02:30 p.m.	2,525	2,675	3,425
1:50:30 p.m.	2,125	3,075	2,975	6:06:30 p.m.	2,55	2,775	3,375
1:54:30 p.m.	2,3	3,15	3,1	6:10:30 p.m.	2,525	2,775	3,425
1:58:30 p.m.	2,325	3,075	3,05	6:14:30 p.m.	2,5	2,775	3,45
2:02:30 p.m.	2,275	2,975	3,05	6:18:30 p.m.	2,4	2,775	3,325
2:06:30 p.m.	2,375	3,075	3,1	6:22:30 p.m.	2,3	2,6	3,15
2:10:30 p.m.	2,225	2,975	2,925	6:26:30 p.m.	2,425	2,725	3,35
2:14:30 p.m.	2,25	3,1	3	6:30:30 p.m.	2,45	2,825	3,425
2:18:30 p.m.	2,275	3,05	3,125	6:34:30 p.m.	2,475	2,9	3,475
2:22:30 p.m.	2,3	3,025	3,15	6:38:30 p.m.	2,35	2,675	3,275
2:26:30 p.m.	2,4	3,15	3,3	6:42:30 p.m.	2,3	2,65	3,225
2:30:30 p.m.	2,4	3,2	3,325	6:46:30 p.m.	2,325	2,65	3,275
2:34:30 p.m.	2,45	3,25	3,325	6:50:30 p.m.	2,3	2,725	3,25
2:38:30 p.m.	2,425	3,2	3,35	6:54:30 p.m.	2,2	2,7	3,2
2:42:30 p.m.	2,525	3,225	3,425	6:58:30 p.m.	2,275	2,825	3,325
2:46:30 p.m.	2,525	3,2	3,375	7:02:30 p.m.	2,15	2,725	3,225
2:50:30 p.m.	2,575	3,225	3,425	7:06:30 p.m.	2,075	2,625	3,125
2:54:30 p.m.	2,5	3,15	3,4	7:10:30 p.m.	2,025	2,5	2,975
2:58:30 p.m.	2,475	3,175	3,475	7:14:30 p.m.	1,95	2,525	2,95
3:02:30 p.m.	2,375	3,1	3,3	7:18:30 p.m.	1,95	2,55	2,9
3:06:30 p.m.	2,425	3,125	3,35	7:22:30 p.m.	1,85	2,5	2,85
3:10:30 p.m.	2,275	3,075	3,25	7:26:30 p.m.	1,825	2,525	2,8
3:14:30 p.m.	2,35	3,05	3,3	7:30:30 p.m.	1,975	2,65	2,875
3:18:30 p.m.	2,425	3,1	3,375	7:34:30 p.m.	1,9	2,575	2,75
3:22:30 p.m.	2,4	3,025	3,325	7:38:30 p.m.	1,9	2,675	2,75
3:26:30 p.m.	2,575	3,275	3,525	7:42:30 p.m.	1,9	2,625	2,725
3:30:30 p.m.	2,5	3,25	3,425	7:46:30 p.m.	1,825	2,525	2,625
3:34:30 p.m.	2,5	3,2	3,375	7:50:30 p.m.	1,7	2,5	2,525
3:38:30 p.m.	2,425	3,15	3,375	7:54:30 p.m.	1,6	2,475	2,475
3:42:30 p.m.	2,325	3,075	3,275	7:58:30 p.m.	1,475	2,35	2,35
3:46:30 p.m.	2,325	3,1	3,325	8:02:30 p.m.	1,425	2,3	2,225
3:50:30 p.m.	2,325	3,125	3,4	8:06:30 p.m.	1,425	2,275	2,225
3:54:30 p.m.	2,325	3,225	3,35	8:10:30 p.m.	1,4	2,325	2,25
3:58:30 p.m.	2,275	3,075	3,275	8:14:30 p.m.	1,35	2,25	2,15
4:02:30 p.m.	2,25	3,05	3,275	8:18:30 p.m.	1,275	2,15	2,05
4:06:30 p.m.	2,2	2,975	3,2	8:22:30 p.m.	1,325	2,2	2,1
4:10:30 p.m.	2,2	2,975	3,2	8:26:30 p.m.	1,325	2,2	2,05
4:14:30 p.m.	2,25	3	3,225	8:30:30 p.m.	1,325	2,2	2
4:18:30 p.m.	2,325	3,05	3,3	8:34:30 p.m.	1,475	2,325	2,05
4:22:30 p.m.	2,3	3,025	3,275	8:38:30 p.m.	1,35	2,15	1,975
4:26:30 p.m.	2,3	3,1	3,25	8:42:30 p.m.	1,225	2,05	1,875
4:30:30 p.m.	2,325	3,1	3,3	8:46:30 p.m.	1,2	1,95	1,775
4:34:30 p.m.	2,425	3,175	3,325	8:50:30 p.m.	1,175	2,05	1,875

Continuación

HORA	THDVab	THDVbc	THDVca	HORA	THDVab	THDVbc	THDVca
8:58:30 p.m.	1	1,825	1,575	1:22:30 a.m.	1,425	2,025	1,825
9:02:30 p.m.	1,075	1,875	1,65	1:26:30 a.m.	1,425	2	1,8
9:06:30 p.m.	1,05	1,9	1,675	1:30:30 a.m.	1,35	1,95	1,775
9:10:30 p.m.	1,125	1,975	1,65	1:34:30 a.m.	1,45	2	1,8
9:14:30 p.m.	1,075	1,9	1,65	1:38:30 a.m.	1,5	2,025	1,875
9:18:30 p.m.	1,15	2,05	1,775	1:42:30 a.m.	1,425	2	1,8
9:22:30 p.m.	1,25	2,125	1,875	1:46:30 a.m.	1,25	1,8	1,625
9:26:30 p.m.	1,125	2,025	1,725	1:50:30 a.m.	1,325	1,875	1,725
9:30:30 p.m.	1,35	2,275	1,95	1:54:30 a.m.	1,15	1,625	1,5
9:34:30 p.m.	1,55	2,525	2,125	1:58:30 a.m.	1,05	1,425	1,45
9:38:30 p.m.	1,325	2,2	1,875	2:02:30 a.m.	1,125	1,5	1,5
9:42:30 p.m.	1,425	2,35	1,975	2:06:30 a.m.	1,075	1,45	1,45
9:46:30 p.m.	1,525	2,475	2	2:10:30 a.m.	0,975	1,3	1,325
9:50:30 p.m.	1,5	2,425	2	2:14:30 a.m.	1,075	1,425	1,425
9:54:30 p.m.	1,475	2,425	2	2:18:30 a.m.	1,125	1,475	1,5
9:58:30 p.m.	1,45	2,35	1,925	2:22:30 a.m.	1,125	1,425	1,45
10:02:30 p.m.	1,3	2,225	1,85	2:26:30 a.m.	0,975	1,275	1,275
10:06:30 p.m.	1,325	2,175	1,875	2:30:30 a.m.	1,1	1,425	1,4
10:10:30 p.m.	1,425	2,325	2	2:34:30 a.m.	0,975	1,325	1,3
10:14:30 p.m.	1,525	2,4	2,125	2:38:30 a.m.	1,05	1,425	1,4
10:18:30 p.m.	1,375	2,2	1,925	2:42:30 a.m.	0,975	1,3	1,275
10:22:30 p.m.	1,375	2,25	1,875	2:46:30 a.m.	0,925	1,3	1,275
10:26:30 p.m.	1,325	2,175	1,825	2:50:30 a.m.	0,975	1,325	1,35
10:30:30 p.m.	1,275	2,1	1,725	2:54:30 a.m.	1,075	1,45	1,425
10:34:30 p.m.	1,25	2,05	1,7	2:58:30 a.m.	1,05	1,4	1,425
10:38:30 p.m.	1,375	2,225	1,8	3:02:30 a.m.	1,075	1,375	1,375
10:42:30 p.m.	1,4	2,175	1,775	3:06:30 a.m.	1,05	1,4	1,35
10:46:30 p.m.	1,5	2,35	1,825	3:10:30 a.m.	1,025	1,375	1,35
10:50:30 p.m.	1,675	2,475	1,95	3:14:30 a.m.	1,1	1,425	1,4
10:54:30 p.m.	1,65	2,425	1,95	3:18:30 a.m.	1,125	1,45	1,425
10:58:30 p.m.	1,65	2,45	2	3:22:30 a.m.	1,1	1,425	1,4
11:02:30 p.m.	1,8	2,6	2,25	3:26:30 a.m.	1,1	1,525	1,475
11:06:30 p.m.	1,7	2,5	2,225	3:30:30 a.m.	1,075	1,425	1,4
11:10:30 p.m.	1,775	2,6	2,3	3:34:30 a.m.	1,15	1,525	1,475
11:14:30 p.m.	1,8	2,625	2,35	3:38:30 a.m.	1,125	1,475	1,475
11:18:30 p.m.	1,9	2,7	2,375	3:42:30 a.m.	1,15	1,5	1,475
11:22:30 p.m.	1,8	2,6	2,325	3:46:30 a.m.	1,125	1,45	1,45
11:26:30 p.m.	1,8	2,6	2,325	3:50:30 a.m.	1,125	1,525	1,5
11:30:30 p.m.	1,8	2,575	2,275	3:54:30 a.m.	1,125	1,475	1,475
11:34:30 p.m.	1,775	2,55	2,25	3:58:30 a.m.	1,15	1,5	1,5
11:38:30 p.m.	1,875	2,6	2,325	3:02:30 a.m.	1,2	1,55	1,5
11:42:30 p.m.	1,925	2,675	2,4	4:06:30 a.m.	1,125	1,525	1,5
11:46:30 p.m.	1,95	2,7	2,45	4:10:30 a.m.	1,2	1,525	1,525
11:50:30 p.m.	1,9	2,65	2,4	4:14:30 a.m.	1,2	1,55	1,5
11:54:30 p.m.	1,85	2,575	2,35	4:18:30 a.m.	1,175	1,575	1,55
11:58:30 p.m.	1,75	2,4	2,175	4:22:30 a.m.	1,075	1,45	1,45
12:02:30 a.m.	1,7	2,4	2,2	4:26:30 a.m.	1,15	1,55	1,5
12:06:30 a.m.	1,65	2,3	2,1	4:30:30 a.m.	1,175	1,55	1,5
12:10:30 a.m.	1,7	2,375	2,125	4:34:30 a.m.	1,15	1,475	1,55
12:14:30 a.m.	1,675	2,35	2,075	4:38:30 a.m.	1,125	1,5	1,475
12:18:30 a.m.	1,7	2,35	2,1	4:42:30 a.m.	1,15	1,525	1,525
12:22:30 a.m.	1,725	2,375	2,125	4:46:30 a.m.	1,175	1,525	1,55
12:26:30 a.m.	1,6	2,275	2	4:50:30 a.m.	1,15	1,5	1,5
12:30:30 a.m.	1,575	2,225	1,975	4:54:30 a.m.	1,175	1,55	1,55
12:34:30 a.m.	1,45	2,075	1,85	4:58:30 a.m.	1,225	1,625	1,575
12:38:30 a.m.	1,5	2,175	1,975	5:02:30 a.m.	1,225	1,6	1,625
12:42:30 a.m.	1,525	2,175	1,975	5:06:30 a.m.	1,2	1,6	1,6
12:46:30 a.m.	1,575	2,2	2	5:10:30 a.m.	1,175	1,625	1,55
12:50:30 a.m.	1,575	2,2	1,95	5:14:30 a.m.	1,2	1,6	1,6
12:54:30 a.m.	1,6	2,2	2	5:18:30 a.m.	1,2	1,625	1,6
12:58:30 a.m.	1,55	2,175	2,025	5:22:30 a.m.	1,2	1,6	1,6
1:02:30 a.m.	1,45	2,075	1,875	5:26:30 a.m.	1,2	1,65	1,625
1:06:30 a.m.	1,475	2,1	1,9	5:30:30 a.m.	1,15	1,575	1,575
1:10:30 a.m.	1,45	2,05	1,875	5:34:30 a.m.	1,1	1,55	1,525
1:14:30 a.m.	1,55	2,15	1,95	5:38:30 a.m.	1,125	1,55	1,475