



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

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

**Carlos Roberto Velásquez Velásquez**

Asesorado por el Ing. Ernesto Roberto Vega Soto

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS ROBERTO VELÁSQUEZ VELÁSQUEZ**  
ASESORADO POR EL INGENIERO ERNESTO ROBERTO VEGA SOTO

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. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Solares Peñate
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

## **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 CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 12 de Agosto del 2005.

Carlos Roberto Velásquez Velásquez

## **AGRADECIMIENTO A**

### **DIOS**

Fuente de sabiduría que con luz divina iluminó mi vida educativa.

### **MIS PADRES**

Audilio Rodolfo Velásquez Godinez  
Thelma Antonia Velásquez Velásquez  
Como muestra de agradecimiento por brindarme el apoyo moral y sus múltiples esfuerzos para mi superación y brindarme la mejor herencia en mi vida.

### **MIS HERMANAS**

Gilda, Carmen, Rosmery  
Con cariño, respeto y admiración por sus múltiples consejos y por brindarme su cariño y apoyo.

### **MIS AMIGOS**

Por demostrarme que puedo contar con ellos.

### **MI ASESOR**

Ing. Ernesto Vega  
Gratitud sincera por el apoyo brindado.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	IX
<b>GLOSARIO</b> .....	XIII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	XV
<b>RESUMEN</b> .....	XVII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIX
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XXI

### **1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **ACTUALES**

1.1 Instalaciones eléctricas.....	1
1.2 Características de las cargas.....	1
1.2.1 Estado actual y dimensionamiento de conductores.....	2
1.2.1.1 Estado actual.....	2
1.2.1.1 Calibre y dimensionamiento de los conductores.....	3
1.3 Tuberías.....	4
1.4 Protección.....	5
1.4.1 Corto circuito.....	5
1.4.1.1 Elementos de protección.....	6
1.4.1.2 Interruptores termomagneticos.....	6
1.5 Tableros.....	6
1.5.1 Tablero principal.....	6
1.5.2 Tablero secundario.....	7
1.5.2.1 Tablero A.....	7

1.5.2.2 Características del tablero.....	7
1.5.2.3 Carga conectada al tablero A.....	8
1.5.2.4 Tablero B.....	8
1.5.2.5 Características del tablero.....	8
1.5.2.6 Carga conectada al tablero B.....	9
1.5.2.7 Tablero C.....	9
1.5.2.8 Características del tablero.....	9
1.5.2.9 Carga conectada al tablero C.....	10
1.5.2.10 Tablero D.....	10
1.5.2.11 Características del tablero.....	10
1.5.2.12 Carga conectada al tablero D.....	11
1.5.2.13 Tablero E.....	11
1.5.2.14 Características del tablero.....	11
1.5.2.15 Carga conectada al tablero E.....	12
1.6 Iluminación.....	12
1.6.1 Sistema de alumbrado.....	12
1.6.2 Factores de pérdida en el alumbrado.....	13
1.6.2.1 Pérdidas de elementos luminosos por vida útil.....	13
1.6.2.2 Pérdida a consecuencia de polvo y suciedad.....	13
1.6.2.3 Apagones de las bombillas o elementos luminosos.	13
1.6.2.4 Superficies de baja reflexión.....	14
1.6.3 Iluminación del parqueo.....	14
1.6.4 Medición del nivel de iluminación.....	14
1.7 Red de tierra.....	15
1.7.1 Condición actual.....	15
1.7.2 Medición de la resistencia de tierra.....	15
1.8 Banco de transformadores.....	16

<b>2. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	
2.1 Selección del calibre del conductor.....	17
2.1.1 Cálculo de conductores por regulación.....	17
2.2 Número de conductores en tubería.....	19
2.2.1 Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre.....	21
2.3 Conceptos de iluminación .....	22
2.3.1 Coeficiente de utilización (CU).....	22
2.3.2 Curva de distribución.....	23
2.3.3 Luz.....	23
2.3.4 Flujo luminoso.....	23
2.3.5 Nivel de iluminación.....	23
2.3.6 Cálculos de iluminación.....	24
2.3.6.1 Pasos que se deben seguir para calcular un sistema de iluminación.....	24
2.4 Normas para la instalación de un pararrayos.....	26
2.4.1 Normas para la instalación del pararrayos ionizante radio activo seguidor de campo EFSA-SC.....	26
2.5 Cálculos matemáticos de las instalaciones eléctricas del Centro Universitario San Marcos.....	28
2.5.1 Corriente de corto circuito.....	29
2.5.1.1 Cálculo de la corriente de corto circuito.....	29
2.5.2 Cálculo de conductores.....	31
2.5.2.1 Cálculo de conductores para el tablero A.....	32
2.5.2.2 Cálculo de conductores para el tablero B.....	33
2.5.2.3 Cálculo de conductores para el tablero C.....	35
2.5.2.4 Cálculo de conductores para el tablero D.....	36
2.5.2.5 Cálculo de conductores para el tablero E.....	37
2.5.2.6 Cálculo de conductores para el tablero principal...	40



2.5.2.7 Cálculo de conductores para el tablero principal al tablero A.....	40
2.5.2.8 Cálculo de conductores para el tablero principal al tablero B.....	41
2.5.2.9 Cálculo de conductores para el tablero principal al tablero C.....	41
2.5.2.10 Cálculo de conductores para el tablero principal al tablero D.....	42
2.5.2.11 Cálculo de conductores para el tablero principal al tablero E.....	43
2.5.3 Cálculo de protecciones.....	43
2.5.4 Cálculos de tuberías.....	45
2.5.4.1 Fórmulas a utilizar.....	45
2.5.5 Cálculo de luminarias.....	47
2.5.5.1 Cálculo para las aulas.....	47
2.5.5.2 Cálculo para las oficinas.....	50
2.5.5.3 Cálculo para las oficinas de los profesores.....	53
2.5.6 Cálculo para un banco de transformadores.....	55
2.5.6.1 Cálculo del banco de transformadores.....	56
2.6 Comparación de datos.....	57
2.6.1 Comparación de la tubería.....	57
2.6.2 Comparación de conductores.....	58
2.6.3 Banco de transformadores.....	59
2.6.4 Luminarias.....	59
2.6.5 Protecciones.....	60
2.7 Incorporación al mercado de mayoristas.....	61

### **3. DIAGRAMAS UNIFILARES DE LOS TABLEROS DEL CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS**

3.1 Diagrama unifilar.....	63
3.2 Ubicación de los tableros.....	65
3.2.1 Tablero principal.....	65
3.2.1.1 carga conectada.....	65
3.2.2 Tablero A.....	65
3.2.2.1 carga conectada.....	65
3.2.3 Tablero B.....	66
3.2.3.1 carga conectada.....	66
3.2.4 Tablero C.....	66
3.2.4.1 carga conectada.....	66
3.2.5 Tablero D.....	67
3.2.5.1 carga conectada.....	67
3.2.6 Tablero E.....	67
3.2.6.1 carga conectada.....	67
3.3 Diagramas unifilares.....	68

### **4. PROPUESTA PARA PROBLEMAS ENCONTRADOS**

4.1 Propuesta para los circuitos de iluminación.....	75
4.1.1 Circuito A-1.....	75
4.1.2 Circuito B-1.....	76
4.1.3 Circuito C-1.....	77
4.1.4 Circuito E-1.....	78
4.1.5 Circuito E-3.....	78
4.1.6 Cálculo de breaker a utilizar.....	79
4.1.7 Conductores.....	80
4.2 Propuesta para los circuitos de fuerza.....	80

4.2.1 Circuito A-3.....	80
4.2.2 Circuito B-3.....	81
4.2.3 Circuito C-2.....	82
4.2.4 Circuito D-2.....	82
4.2.5 Circuito E-4.....	83
4.2.6 Conductores.....	84
4.2.7 Cálculo de breaker a utilizar.....	84
4.3 Diagramas unifilares propuestos.....	85
4.4 Presupuesto de la implementación de los cambios sugeridos.....	90

## **5. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS**

5.1 Características técnicas del AR.5.....	91
5.2 Voltaje.....	92
5.2.1 Análisis de resultados para el voltaje.....	93
5.3 Corriente.....	94
5.3.1 Análisis de resultados para la intensidad de la corriente....	95
5.4 Potencia activa.....	96
5.4.1 Análisis de resultados para la potencia activa.....	97
5.5 Potencia reactiva inductiva.....	98
5.5.1 Análisis de resultados para la potencia reactiva inductiva..	99
5.6 Factor de potencia.....	100
5.6.1 Análisis de resultados para el factor de potencia.....	101
5.7 Frecuencia.....	102
5.7.1 Análisis de resultados para la frecuencia.....	102
5.8 Forma de onda.....	103
5.8.1 Análisis de resultados para las formas de onda.....	104

5.9 Armónicos.....	105
5.9. Análisis de resultados para armónicos.....	107
5.10 Armónicos en forma de barras.....	108
5.10.1 Análisis de resultados para armónicos en barras.....	108
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>115</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Distribución de las lámparas.....	50
2	Distribución de las lámparas en las oficinas.....	53
3	Distribución de las lámparas en oficina profesores...	55
4	Diagrama unifilar tablero principal.....	68
5	Diagrama unifilar tablero de distribución A.....	69
6	Diagrama unifilar tablero de distribución B.....	70
7	Diagrama unifilar tablero de distribución C.....	71
8	Diagrama unifilar tablero de distribución D.....	72
9	Diagrama unifilar tablero de distribución E.....	73
10	Diagrama unifilar tablero de distribución A propuesto.....	85
11	Diagrama unifilar tablero de distribución B propuesto.....	86
12	Diagrama unifilar tablero de distribución C propuesto.....	87
13	Diagrama unifilar tablero de distribución D propuesto.....	88
14	Diagrama unifilar tablero de distribución E propuesto.....	89
15	Equipo completo del analizador de redes AR.5.....	91
16	Voltaje fase 1.....	92
17	Voltaje fase 2.....	92

18	Voltaje fase 3.....	93
19	Intensidad de corriente fase 1.....	94
20	Intensidad de corriente fase 2.....	94
21	Intensidad de corriente fase 3.....	95
22	Potencia activa fase 1.....	96
23	Potencia activa fase 2.....	96
24	Potencia activa fase 3.....	97
25	Potencias reactiva inductiva fase 1.....	98
26	Potencias reactiva inductiva fase 2.....	98
27	Potencias reactiva inductiva fase 3.....	99
28	Factor de potencia fase 1.....	100
29	Factor de potencia fase 2.....	100
30	Factor de potencia fase 3.....	101
31	Frecuencia.....	102
32	Forma de onda con armónicos a las 11:30 horas.....	103
33	Forma de onda con armónicos a las 13:45 horas.....	103
34	Forma de onda con armónicos a las 19:15 horas.....	104
35	Armónicos en barras THD.....	105
36	Forma de onda de armónicos THD.....	105
37	Armónicos en barras RMS.....	106
38	Forma de onda de armónicos RMS.....	106
39	Armónicos en barras desde la 1era a 30va armónica a las 20:00 horas.....	108

## TABLAS

I	Equipo eléctrico.....	2
II	Característica de los conductores en tablero principal.....	3
III	Característica de los conductores en tablero secundario.....	4
IV	Carga tablero principal.....	7
V	Carga tablero A.....	8
VI	Carga tablero B.....	9
VII	Carga tablero C.....	10
VII	Carga tablero D.....	11
IX	Carga tablero E.....	12
X	Nivel de iluminación.....	14
XI	Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería.....	20
XII	Área para conductores TW O THW.....	22
XIII	Corriente de corto circuito.....	30
XIV	Cálculo de protecciones.....	44
XV	Cálculo de tuberías.....	47
XVI	Datos de las aulas.....	48
XVII	Datos de las oficinas.....	51
XVIII	Datos de las oficinas de los profesores.....	54
XIX	Comparación de la tubería calculada y utilizada.....	57
XX	Comparación de los conductores calculados y utilizados.....	58



XXI	Comparación del número de lámparas calculadas y utilizadas.....	59
XXII	Comparación de protecciones calculados y utilizados.....	60
XXIII	Forma de dividir el circuito A-1.....	76
XXIV	Forma de dividir el circuito B-1.....	77
XXV	Forma de dividir el circuito C-1.....	77
XXVI	Forma de dividir el circuito E-1.....	78
XXVII	Forma de dividir el circuito E-3.....	78
XXVIII	Cálculo de breaker.....	79
XXIX	Forma de dividir el circuito A-3.....	81
XXX	Forma de dividir el circuito B-3.....	81
XXXI	Forma de dividir el circuito C-2.....	82
XXXII	Forma de dividir el circuito D-2.....	83
XXXIII	Forma de dividir el circuito E-4.....	83
XXXIV	Cálculo de breaker.....	84
XXXV	Costo de materiales.....	90

## GLOSARIO

<b>Canalización</b>	Son los canales, canaletas, ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.
<b>Sobrecorriente</b>	Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.
<b>Distorsión Armónica</b>	Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas senoidales de frecuencia diferentes de dicha frecuencia.
<b>Carga instalada</b>	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida de la empresa.
<b>Factor de potencia</b>	Es la relación entre la potencia eficaz (watt) y potencia aparente (VA).
<b>Conductores</b>	Cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de la electricidad. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica

<b>Picas</b>	Son varillas que se clavan en el terreno que sirven para encontrar zonas húmedas y, por lo tanto, con menor resistividad eléctrica. Las picas son fabricadas con varillas de copperweld. La varilla copperweld consiste en una varilla de fierro a la cual se adhiere una lamina de cobre.
<b>Sobrecarga</b>	Es el exceso de la carga normal que puede sobre llevar un equipo o el exceso de ampacidad de un conductor que, al continuar por un período más o menos largo, puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
<b>Tablero de distribución</b>	Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobrecorriente, en forma interruptores termomagneticos, accesibles por su frente para la maniobra.
<b>Mercado mayoristas</b>	Es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúa a corto y largo plazo.

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varphi$	Angulo de desfase entre voltaje y corriente.
$\Omega$	Ohms.

## LISTA DE ABREVIATURAS

NEC	<i>National Electrical Code</i> - código eléctrico nacional de Estados unidos.
KA	Kilo amperios.
NTSD	Normas técnica del servicio de distribución.
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.



## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación se realiza un análisis del estado actual de los diferentes elementos que componen la instalación eléctrica del Centro Universitario San Marcos, incluye un análisis de los circuitos de fuerza y de iluminación, mostrando los diferentes tipos de pérdida dentro de los circuitos, además se realizó un análisis de la calidad de energía con que cuenta el Centro Universitario.

En base a la información recopilada, se realizó un rediseño del sistema de iluminación de los ambientes interiores, diseño de puesta a tierra incluye además el redimensionamiento de conductores en las instalaciones eléctricas del Centro Universitario.

Finalmente, se realizó un estudio al Centro Universitario para la incorporación al mercado de mayoristas. En el sistema eléctrico existe equipo como computadoras, fax, UPS que han contribuido a la presencia de forma de onda no senoidales, las cuales introducen componentes de pérdida y un mal funcionamiento del equipo.



## OBJETIVOS

### ➤ GENERAL

Analizar el sistema eléctrico del Centro Universitario San Marcos, para poder desarrollar en mejores condiciones las actividades, docentes y administrativas.

### ➤ ESPECÍFICOS

1. Describir las diversas cargas eléctricas que existen en el Centro Universitario San Marcos
2. Investigar las causas de las pérdidas de energía eléctrica.
3. Analizar la calidad de Energía Eléctrica del Centro Universitario San Marcos.
4. Dejar presupuesto y plan de trabajo para resolver los problemas encontrados a corto plazo.





## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la energía eléctrica juega un papel de suma importancia en todas las actividades que el hombre realiza es por eso que se desean aprovechar al máximo todos los beneficios que proporciona para, así, alcanzar el mejor rendimiento y seguridad para todo el que la utiliza.

Es muy difícil complacer todas las exigencias de los usuarios del servicio eléctrico, sin embargo, se debe buscar una solución a los problemas presentes que a la par debe satisfacer las necesidades máximas requeridas con los recursos económicos disponibles y, así, llenar con satisfacción y eficiencia la función que se desea de la instalación eléctrica.

La idea del presente trabajo del Estudio Profesional Supervisado es de lograr que se lleguen a desarrollar en mejores condiciones todas las actividades que se realizan en el Centro Universitario San Marcos, tanto docente, estudiantil como administrativas.

# **1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

## **1.1 Instalaciones eléctricas**

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

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

## **1.2 Características de las cargas**

Para analizar una instalación eléctrica es necesario que se identifiquen las cargas instaladas en el inmueble, para este caso del centro Universitario se cuenta con dos tipos de carga las cuales son:

- Iluminación
- Fuerza

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

**Tabla I. Equipo eléctrico**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VOLTAJE NOMINAL (VOLTS)</b>	<b>POTENCIA (WATTS)</b>
Lámparas fluorescentes	120	80
Computadoras	120	350
Fotocopiadora de piso	120	1430
Fotocopiadora de mesa	120	480
Impresoras	120	100
Cafetera	110	2000
Ventilador tipo pedestal	120	90
Horno microondas	120	1800
Cafetera	110	1090

### **1.2.1 Estado actual y dimensionamiento de conductores**

#### **1.2.1.1 Estado actual**

Se realizó una inspección visual, de la cual se obtuvo las siguientes conclusiones.

- Los conductores que forman los circuitos de iluminación y fuerza están en buenas condiciones.

- Los conductores que alimentan a los tableros secundarios están en buenas condiciones.
- Al realizar una ampliación a la sala de profesores se realizo varios empalmes, en los conductores que alimentan los circuitos de fuerza.

### 1.2.1.2 Calibre y dimensionamiento de los conductores

Las características de los conductores utilizados en los diferentes circuitos del Centro Universitario San Marcos se muestran en la siguiente tabla. Para determinar el área y la capacidad de conducción se utiliza las tablas del anexo B.

**Tabla II. Características de los conductores en tablero principal**

CIRCUITO	CONDUCTOR	ÁREA	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN
		mm <sup>2</sup>	amperios
<b>Tablero principal a tablero secundario</b>			
P-A	3/0	85.03	225
P-B	1/0	53.51	170
P-C	1/0	53.51	170
P-D	1/0	53.51	170
P-E	1/0	53.51	170

**Tabla III. Características de los conductores en tableros secundarios**

<b>CIRCUITO</b>	<b>CONDUCTOR</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN</b>
		<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>amperios</b>
A-1	6	13.30	75
A-2	12	3.31	30
A-3	10	5.26	40
B-1	10	5.26	40
B-2	12	3.31	30
B-3	10	5.26	40
C-1	10	5.26	40
C-2	10	5.26	40
C-3	10	5.26	40
C-4	10	5.26	40
D-1	10	5.26	40
D-2	10	5.26	40
E-1	08	8.37	55
E-2	12	3.31	30
E-3	08	8.37	55
E-4	10	5.26	40

### **1.3 Tuberías**

El sistema de tubería eléctrica en el Centro Universitario San Marcos es variado y se ajusta a los requerimientos de espacio necesario, de acuerdo con la cantidad de conductores que pasan por el.

La tubería ente el tablero principal y los tableros secundarios se utiliza poliducto de 2 pulgadas de diámetro color negro empotrado en el suelo.

La tubería para los circuitos de iluminación que esta empotrada en la pared es del tipo poliducto de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro.

La tubería para los circuitos de fuerza esta empotrada en la pared y piso es tipo poliducto negro de  $\frac{3}{4}$  y por ella pasan no más de tres conductores. Las ampliaciones para el circuito de fuerza para las oficinas se realizaron con canaleta cuadrada, partiendo del tablero secundario, recorriendo diferentes oficinas.

## **1.4 Protección**

Se entiende por una instalación apropiadamente protegida a aquella en la cual se cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñen las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar daños por situaciones anormales de operación y aislar la zona específica donde aparece la falla de tal forma que el resto de la instalación que no se encuentra implicada siga funcionando en las mejores condiciones posibles.

La falla que ocurre con mayor frecuencia en las instalaciones eléctricas del Centro Universitario San Marcos es:

### **1.4.1 Corto circuito**

Estos pueden llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica. La causa más importante que ocasiona corto circuito en el Centro Universitario San Marcos son: errores de maniobra.

#### **1.4.1.1 Elementos de protección**

Entre los elementos de protección que cuenta el Centro Universitario San Marcos para la protección de las instalaciones eléctricas son:

- Interruptores termomagnéticos (Breaker)

#### **1.4.1.2 Interruptores termomagnéticos**

Los interruptores termomagnéticos están instalados en diferentes tableros que conforman la instalación, los interruptores termomagnéticos están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga o un corto circuito.

### **1.5 Tableros**

#### **1.5.1 Tablero principal**

Esta colocado en un cuarto destinado exclusivamente a la colocación de centros de carga y medición.

Su alimentación se realiza directamente del contador, para su operación y mantenimiento tiene el espacio para circulación del personal. Los interruptores termomagnéticos que alimentan los tableros secundarios se encuentran en buen estado.



La siguiente tabla muestra la carga conectada al tablero principal.

**Tabla IV. Carga tablero principal**

<b>CIR.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>BREAKER (AMPERIOS)</b>
1	Tablero A	2 * 50
2	Tablero B	2 * 30
3	Tablero C	2 * 30
4	Tablero D	2 * 30
5	Tablero E	2 * 50

### **1.5.2 Tableros secundarios**

Los tableros secundarios están alimentados por el tablero principal.

#### **1.5.2.1 Tablero A**

Esta alimentado por el tablero principal, por tres conductores tipo THHN número 3/0, el tablero como los interruptores termomagneticos están en buen estado.

#### **1.5.2.2 Características del tablero**

- Tablero de distribución, bifásico
- Voltaje 120 / 208 voltios
- Número de polos 12
- Tubo poliducto
- Barras de 125 amperios

### 1.5.2.3 Carga conectada al tablero A

Tabla V. Carga tablero A

CIR.	DESCRIPCIÓN	BREAKER (AMPERIOS)
A-1	24 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 30
A-2	24 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
A-3	16 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
A-4	16 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20

### 1.5.2.4 Tablero B

Esta alimentado por el tablero principal, por tres conductores tipo THHN número 1/0, el tablero como los interruptores termomagnéticos están en buen estado, los bordes de la barra del neutro se han deteriorado debido a que no se utilizó la herramienta adecuada al momento de realizar las conexiones.

### 1.5.2.5 Características del tablero

- Tablero de distribución, bifásico
- Voltaje 120 / 208 voltios
- Número de polos 12
- Tubo poliducto
- Barras de 125 amperios

### 1.5.2.6 Carga conectada al tablero

Tabla VI. Carga tablero B

<b>CIR.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>BREAKER (AMPERIOS)</b>
B-1	18 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
B-2	05 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
B-3	17 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20

### 1.5.2.7 Tablero C

Esta alimentado por el tablero principal, por tres conductores tipo THHN número 1/0, el tablero como los interruptores termomagneticos están en buen estado.

### 1.5.2.8 Características del tablero

- Tablero de distribución, bifásico
- Voltaje 120 / 208 voltios
- Número de polos 12
- Tubo poliducto
- Barras de 125 amperios

### 1.5.2.9 Carga conectada al tablero

Tabla VI. Carga tablero C

CIR.	DESCRIPCIÓN	BREAKER (AMPERIOS)
C-1	25 lámparas fluorescentes 2*40 w	1 * 20
C-2	19 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20
C-3	10 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20
C-4	05 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20

### 1.5.2.10 Tablero D

Esta alimentado por el tablero principal, por tres conductores tipo THHN número 1/0, el tablero como los interruptores termomagneticos están en buen estado.

### 1.4.2.11 Características del tablero

- Tablero de distribución, bifásico
- Voltaje 120 / 208 voltios
- Número de polos 12
- Tubo poliducto
- Barras de 125 amperios

#### 1.4.2.12 Carga conectada al tablero

Tabla VIII. Carga tablero D

CIR.	DESCRIPCIÓN	BREAKER (AMPERIOS)
D-1	15 lámparas fluorescentes 2*40 w	1 * 20
D-2	30 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20

#### 1.4.2.13 Tablero E

Esta alimentado por el tablero principal, por tres conductores tipo THHN número 1/0, el tablero como los interruptores termomagneticos están en buen estado, actualmente presenta un desorden en la colocación de lo conductores dentro del tablero.

#### 1.4.2.14 Características del tablero

- Tablero de distribución, bifásico
- Voltaje 120 / 208 voltios
- Número de polos 12
- Tubo poliducto
- Barras de 125 amperios

#### 1.4.2.15 Carga conectada al tablero

Tabla IX. Carga tablero E

<b>CIR.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>BREAKER (AMPERIOS)</b>
E-1	15 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
E-2	09 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
E-3	20 lámparas fluorescentes 2*40 W	1 * 20
E-4	20 tomacorrientes dobles 120 V	1 * 20

### 1.6 Iluminación

En el Centro Universitario San Marcos se presenta un problema de iluminación a nivel general por el escaso mantenimiento existente, ya que al irse quemando las lámparas de los edificios, las mismas no son reemplazadas tan ágilmente como se quisiera. La limpieza de los aparatos de iluminación no se realiza a intervalos adecuados, para obtener los niveles de iluminación deseados y así, realizar las distintas actividades de una manera más eficiente y comfortable.

#### 1.6.1 Sistema de alumbrado

Los sistemas de alumbrado que se utiliza en el Centro Universitario, parte del alumbrado directo al indirecto de acuerdo con las características de la distribución de los rayos luminosos por los artefactos del alumbrado.

Existen dos tipos de fuentes de luz que se utiliza en el Centro Universitario las cuales son: de mercurio y las fluorescentes.

### **1.6.2 Factores de pérdida en el alumbrado**

Factores de pérdidas básicos en el sistema eléctrico de iluminación.

#### **1.6.2.1 Pérdida de elementos luminosos por vida útil**

Las lámparas de luz fluorescente se ennegrecen con bastante uniformidad a todo lo largo del tubo. Este proceso no es en general muy notorio, pero causa en mayor proporción que cualquiera de los otros factores la depreciación del tubo con la disminución consiguiente de su luminosidad.

#### **1.6.2.2 Pérdida a consecuencia de polvo y suciedad**

La disminución de la intensidad del alumbrado motivada por la acumulación de suciedad y de polvo en condiciones ordinarias de operación.

#### **1.6.2.3 Apagones de las bombillas o elementos luminosos**

Otro de los factores que contribuyen a la pérdida de luz y que se convierte en un problema, consiste en las fallas o apagones de las bombillas. Este factor causa disminuciones del alumbrado hasta del 10% lo que depende de la política de mantenimiento para el cambio individual de bombillas quemadas.

#### 1.6.2.4 Superficie de baja reflexión

El oscurecimiento se debe a la acumulación de suciedad y polvo o la decoloración de superficies que tuvieron acabados claros y brillantes con anterioridad, será absorbido un gran porcentaje de la luz que emana de los cuerpos del alumbrado.

#### 1.6.3 Iluminación del parqueo

El Centro Universitario cuenta con un parqueo, el cual se encuentra iluminado con un sistema compuesto por lámparas de mercurio de 220 voltios.

#### 1.6.4 Medición del nivel de iluminación

Para determinar la condición actual del nivel de iluminación en los diferentes ambientes del edificio, se utilizó un luxómetro con el cual se realizó un muestreo del nivel de iluminación (luxes), cuyos resultados se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla X. Nivel de iluminación y características del ambiente**

AMBIENTE	ILUMINACIÓN (PROMEDIO) LUX	COLORES AMBIENTE		
		techo	pared	Piso
Salón	237	Blanco	Marfil	Gris
Oficinas	221	Blanco	Marfil	Gris
Oficina de profesores	220	Blanco	Marfil	Gris
Pasillo	90	Blanco	Marfil	Gris
Biblioteca	179	Blanco	Marfil	Gris
Sanitario	50	Blanco	Marfil	Gris



## **1.7 Red de tierra**

Los sistemas de puesta a tierra son un conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica. La función es forzar o drenar al terreno las intensidades de corriente que se puedan originar por corto circuito, por inducción o por descarga atmosférica. La resistencia a tierra es un término aplicado a la resistencia entre un electrodo de tierra y la misma. Las líneas de tierra son conductores o conjuntos de ellos que unen la instalación eléctrica y los electrodos para los propósitos de protección, a su vez los electrodos y las líneas de tierra deben de estar empalmados solidamente entre si.

### **1.7.1 Condición actual**

Actualmente el Centro Universitario cuenta con una conexión sólida a tierra mediante varillas de dimensiones normalizadas por la empresa eléctrica la red de tierras que se encuentra actualmente en el Centro Universitario consta de una varilla de cobre conectada al neutro del sistema en la caja del tablero principal.

### **1.7.2 Medición de la resistencia de tierra**

Se realizó una medición de la resistencia de tierra por medio de equipo EECO 2300 el cual registró un valor de 2.9 ohmios, valor que está dentro del rango que la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. que exige por norma a sus usuarios, un valor máximo de 5 ohmios.

## **1.8 Banco de transformadores**

### Características del banco de transformadores

- Tres transformadores convencionales.
- Capacidad de los transformadores 25 KVA por unidad.
- Conexión delta/estrella.
- Montado en un poste a 25 metros del tablero.
- Alimenta al Centro Universitario por un sistema trifásico de cuatro conductores THHN número 250 MCM.

## **2 ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **2.1 Selección del calibre del conductor**

La selección del calibre del conductor que llevará la corriente a un dispositivo específico, debe realizarse tomando en consideración los siguientes criterios:

- a. la capacidad de transporte del conductor;
- b. la caída de voltaje o regulación (distancia de transportación);
- c. análisis económico.

Los primeros dos factores se deben considerar por separado para su análisis y luego deben compararse para la toma de decisión. Es normal que los dos resultados difieran por lo que se debe tomar el factor que indica la mayor sección transversal, ya que de esta forma cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

#### **2.1.1 Cálculo de conductores por regulación**

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

Antes de pasar al cálculo del porcentaje de caída de tensión se debe conocer las siguientes fórmulas:

$$V = I * R \quad \text{Ecuación 1}$$

$$P_{\phi} = V * I * \text{COS}\theta \quad \text{Ecuación 2}$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * V * I * \text{COS}\theta \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- v = voltaje
- I = corriente
- R = resistencia
- $P_{\phi}$  = potencia monofásica
- $P_{3\phi}$  = potencia trifásica
- $\text{Cos}\theta$  = factor de potencia

$$R = \frac{L}{(a * K)} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- L = longitud en metros o pies
- a = sección transversal en  $\text{mm}^2$  o circular mils
- k = conductividad

Conductividad del cobre

$$K_{cu} = 57 \text{mm}^2 / \Omega - m$$

Caída de voltaje en el conductor

$$e = \frac{I * L}{a * K}$$

Ecuación 5

Donde:

e = porcentaje de caída de tensión.

L =  $\sqrt{3}$  d para circuitos trifásicos

L = 2d para circuitos trifásicos

I = corriente

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

K = conductividad

## 2.2 Número de conductores en tubería

La tubería sirve para que los conductores queden protegidos en lo posible contra deterioro físico, contaminación y a la vez, protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un corto circuito.

Los conductores tienen una limitante en su capacidad de conducción de corriente debido a la baja disipación de calor, ya que el aislante tiene límite térmico bajo.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo o cualquier sistema de canalización debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo físico de acuerdo con la forma y el área transversal de la canalización de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores durante la instalación.

Además debe considerarse la cantidad adecuada de aire dentro de la tubería para que se disipe el calor que se genera internamente debido al efecto joule. En la siguiente tabla se puede ver la cantidad de conductores que van en una tubería de acuerdo al diámetro de esta, al calibre y tipo de forro del conductor que en este caso será TW y THW.

**Tabla XI. Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería**

CALIBRE AWG o MCM	DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
	Cantidad de conductores									
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3

Fuente: *Nacional Electrical Code NEC*

### 2.2.1 Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre

Estas condiciones se da cuando existe diferentes calibres de los conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de la canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$F = a/A \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización.

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para las instalaciones realizadas con tubería:

53% para un conductor

31% para dos conductores

40% para tres o más conductores

En la tabla siguiente se pueden observar las diferentes áreas para conductores TW y THW de acuerdo a su calibre.

**Tabla XII. Área para conductores TW o THW**

CALIBRE AWG o MCM	TIPO DE AISLANTE TW O THW
	Área aproximada plg <sup>2</sup>
14	0.0206
12	0.0251
10	0.0311
8	0.0526
6	0.0819
4	0.1087
2	0.1473
1/0	0.2367
2/0	0.2781
3/0	0.3288
4/0	0.3904
250	0.4877
300	0.5581
350	0.6291
400	0.6969

Fuente: *Nacional Electrical Code NEC*

### **2.3 Conceptos de iluminación**

Para tener una mejor comprensión del tema, se comenzara con algunas definiciones.

#### **2.3.1 Coeficiente de utilización (CU)**

Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por una luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas de la luminaria. Por esta razón, el coeficiente de utilización lo debe proporcionar el fabricante de la luminaria, ya que este depende de sus características físicas y de las lámparas de la misma.



Debido a que existen estándares de formas para las luminarias, se tienen tablas que se pueden utilizar como aproximaciones bastante exactas.

### **2.3.2 Curva de distribución**

Es la representación grafica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria. Se presenta en coordenadas polares, y los valores están en candelas.

### **2.3.3 Luz**

Es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible es la que actúa sobre el ojo y estimula, y está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3,800 a 7,800 ángstrom.

### **2.3.4 Flujo luminoso**

Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente de iluminación en la unidad de tiempo. Su unidad es el lumen.

### **2.3.5 Nivel de iluminación**

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux. Se utiliza también el pie-candela (en ingles *footcandle*) como unidad de nivel de iluminación. Se suele representar el nivel de iluminación con la letra E.

$$E = \frac{\varphi}{A}$$

Ecuación 7

Donde:

E = es el nivel de iluminación en lux.

$\varphi$  = flujo luminoso en Lumen.

A = área iluminada en m<sup>2</sup>.

Siendo 1 pie-candela = 0.76 luxes.

### 2.3.6 Cálculos de iluminación

#### 2.3.6.1 Pasos que se deben seguir para calcular un sistema de iluminación

1. Determinar el tipo de trabajo que se desarrollara en el local. Con esta información, se determinara la calidad y cantidad de luz que se necesita. El *illuminating Engineering Sociieety of North American* indica los niveles de iluminación recomendados para todos trabajos específicos.
2. Determinar las características física y operacionales del área y como se usa. Esto incluye dimensiones del local, valores de reflectancia, localización de plano de trabajo etc.
3. Seleccionar la luminaria que se usará. Algunos de los factores que ayudan a determinar la luminaria que deberá usarse son:
  - a. Altura de montaje
  - b. Tipo de lámpara seleccionada
  - c. Característica de depreciación de la luminaria

- d. Restricciones físicas del montaje (colgante, empotrada, abierta, cerrada, etc.)
  - e. Mantenimiento requerido (limpieza de reflector y el reemplazo de las lámparas)
  - f. Costo, tamaño y peso.
4. Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de pérdida de luz se pueden dividir en dos categorías:
- a. No recuperable
  - b. Recuperables

Con el fin de simplificar los cálculos se usan solamente los factores que afectan en mayor proporción la pérdida de luz, a saber:

L.L.D.: depreciación de lúmenes de la lámpara

L.D.D.: depreciación de la luminaria.

Multiplicando estos dos factores se obtendrá el factor de mantenimiento (F.M.).

Los factores de depreciación de los lúmenes de la lámpara y de la luminaria, debido al polvo, se pueden determinar por los datos proporcionados por los fabricantes.

5. Determinar el coeficiente de utilización (C.U)
- Primero se calcula la relación del ambiente.

Relación del ambiente

$$RR = \frac{Area}{h_{cc} * (largo + ancho)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde

RR = relación ambiente

$h_{cc}$  = altura a la que va estar colocada la lámpara

Conociendo el RR y las reflectancia de las superficies del local se encuentra CU en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para la luminaria que se usara. (Ver anexo A).

6. Cálculo del número de luminarias requeridas: con los datos anteriores se debe aplicar la fórmula siguiente:

$$\text{No de luminarias} = \frac{\text{área} * \text{nivel de iluminación}}{(\text{Número de lámparas/luminarias}) * (\text{lúmenes/lámparas}) * (\text{C.U}) * (\text{F.M})} \quad \text{Ecuación 9}$$

## 2.4 Norma para instalar un pararrayos

### 2.4.1 Normas para la instalación del pararrayos ionizante, radio activo seguidor de campo EFSA-SC

- a. El pararrayos deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto más elevado de la superficie a proteger.

- b. Irá siempre sustentado por una antena o una columna, de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.
- c. Será fijado solidamente a la antena sustentador, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- d. El cable o cables de bajada del pararrayos deberán ser de cobre desnudo o aislado, de una sección no inferior a 50 mm.
- e. El cable o cables de bajada, una vez fijados a la abrazadera del pararrayos y con el fin de evitar deterioros por dilataciones o frotamientos, serán guiados por guías-cables, (aisladores montados sobre soportes metálicos incrustados en el mástil o estructura del pararrayos).
- f. Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea recta como sea posible.
- g. A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad no inferior a 80 centímetros. A partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.
- h. Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación, este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético, que se cierre alrededor del mismo.
- i. El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.

- j. La toma de tierra del pararrayos se realizara preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placa de cobre.
- k. El tapado de los pozos y zanjas se realizará preferentemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras y cascotes. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal, etc.
- l. Es aconsejable unificar todas las tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispersor único, tanto para las altas como las bajas tensiones.

## **2.5 Cálculos matemáticos de las instalaciones eléctricas del Centro Universitario San Marcos**

Después de haber realizado una revisión visual se pasara a realizar el cálculo por método matemático para la instalación eléctrica del Centro Universitario San Marcos.

La instalación eléctrica esta divida en un tablero principal y 6 tableros de distribución.

### 2.5.1 Corriente de corto circuito

Para el cálculo de la corriente de corto circuito se utiliza las expresiones producto del análisis eléctrico, que son las mismas para los diferentes diagramas de impedancias y que corresponde a los diferentes instantes del análisis. La potencia simétrica de corto circuito se calcula de la siguiente manera:

$$KVA_{CC} = \frac{KVA(base)}{Z_{eq}(Pu)} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Z_{PU} = \frac{Z(ohms) * KVA(base)}{1000 * KV^2(base)} \quad \text{Ecuación 11}$$

la corriente de corto circuito

$$I_{CC} = \frac{KVA}{\sqrt{3} * KB(base)} \quad \text{Ecuación 12}$$

#### 2.5.1.1 Cálculo de la corriente de corto circuito

Para calcular la corriente de corto circuito se asumió que el centro universitario esta a plena carga, se escoge como potencia base 25 KVA (potencia del transformador), voltaje base 126 voltios, el balastro tiene una inductancia de 18 Henry, frecuencia 60 hertz.

Entonces:

$$X_L = 2 * \pi * f * l$$

$$X_L = 2 * \pi * 60 * 18 = 6785.84$$

$$Z = R + jX_L$$

como R=0

$$Z = jX_L$$

$$Z = j6785.84 \Omega$$

$$Z_{eq} = \frac{Z}{\text{numero lamparas}}$$

Ecuación 13

**Tabla XIII. Corriente de corto circuito**

Fase	No. de lámparas	Z <sub>EQ</sub>	Z <sub>PU</sub>	KVA <sub>CC</sub>	I <sub>CC</sub>
		Ohms		KVA	KA
Fase 1	64	106.02∠10°	169.95∠10°	0.1497∠30°	0.685∠30°
Fase 2	48	141.37∠125°	222.61∠125°	0.1123∠150°	0.514∠150°
Fase 3	59	115.02∠260°	181.10∠300°	0.1380∠300°	0.632∠300°

Las corrientes de corto circuito en el centro Universitario son:

Corriente de corto circuito fase A 685∠30° amperios

Corriente de corto circuito fase B 514∠150° amperios

Corriente de corto circuito fase C 632∠300° amperios.



## 2.5.2 Cálculo de conductores

El método matemático que se utilizara es el cálculo de conductores por regulación, es necesario que la caída de tensión en los conductores no exceda de las estipuladas por las normas. La caída de tensión permisible es del 2% de la tensión nominal para la acometida y del 3% de la misma para los ramales.

Antes de pasar al cálculo de los conductores se debe conocer las siguientes fórmulas:

$$P = V * I * \cos\theta \quad \text{Ecuación 2}$$

$$S = \text{No. de lámparas} * \text{WATTS} * \cos\theta \quad \text{Ecuación 14}$$

$$I = S / V \quad \text{Ecuación 15}$$

$$a = \frac{I * L}{e * K} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

S = potencia aparente VA

a= sección transversal en mm<sup>2</sup>

e = porcentaje de caída de tensión.

L = longitud en metros

L =  $\sqrt{3}$  d para circuitos trifásicos

L = 2d para circuitos monofásicos

I = corriente

k= conductividad  $(K = 57 \text{ mm}^2 / \Omega - m)$

### 2.5.2.1 Cálculo de conductores para el tablero A

Calcular el calibre del conductor para el tablero A el ramal se sabe que tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal se trata de un circuito monofásico y el conductor es de cobre.

#### Datos

Las cargas conectadas al tablero A son:

- 24 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 1)
- 16 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 2)
- 24 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 3)
- 60 tomacorrientes dobles 126 voltios
- $d_1 = 200$  metros
- $d_2 = 80$  metros
- $V = 126$  voltios

#### Para el circuito A-1

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 200 = 400 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 48 * 2 * 40 * 1 = 2173.5 \text{ VA}$$

$$e = 0.03 * V_{\text{nominal}} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

---

Para los cálculos se tomo en cuenta el voltaje de operación  $V = 126$  voltios de acuerdo a mediciones realizadas.

De la ecuación 16

$$a = \frac{17.25 * 400}{3.6 * 57} = 32.6 \text{ mm}^2$$

**calibre número 2**

Para el circuito A-2

$$L = 2 * d$$

$$L = 2 * 80 = 160 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 16 * 2 * 40 * 1 = 1152 \text{ VA}$$

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

$$I = \frac{1152}{126} = 9.14 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{\text{no min al}}$$

$$e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{9.14 * 160}{3.78 * 57} = 7.126 \text{ mm}^2$$

**calibre número 8**

### **2.5.2.2 Cálculo de conductores para el tablero B**

Calcular el calibre del conductor para el tablero B el ramal se sabe que tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal se trata de un circuito monofásico y el conductor es de cobre.

## Datos

Las cargas conectadas al tablero A son:

- 18 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 1)
- 05 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 2)
- 17 tomacorrientes dobles 126 voltios
- $d_1 = 50$  metros
- $d_2 = 25$  metros
- $V = 126$  voltios

### Para el circuito B-1

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 50 = 100 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 18 * 2 * 40 * 1 = 1296 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{1296}{126} = 10.28 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{10.28 * 100}{3.6 * 57} = 5.00 \text{ mm}^2$$

**calibre número 10**

Para el circuito B-2

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 25 = 50 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 5 * 2 * 40 * 1 = 400 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{400}{126} = 3.174 \text{ amperios}$$

$$e = 3\% * V_{\text{nominal}} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{3.174 * 50}{3.78 * 57} = 0.773 \text{ mm}^2 \qquad \text{calibre número 14}$$

### 2.5.2.3 Cálculo de conductores para el tablero C

Calcular el calibre del conductor para el tablero C el ramal se sabe que tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal se trata de un circuito monofásico y el conductor es de cobre.

Datos

Las cargas conectadas al tablero C son:

- 25 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 1)
- 19 tomacorrientes dobles 126 voltios

- 10 tomacorrientes dobles 126 voltios
- 05 tomacorrientes dobles 126 voltios
- $d_1 = 45$  metros
- $V = 126$  voltios

Para el circuito C-1

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 45 = 90 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 25 * 2 * 40 * 1 = 2000 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{2000}{126} = 15.87 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{15.87 * 90}{3.6 * 57} = 6.96 \text{ mm}^2 \qquad \text{calibre número 8}$$

**2.5.2.4 Cálculo de conductores para el tablero D**

Calcular el calibre del conductor para el tablero D el ramal se sabe que tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal se trata de un circuito monofásico y el conductor es de cobre.

## Datos

Las cargas conectadas al tablero D son las siguientes:

- 15 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 1)
- 30 tomacorrientes dobles 126 voltios
- $d_1 = 80$  metros
- $V = 126$  voltios

### Para el circuito D-1

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 80 = 160 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 15 * 2 * 40 * 1 = 1200 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{1200}{126} = 9.52 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{9.52 * 160}{3.6 * 57} = 7.42 \text{ mm}^2 \qquad \text{calibre número 8}$$

### **2.5.2.5 Cálculo de conductores para el tablero E**

Calcular el calibre del conductor para el tablero E el ramal se sabe que tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal se trata de un circuito monofásico y el conductor es de cobre.

## Datos

Las cargas conectadas al tablero E son:

- 15 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 1)
- 09 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 2)
- 22 lámparas fluorescente 2 \* 40 Watts (circuito 3)
- tomacorrientes dobles 126 voltios
- $d_1 = 92$  metros
- $d_2 = 56$  metros
- $d_3 = 30$  metros
- $V = 126$  voltios

### Para el circuito E-1

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 92 = 184 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 15 * 2 * 40 * 1 = 1200 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{1200}{126} = 9.52 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{9.52 * 184}{3.6 * 57} = 8.536 \text{ mm}^2$$

**calibre número 6**



Para el circuito E-2

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 56 = 112 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 9 * 2 * 40 * 1 = 720 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{720}{126} = 5.714 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{2.714 * 112}{3.6 * 57} = 2.97 \text{ mm}^2$$

**calibre número 12**

Para el circuito E-3

$$L = 2 * d \qquad L = 2 * 30 = 60 \text{ metros}$$

De la ecuación 14

$$S = 22 * 2 * 40 * 1 = 1760 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{1760}{126} = 13.96 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{no \text{ min } al} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{13.9 * 60}{3.6 * 57} = 4.06 \text{ mm}^2$$

**calibre número 10**

### 2.5.2.6 Cálculo de conductores para el tablero principal

El tablero principal alimenta 5 tableros de distribución de acuerdo a la figura 4 como se trata de un circuito trifásico  $L = \sqrt{3} * d$

### 2.5.2.7 Cálculo de conductores del tablero principal al tablero A

Calcular el calibre del conductor del tramo P-A

Datos

- $d = 120$  metros
- $P_{\text{aparente}} = 4608$  VA

$$L = \sqrt{3} * d \qquad L = \sqrt{3} * 120 = 207.4 \text{ metros}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{4608}{126} = 36.57 \text{ amperios}$$

$$e = 0.03 * V_{\text{no min al}} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{36.57 * 207.8}{3.6 * 57} = 37.03 \text{ mm}^2$$

**calibre número 1/0**

### 2.5.2.8 Cálculo de conductores del tablero principal al tablero B

Calcular el calibre del conductor del tramo P-B

Datos

- $d = 35$  metros
- $P_{\text{aparente}} = 1696$  VA

$$L = \sqrt{3} * d \qquad L = \sqrt{3} * 35 = 60.62 \text{ metros}$$

$$e = 0.03 * V_{\text{no min al}} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{1696}{126} = 13.46 \text{ amperios}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{13.46 * 60.62}{3.6 * 57} = 3.97 \text{ mm}^2 \qquad \text{calibre número 10}$$

### 2.5.2.9 Cálculo de conductores del tablero principal al tablero C

Calcular el calibre del conductor del tramo P-C

Datos

- $d = 100$  metros
- $P_{\text{aparente}} = 2000$  VA

$$L = \sqrt{3} * d \qquad L = \sqrt{3} * 100 = 173.07 \text{ metros}$$

$$e = 0.03 * V_{no\ min\ al} \quad e = 0.03 * 126 = 3.6\ V$$

$$I = \frac{S}{V} \quad I = \frac{2000}{126} = 15.87\ \text{amperios}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{15.87 * 173.07}{3.6 * 57} = 13.38\ \text{mm}^2 \quad \text{calibre número 4}$$

### 2.5.2.10 Cálculo de conductores del tablero principal al tablero D

Calcular el calibre del conductor del tramo P-D

Datos

- d = 90 metros
- P<sub>aparente</sub> = 1200 VA

$$L = \sqrt{3} * d \quad L = \sqrt{3} * 90 = 155.88\ \text{metros}$$

$$e = 0.03 * V_{no\ min\ al} \quad e = 0.03 * 126 = 3.6\ V$$

$$I = \frac{S}{V} \quad I = \frac{1200}{126} = 9.56\ \text{amperios}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{9.52 * 155.8}{3.6 * 57} = 7.228\ \text{mm}^2 \quad \text{calibre número 8}$$

### 2.5.2.11 Cálculo de conductores del tablero principal al tablero E

Calcular el calibre del conductor del tramo P-E

Datos

- $d = 117$  metros
- $P_{\text{aparente}} = 4880$  VA

$$L = \sqrt{3} * d \qquad L = \sqrt{3} * 117 = 202.65 \text{ metros}$$

$$e = 0.03 * V_{\text{nominal}} \qquad e = 0.03 * 126 = 3.6 \text{ V}$$

$$I = \frac{S}{V} \qquad I = \frac{4880}{126} = 36.57 \text{ amperios}$$

De la ecuación 16

$$a = \frac{36.57 * 202.65}{3.6 * 57} = 36.11 \text{ mm}^2 \qquad \text{calibre número 1/0}$$

### 2.5.3 Cálculo de protecciones

A continuación se muestra el procedimiento para determinar las protecciones.

Para el circuito A-1

Datos

- La corriente nominal del circuito es de 30.47 amperios

Solución

$$I_{\text{BREAKER}} = 1.25 * I_{\text{nominal}}$$

$$I_{\text{BREAKER}} = 1.25 * 30.47 = \mathbf{38.08 \text{ Amperios}}$$

En las siguientes tablas se muestra el resumen de cálculos para determinar las protecciones del Centro Universitario San Marcos.

**Tabla IV . Cálculo de protecciones**

<b>Circuito</b>	<b>I<sub>nominal</sub></b>	<b>I<sub>BREAKER</sub> (TEORICO)</b>
	<b>Amperios</b>	<b>Amperios</b>
A-1	30.47	38.08
A-2	9.14	11.42
B-1	10.28	12.85
B-2	3.174	3.967
C-1	15.87	19.83
D-1	9.52	11.90
E-1	9.52	11.90
E-2	5.714	7.14
E-3	13.96	17.40
<b>Tablero principal a tablero secundario</b>		
P-A	36.57	45.71
P-B	13.46	16.82
P-C	15.87	19.83
P-D	9.52	11.90
P-E	36.57	45.71

## 2.5.4 Cálculo de tuberías

### 2.5.4.1 Fórmulas a utilizar

$$F = a / A \quad \text{Ecuación 6}$$

donde

F factor de relleno

0.53 para un conductor

0.31 para dos conductores

0.40 para tres o más conductores.

a sección transversal de los conductores

A sección transversal del tubo

$$A = \pi(D/2)^2 \quad \text{Ecuación 17}$$

donde

A sección transversal del tubo

D diámetro del tubo

$\pi$  3.141592

Para determinar el diámetro de tubería se debe seguir el siguiente procedimiento.

## Circuito A-1

### Datos

- 2 conductores número 6, la sección transversal del conductor es 0.0819 plg<sup>2</sup> (ver tabla XII)
- factor de relleno, por ser dos conductores es de 31% (F = 0.31).

### Solución

De la ecuación número 7  $A = a/F$

$$a = 0.0819 * 2 = 0.1638 \text{ plg}^2$$

$$A = 0.1638 / 0.31 = 0.5283 \text{ plg}^2$$

Utilizando la ecuación 14 el diámetro de la tubería es:

$$D = \sqrt{4 * A / \pi} = 0.82 \text{ plg.}$$

$$D = \sqrt{4 * 0.5283 / \pi} = 0.82 \text{ plg.}$$

En las siguientes tablas se muestra el resumen de cálculos de tuberías para el Centro Universitario San Marcos.



**Tabla XV. Cálculo de tuberías**

CIRCUITO	CALIBRE DEL CONDUCTOR	NÚMERO DE CONDUCTORES	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA XII)	FACTOR DE RELLENO	DIÁMETRO O TUBERÍA (TEÓRICO)
			plg <sup>2</sup>		Plg
A-1	6	2	0.0819	0.31	0.820
A-2	12	2	0.0251	0.31	0.454
A-3	10	2	0.0311	0.31	0.500
B-1	10	2	0.0311	0.31	0.500
B-2	12	2	0.0251	0.31	0.454
B-3	10	2	0.0311	0.31	0.500
C-1	10	2	0.0311	0.31	0.500
C-2	10	2	0.0311	0.31	0.500
C-3	10	2	0.0311	0.31	0.500
C-4	10	2	0.0311	0.31	0.500
D-1	10	2	0.0311	0.31	0.500
D-2	10	2	0.0311	0.31	0.500
E-1	6	2	0.0819	0.31	0.820
E-2	12	2	0.0251	0.31	0.454
E-3	8	2	0.0526	0.31	0.656
E-4	10	2	0.0311	0.31	0.500
P-A	3/0	3	0.3288	0.40	1.770
P-B	1/0	3	0.2367	0.40	1.500
P-C	1/0	3	0.2367	0.40	1.500
P-D	1/0	3	0.2367	0.40	1.500
P-E	1/0	3	0.2367	0.40	1.500

## 2.5.5 Cálculo de luminarias

### 2.5.5.1 Cálculo para las aulas

Datos

- Dimensiones 9 metros de largo y 8 metros de ancho.

- Nivel lumínico, el trabajo de que se realiza esta clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F.M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo h=2.5 metros.
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 Watts, el número de lúmenes de acuerdo al anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

**Tabla XVI. Datos de las aulas**

	<b>color</b>	<b>coeficiente de reflexión (ver anexo a)</b>	<b>clasificación de colores (ver anexo a)</b>
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Marfil	0.7	Claro
Piso	Gris	0.7	Semiclaro

Solución

Calculando la relación de ambiente

$$RR = \frac{W * L}{h * (W + L)}$$

De acuerdo con los datos

$$W = 9 \text{ metros} \quad L = 8 \text{ metros} \quad h = 2.5 \text{ metros}$$

$$RR = \frac{9 * 8}{2.5 * (9 + 8)} = 1.69$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 1.00, K = 0.51 y que para RR = 2, K = 0.71, para encontrar el valor del coeficiente K con RR=1.69 es necesario interpolar.

RR	K
1	0.51
1.69	X
2	0.71

$$\frac{(1-1.69)}{(1-2)} = \frac{(0.51-K)}{(0.51-0.71)}$$

$$K = 0.51 + 0.69 * 0.2$$

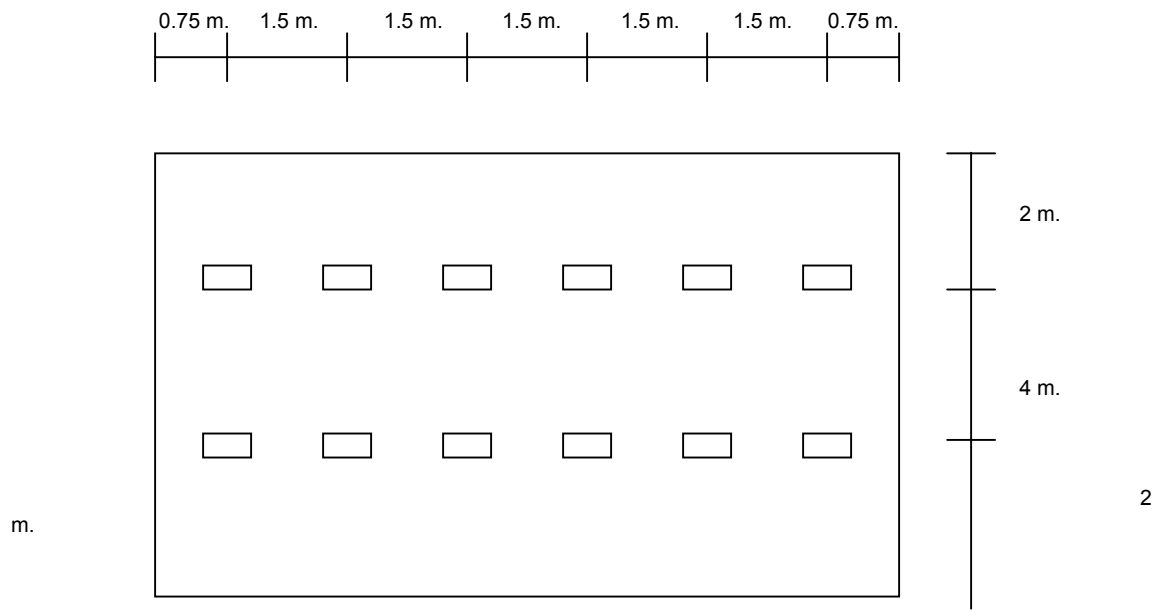
$$K = 0.648$$

Con los datos y aplicando la ecuación número 9 para calcular el número de luminarias

$$\text{Número de luminarias} = \frac{8 * 9 * 400}{3100 * 2 * 0.648 * 0.65} = \mathbf{11.02 \text{ lámparas}}$$

Por presentación se recomienda utilizar 12 lámparas, de doble tubo de 40 Watts.

**Figura 1. Distribución de las lámparas**



### **2.5.5.2 Cálculo para las oficinas**

#### **Datos**

- Dimensiones 5 metros de largo y 3 metros de ancho.
- Nivel lumínico, el trabajo que se realiza en las oficinas está clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F.M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo  $h=2.5$  metros.

- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 Watts, el número de lúmenes de acuerdo al anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

**Tabla XVII. Datos de las oficinas**

	<b>COLOR</b>	<b>COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (VER ANEXO A)</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE COLORES (VER ANEXO A)</b>
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Marfil	0.7	Claro
Piso	Gris	0.7	Semiclaro

Solución

Calculando la relación de ambiente RR

$$RR = \frac{W * L}{h * (W + L)}$$

De acuerdo con los datos

W = 5 metros

L = 3 metros

h = 2.5 metros

$$RR = \frac{5 * 3}{2.5 * (5 + 3)} = 0.75$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo) en esta columna vemos que para un RR = 0.6, K = 0.35 y que para RR = 1, K = 0.51, para encontrar el valor del coeficiente K con RR=0.75 es necesario interpolar.

RR	K
0.6	0.35
0.75	K
1	0.51

$$\frac{(0.6 - 0.75)}{(0.6 - 1)} = \frac{(0.35 - K)}{(0.35 - 0.51)}$$

$$K = 0.35 + 0.375 * 0.16$$

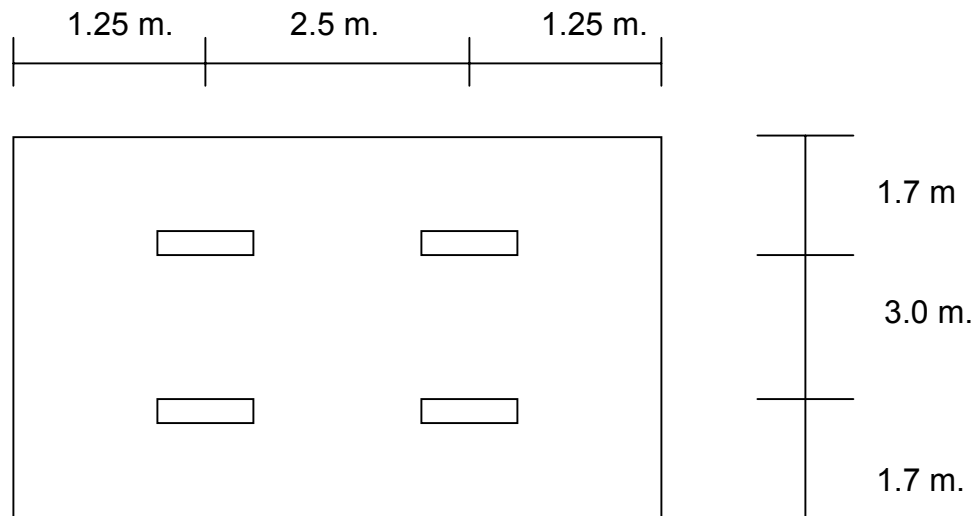
$$K = 0.41$$

Con los datos y aplicando la ecuación número 9 para calcular el número de luminarias

$$\text{Número de luminarias} = \frac{5 * 3 * 400}{3100 * 2 * 0.41 * 0.65} = \mathbf{3.63 \text{ lámparas}}$$

Por presentación se recomienda 4 lámparas, de doble tubo de 40 Watts.

**Figura 2. Distribución de las lámparas**



### **2.5.5.3 Cálculo para las oficinas de los profesores**

#### **Datos**

- Dimensiones 5 metros de largo y 2 metros de ancho.
- Nivel lumínico, el trabajo de que se realiza esta clasificado como categoría D, el nivel lumínico es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, supondremos un buen mantenimiento y adoptamos un factor de mantenimiento de 0.65 (F.M. = 0.65).
- Altura de suspensión, como las lámparas están pegadas al techo  $h=2.5$  metros.
- Características de las lámparas fluorescentes, 2 tubos de 40 Watts, el número de lúmenes de acuerdo al anexo A es de 3100 lúmenes por tubo.

**Tabla XVIII. Datos de las oficinas de los profesores**

	<b>COLOR</b>	<b>COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (VER ANEXO A)</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE COLORES (VER ANEXO A)</b>
Techo	Blanco	0.8	Claro
Pared	Marfil	0.7	Claro
Piso	Gris	0.7	Semiclaro

Solución

Calculando la relación de ambiente RR

$$RR = \frac{W * L}{h * (W + L)}$$

De acuerdo con los datos

W = 5 metros

L = 2 metros

h = 2.5 metros

$$RR = \frac{5 * 2}{2.5 * (5 + 2)} = 0.57$$

Con la relación de ambiente y la información de los colores del ambiente, pasamos a la tabla de factores de utilización (anexo A). En el reglón D (alumbrado directo), como RR es menor que 0.6 entonces utilizamos RR= 0.6, **K = 0.35.**

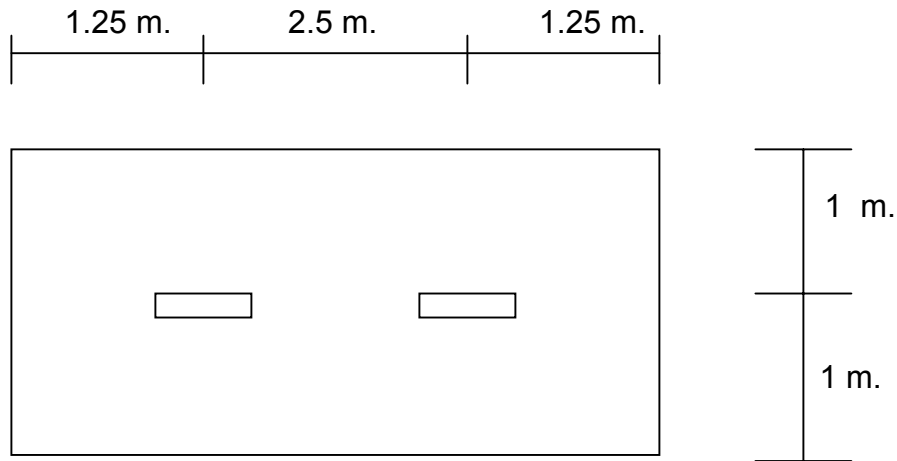
Con los datos y aplicando la ecuación número 9 para calcular el número de luminarias.



$$\text{Número de luminarias} = \frac{5 * 2 * 400}{3100 * 2 * 0.35 * 0.65} = 2.83 \text{ lámparas}$$

Por presentación se recomienda 2 lámparas, de doble tubo de 40 Watts.

**Figura 3. Distribución de las lámparas**



### **2.5.6 Cálculos para un banco de transformadores**

Para determinar la capacidad de los transformadores a instalar, se debe considerar la demanda estimada por la división comercial para evaluar la capacidad del transformador por usarse. Para ello se debe usar mucho sentido común, ya que es necesario considerar el crecimiento a corto y largo plazo, pues esto indicara si se instala un transformador con capacidad mayor o igual a la demanda:

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{KW}}{\text{Factor de potencia}}. \text{ Ecuación 15}$$

La carga actual se conoce por medio de lecturas recientes anotadas en las tarjetas de transformadores, o se estima usando datos aproximados sobre la carga instalada.

Factor de potencia para cargas monofásicas: 0.95

Factor de potencia para cargas trifásicas: 0.8

### 2.5.6.1 Cálculo del banco de transformadores

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{KW}}{\text{Factor de potencia}}. \text{ Ecuación 15}$$

$$KW_{total} = 7 + 6 + 10 = 23 \text{ KW}$$

$$KVA = \frac{23KW}{0.95} = 24.24 \text{ KVA}$$

## 2.6 Comparación de datos

### 2.6.1 Comparación de la tubería

Los datos teóricos son menores que los tomados en el CUSAM. El 95% de la tubería es la correcta, como podemos observar en la siguiente tabla.

**Tabla XIX. Comparación de la tubería calculada y utilizada**

TUBO			
Circuito	Teórico (plgs)	Utilizado en el CUSAM (plgs)	Cumple con lo requerido
P-A	1.77	2.50	√
P-B	1.50	2.00	√
P-C	1.50	2.00	√
P-D	1.50	2.00	√
P-E	1.50	2.00	√
A-1	0.82	0.75	<b>X</b>
A-2	0.45	0.75	√
A-3	0.50	0.75	√
B-1	0.50	0.75	√
B-2	0.45	0.75	√
B-3	0.50	0.75	√
C-1	0.50	0.75	√
C-2	0.50	0.75	√
C-3	0.50	0.75	√
C-4	0.50	0.75	√
D-1	0.50	0.75	√
D-2	0.50	0.75	√
E-1	0.82	0.75	<b>X</b>
E-2	0.45	0.75	√
E-3	0.65	0.75	√
E-4	0.50	0.75	√

√ =

cumple

X = no cumple

## 2.6.2 Conductores

Al comparar los datos teóricos con los tomados, El 80% de los conductores están correcto excepto algunos circuitos como se puede comprobar en la siguiente tabla.

**Tabla XX. Comparación de los conductores calculados y utilizados**

<b>CONDUCTORES</b>			
<b>Circuito</b>	<b>Calibre teórico</b>	<b>Calibre utilizado en el CUSAM</b>	<b>Cumple con lo requerido</b>
P-A	1/0	3/0	√
P-B	10	1/0	√
P-C	4	1/0	√
P-D	8	1/0	√
P-E	1/0	1/0	√
A-1	2	6	<b>X</b>
A-2	8	12	√
B-1	10	10	√
B-2	14	12	√
C-1	8	10	<b>X</b>
D-1	8	10	<b>X</b>
E-1	6	6	√
E-2	12	12	√
E-3	10	08	√

### Nota

Los conductores que se encuentran en el Centro Universitario algunos sectores tienen muchos empalmes, se recomienda dividir los circuitos que están sobre cargados para evitar accidentes.

### 2.6.3 Banco de transformadores

La capacidad del banco es de 75 KVA y la demanda del CUSAM es de 24.71 KVA, el banco de transformadores también alimenta a algunos vecinos por lo que la elección del banco de transformación es correcta.

### 2.6.4 Luminarias

El número de luminarias coincide con los calculados y los observados en el CUSAM, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla XXI. Comparación del número de lámparas calculadas y utilizadas**

<b>NÚMERO DE LÁMPARAS</b>			
	<b>Luminarias teóricas</b>	<b>Luminarias utilizado en el CUSAM</b>	<b>Observaciones</b>
Aulas	12	12	No todas las lámparas están funcionando, algunas están quemadas otras están funcionando intermitentemente, y en algunas lámparas no están funcionando los dos tubos.
Oficina de profesores	4	4	
Oficinas	2	1 o 2	

## 2.6.5 Protecciones

Las protecciones calculadas teóricamente algunas son menores a las utilizadas y esto se debe a que comercialmente no existe con esta cantidad de amperios, el 85% de las protecciones son las correctas, como se puede ver en la siguiente tabla.

**Tabla XXII. Comparación de protecciones calculados y utilizados**

<b>PROTECCIONES</b>			
<b>Circuito</b>	<b>Teórico</b>	<b>Utilizado en el CUSAM</b>	<b>Cumple con lo requerido</b>
	<b>amperios</b>	<b>amperios</b>	
P-A	45.71	2 X 50	√
P-B	16.82	2 X 30	√
P-C	19.83	2 X 30	√
P-D	11.90	2 X 30	√
P-E	45.71	2 X 30	<b>X</b>
A-1	38.08	1 X 30	<b>X</b>
A-2	11.42	1 x 20	√
B-1	12.85	1 x 20	√
B-2	03.96	1 x 20	√
C-1	19.83	1 x 20	√
D-1	11.90	1 x 20	√
E-1	11.90	1 x 20	√
E-2	07.14	1 x 20	√
E-3	17.45	1 x 20	√

## **2.7 Incorporación al Mercado de Mayoristas**

La incorporación al mercado de mayoreo no es posible debido a que no cumple con la demanda mínima que requiere, ya que consume 23 KW y la demanda mínima que se requiere es de 100KW (Ver anexo D).





### **3 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LOS TABLEROS DEL CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS**

#### **3.1 Diagrama unifilar**

Un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aun más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes, no se muestran los parámetros del circuito y las líneas de transmisión se representa por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar o de una línea.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema. La importancia de las diferentes piezas de un sistema varia con el problema bajo consideración, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores relevadores no es importante para un estudio de cargas. Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado.

Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencial que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición. Se debe esperar que la información que se encuentra en un diagrama unifilar varíe de acuerdo con el problema a tratar, así como a la práctica que realice la compañía particular que lo prepare.

El Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónico (IEEE por sus siglas en inglés) han publicado un conjunto de símbolos estándar para los diagramas eléctricos. No todos los autores siguen estos símbolos de manera consistente, especialmente al indicar los transformadores. El símbolo básico para una máquina o armadura rotatoria es un círculo, pero muchas adaptaciones al símbolo básico se listan de tal forma que se puede indicar cada pieza de una máquina eléctrica rotatoria de uso común. Para quien no trabaja de forma constante con los diagramas unifilares, le resultaría sencillo indicar una máquina particular por su símbolo básico seguido de información que contenga su tipo y valores nominales.

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

Por lo general, los neutros de los generadores se aterrizan a través de resistencias razonablemente elevadas y algunas veces a través de bobinas. Un diagrama unifilar se debe interpretar por si mismo.

## **3.2 Ubicación de los tableros**

### **3.2.1 Tablero principal**

- Ubicado en la bodega a un lado del parqueo.

#### **3.2.1.1 Carga conectada**

- Alimenta los tableros de distribución A, B, C, D, E.

### **3.2.2 Tablero A**

- Ubicado en la Biblioteca.

#### **3.2.2.1 Carga conectada**

- Circuito A-1 circuito de iluminación de las aulas que se ubican en la parte del frente del CUSAM.
- Circuito A-2 circuito de iluminación del pasillo.
- Circuito A-3 tomacorrientes de aulas.

### **3.2.3 Tablero B**

- Ubicado en la bodega de salón enfrente del parqueo.

#### **3.2.3.1 Carga conectada**

- Circuito B-1 circuito de iluminación de las aulas que se ubican enfrente del parqueo.
- Circuito B-2 circuito de iluminación del pasillo, que se ubican frente las aulas.
- Circuito B-3 tomacorrientes de las aulas.

### **3.2.4 Tablero C**

- Ubicado en la Dirección.

#### **3.2.4.1 Carga conectada**

- Circuito C-1 circuito de iluminación de las oficinas administrativas.
- Circuito C-2 alimenta tomacorrientes de oficinas, dirección sala de juntas.
- Circuito C-3 alimenta tomacorrientes de oficinas administrativas.
- Circuito C-4 alimenta tomacorrientes de pasillos.

### **3.2.5 Tablero D**

- Ubicado en el salón de juntas de profesores.

#### **3.2.5.1 Carga conectada**

- Circuito D-1 circuito de iluminación de las oficinas de profesores, aulas a un lado del parqueo, pasillo.
- Circuito D-2 alimenta tomacorriente de oficinas de profesores y aulas.

### **3.2.6 Tablero E**

- Ubicado en la bodega del salón principal.

#### **3.2.6.1 Carga conectada**

- Circuito E-1 circuito de iluminación del salón principal.
- Circuito E-2 circuito de iluminación del pasillo que conduce al salón principal.
- Circuito E-3 circuito de iluminación de las aulas a un lado del salón principal.
- Circuito E-4 alimenta tomacorrientes de aulas y salón principal.

### 3.3 Diagramas unifilares

Figura 4. Tablero principal

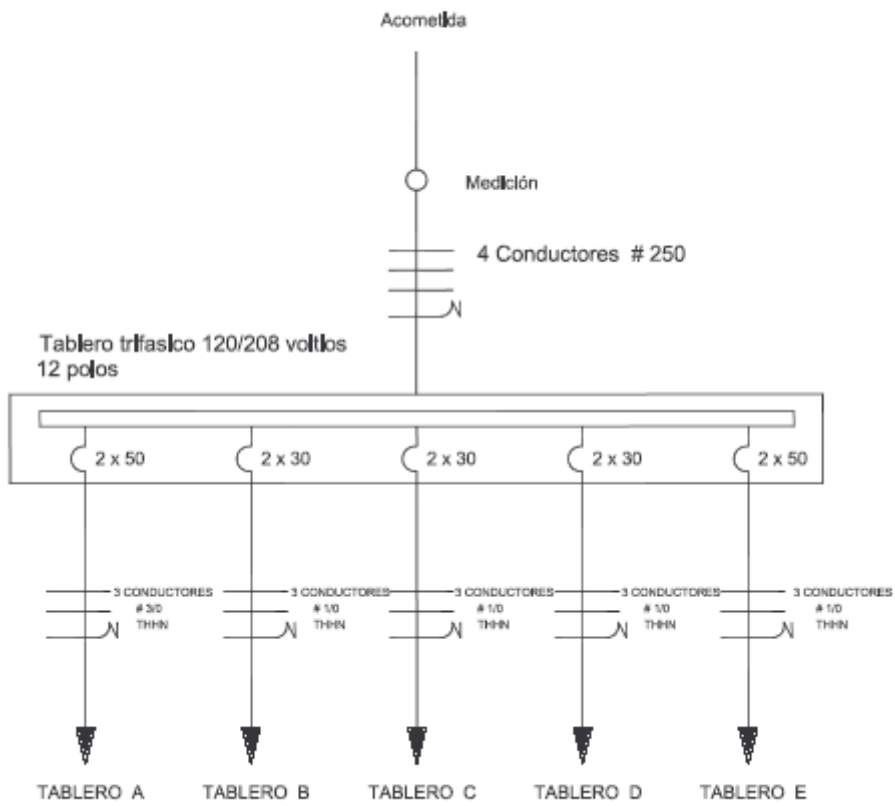


Figura 5. Tablero de distribución A

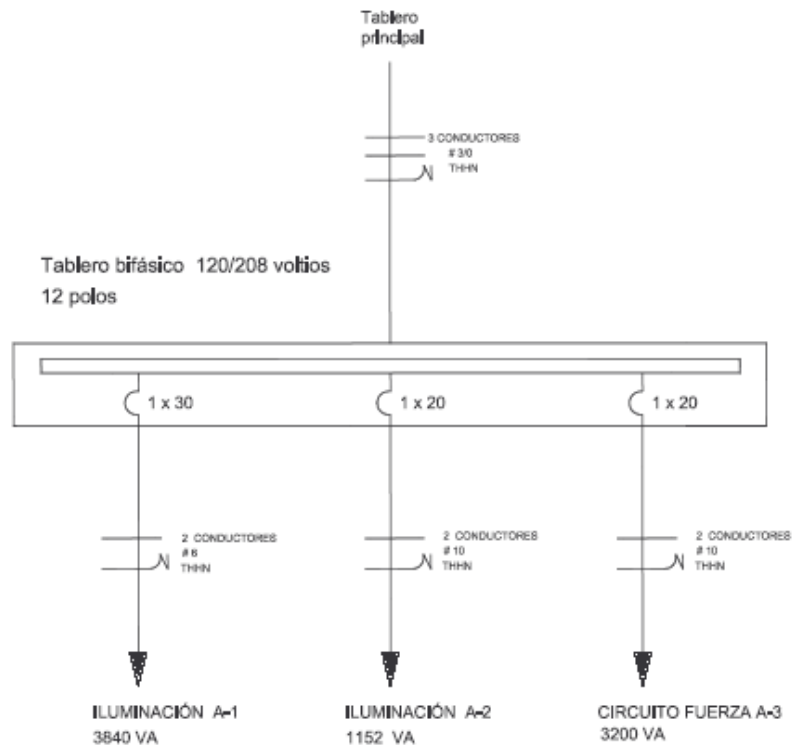


Figura 6. Tablero de distribución B

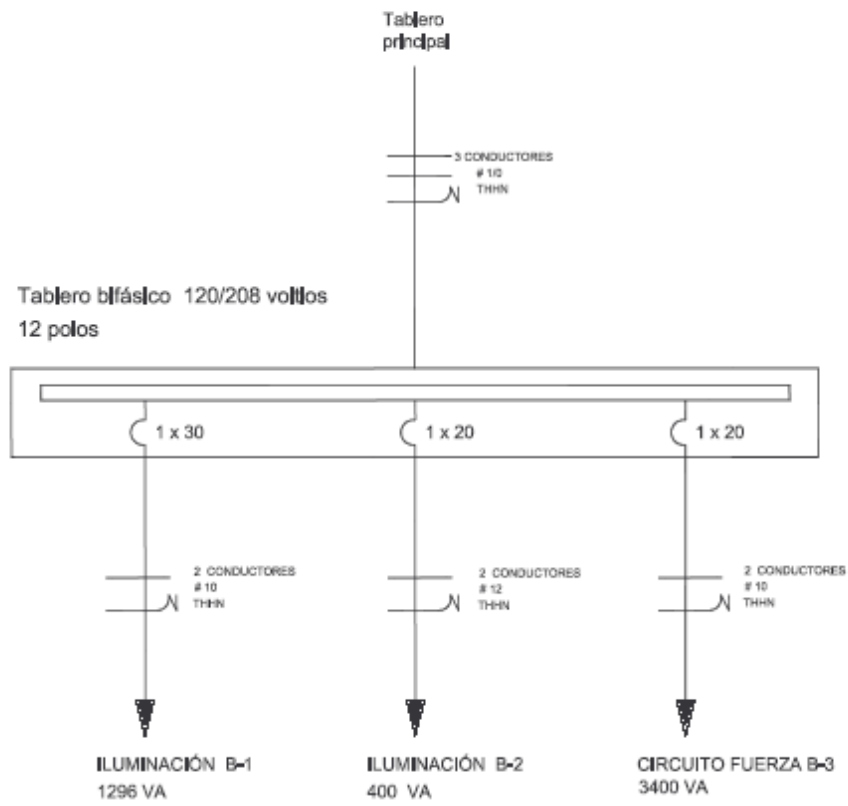




Figura 7. Tablero de distribución C

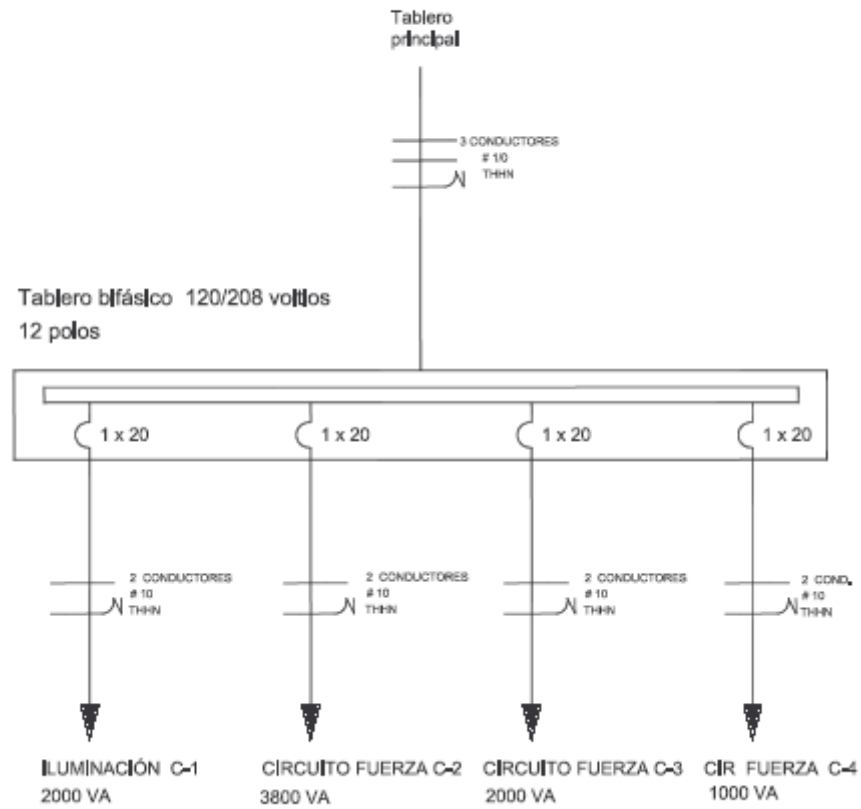


Figura 8. Tablero de distribución D

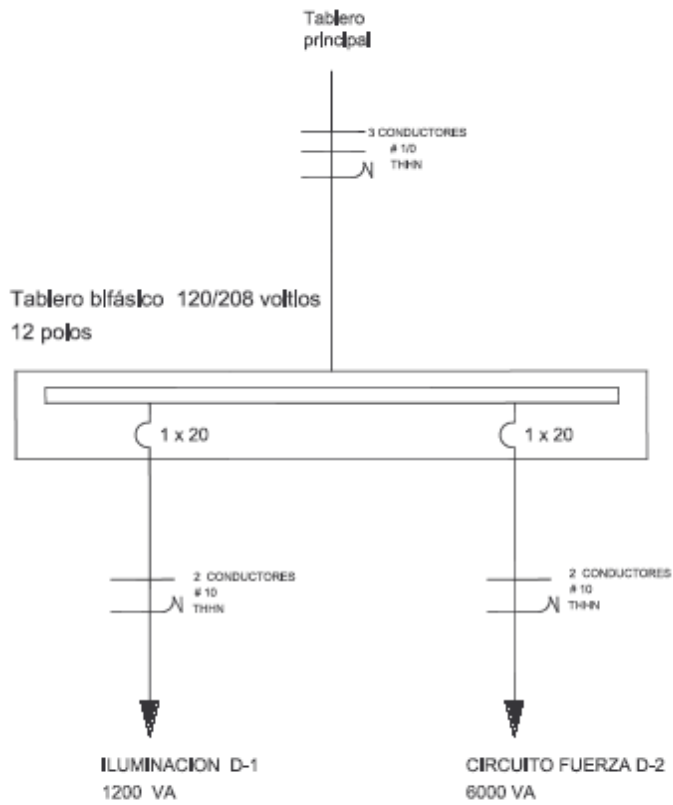
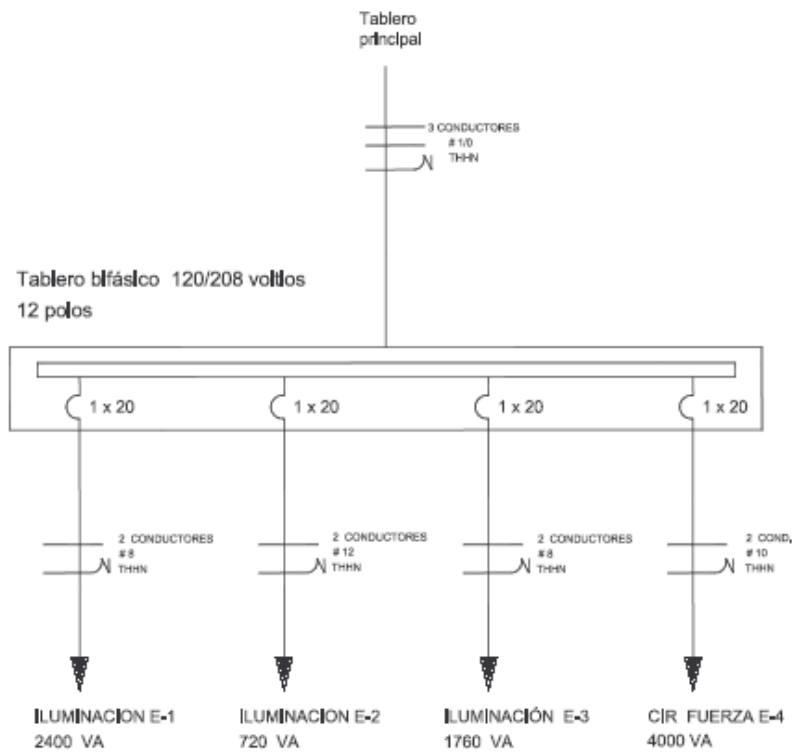


Figura 9. Tablero de distribución E





## 4 PROPUESTA PARA PROBLEMAS ENCONTRADOS

Cuando se realizo el estudio teórico y de campo, se encontró el siguiente problema en los circuitos de iluminación:

- Los circuitos eléctricos de iluminación están sobrecargados.

Para solucionar este problema se debe rediseñar los circuitos de iluminación ya que entre la 18:00 y 21:00 horas se utiliza el 100% de la iluminación, ya que es cuando hay mayor actividad en el Centro Universitario San Marcos.

### 4.1 Propuesta para los circuitos de iluminación

Ecuación a utilizar, del capítulo dos:

$$S = (\text{No. de lámparas}) * (\text{No. de Watts}) * (\text{consumo del balastro}) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde

$$\text{Consumo de Balastro} = 1.2$$

$$\text{Potencia aparente VA} = S$$

#### 4.1.1 Circuito A-1

Dividir el circuito A-1 (de la tabla V, capítulo I) en seis circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXIII. Forma de dividir el circuito A-1**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (va)</b>
A-1	13 lámparas fluorescente 2*40 W	1248
A-4	14 lámparas fluorescente 2*40 W	1344
A-5	12 lámparas fluorescente 2*40 W	1152
A-6	09 lámparas fluorescente 2*40 W	864
A-7	09 lámparas fluorescente 2*40 W	864
A-8	07 lámparas fluorescente 2*40 W	672

Donde

- A-1 circuito de iluminación de las 3 aulas que se encuentran ubicadas a continuación del tablero de distribución A.
- A-4 circuito de iluminación de las 4 aulas esquina opuesta al tablero de distribución.
- A-5 circuito de iluminación de las 3 aulas pegadas a la entrada principal del Centro Universitario.
- A-6 circuito de iluminación del pasillo de entrada del Centro Universitario.
- A-7 y A-8 circuitos de iluminación del pasillo.

#### **4.1.2 Circuito B-1**

Dividir el circuito B-1 (de la tabla VI, capítulo I) en dos circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXIV. Forma de dividir el circuito B-1**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
B-1	10 lámparas fluorescente 2*40 W	960
B-5	08 lámparas fluorescente 2*40 W	768

Donde

- B-1 circuito de iluminación de las 3 aulas a continuación del tablero de distribución B.
- B-5 circuito de iluminación de las 2 aulas restantes.

#### **4.1.3 Circuito C-1**

Dividir el circuito C-1 (de la tabla VI, capítulo I) en dos circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXV. Forma de dividir el circuito C-1**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
C-1	12 lámparas fluorescente 2*40 W	1152
C-5	13 lámparas fluorescente 2*40 W	1248

Donde

- C-1 circuito de iluminación de oficinas administrativas.
- C-2 Circuito de iluminación de la dirección, sala de juntas y pasillo.

#### 4.1.4 Circuito E-1

Dividir el circuito E-1 (de la tabla IX, capítulo I) en dos circuitos:

**Tabla XXVI. Forma de dividir el circuito E-1**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
E-1	09 lámparas fluorescente 2*40 W	864
E-5	07 lámparas fluorescente 2*40 W	672

Donde

- E-1 circuito de iluminación del salón principal.
- E-5 circuito de iluminación de la 4ta y 5ta aula que se encuentra a continuación del salón principal

#### 4.1.5 Circuito E-3

Dividir el circuito E-3 (de la tabla IX, capítulo I) en dos circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXVII. Forma de dividir el circuito E-3**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
E-3	11 lámparas fluorescente 2*40 W	1248
E-7	09 lámparas fluorescente 2*40 W	576



Donde

- E-3 circuito de iluminación de las 3 aulas a continuación del salón principal.
- E-7 Circuito de iluminación del salón principal.

#### 4.1.6 Cálculo de breaker a utilizar

Tabla XXVIII. Cálculo de Breaker

<b>CIRCUITO</b>	<b>pOTENCIA APARENTE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>BREAKER TEÓRICO</b>	<b>BREAKER A UTILIZAR</b>
	<b>VA</b>	<b><math>I = p_{aparente} / v</math></b>	<b>Amperios</b>	<b>Amperios</b>
A-1	1248	9.9047	12.3808	1*20
A-4	1344	10.6666	13.3332	1*20
A-5	1152	9.1428	11.4285	1*20
A-6	864	6.8571	8.5714	1*20
A-7	864	6.8571	8.5714	1*20
A-8	672	5.3333	6.6666	1*20
B-1	960	7.6190	9.5238	1*20
B-5	768	6.0952	7.6190	1*20
C-1	1152	9.1428	11.4285	1*20
C-5	1248	9.9047	12.3808	1*20
E-1	864	6.8571	8.5714	1*20
E-3	1248	9.9047	12.3808	1*20
E-5	672	5.3333	6.6666	1*20
E-7	576	4.5714	5.7142	1*20

### **4.1.7 Conductores**

Para la elección del conductor que llevara la corriente a los dispositivos se tomara en consideración, la capacidad de conducción de corriente y la caída de voltaje de acuerdo con la tabla del anexo B, el conductor a utilizar es el THHN número 10.

#### **Nota**

El conductor no puede ser menor del número diez debido a las largas distancias que existe entre el breaker y los dispositivos.

## **4.2 Circuitos de fuerza**

Cuando se realizo el estudio teórico y de campo, se encontró el siguiente problema en los circuitos de fuerza:

- Los circuitos eléctricos de fuerza esta sobrecargados en el número de tomacorriente por circuito.

A continuación se realiza una propuesta para dividir los circuitos de fuerza.

### **4.2.1 Circuito A-3**

Dividir el circuito A-3 (de la tabla V, capítulo I) en 2 circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXIX. Forma de dividir el circuito A-3**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
A-3	9 tomacorrientes	1800
A-7	7 tomacorrientes	1400

Donde

- A-3 es el circuito de fuerza de las aulas que se encuentran ubicadas a continuación del tablero de distribución A.
- A-7 esta formado por el circuito de fuerza de las aulas esquina opuesta al tablero de distribución A.

#### **4.2.2 Circuito B-3**

Dividir el circuito B-3 (de la tabla VI, capítulo I) en 2 circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXX. Forma de dividir el circuito B-3**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
B-3	9 tomacorrientes	1800
B-4	8 tomacorrientes	1600

Donde

- B-3 circuito de fuerza de las aulas que se ubican enfrente del parqueo.
- B-4 circuito de fuerza del pasillo y parqueo.

#### 4.2.3 Circuito C-2

Dividir el circuito C-2 (de la tabla VII, capítulo I) en dos circuitos en la siguiente forma:

**Tabla XXXI. Forma de dividir el circuito C-2**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
C-2	11 tomacorrientes	2200
C-6	08 tomacorrientes	1600

Donde

- C-2 circuito de fuerza de las oficinas administrativas.
- C-6 circuito de fuerza de la dirección, sala de juntas, pasillo.

#### 4.2.4 Circuito D-2

Dividir el circuito D-2 (de la tabla VII, capítulo I) en tres circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXXII. Forma de dividir el circuito D-2**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
D-2	11 tomacorrientes	2200
D-3	10 tomacorrientes	2000
D-4	09 tomacorrientes	1800

Donde

- D-2 circuito de fuerza de las oficinas de profesores.
- D-3 circuito de fuerza de las aulas que se encuentran ubicado a continuación de la sala de profesores.
- D-4 circuito de fuerza de pasillo.

#### **4.2.5 Circuito E-4**

Dividir el circuito E-4 (de la tabla IX, capítulo I) en dos circuitos de la siguiente forma:

**Tabla XXXIII. Forma de dividir el circuito E-4**

<b>CIRCUITO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
E-4	10 tomacorrientes	2000
E-6	10 tomacorrientes	2000

Donde

- E-4 circuito de fuerza del salón principal.

- E-6 circuito de fuerza de las aulas a continuación del salón principal.

#### 4.2.6 conductores

Para la elección del conductor que llevara la corriente a los dispositivos se tomara en consideración, la capacidad de conducción de corriente y la caída de voltaje de acuerdo con la tabla del anexo B, el conductor a utilizar es el THHN número 10.

Nota

El conductor no puede ser menor del número 10 debido a las largas distancias que existe entre el breaker y los dispositivos.

#### 4.2.7 Cálculo de breaker a utilizar

Tabla XXXIV. Cálculo de breaker

<b>CIRCUITO</b>	<b>POTENCIA APARENTE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>BREAKER ( TEÓRICO)</b>	<b>BREAKER A UTILIZAR</b>
	<b>VA</b>	<b><math>I = p_{aparente}/v</math></b>	<b>Amperios</b>	<b>Amperios</b>
A-3	1800	14.28	17.85	1*20
A-7	1400	11.11	13.88	1*20
B-3	1800	14.28	17.85	1*20
B-4	1600	12.69	15.87	1*20
C-2	2000	17.40	19.84	1*20
C-6	1600	12.69	15.87	1*20
D-2	2000	17.40	19.84	1*20
D-3	2000	15.87	19.84	1*20
D-4	1800	14.28	17.85	1*20
E-4	2000	15.87	19.84	1*20
E-6	2000	15.87	19.84	1*20

### 4.3 Diagramas unifilares

Figura 10. Tablero de distribución A

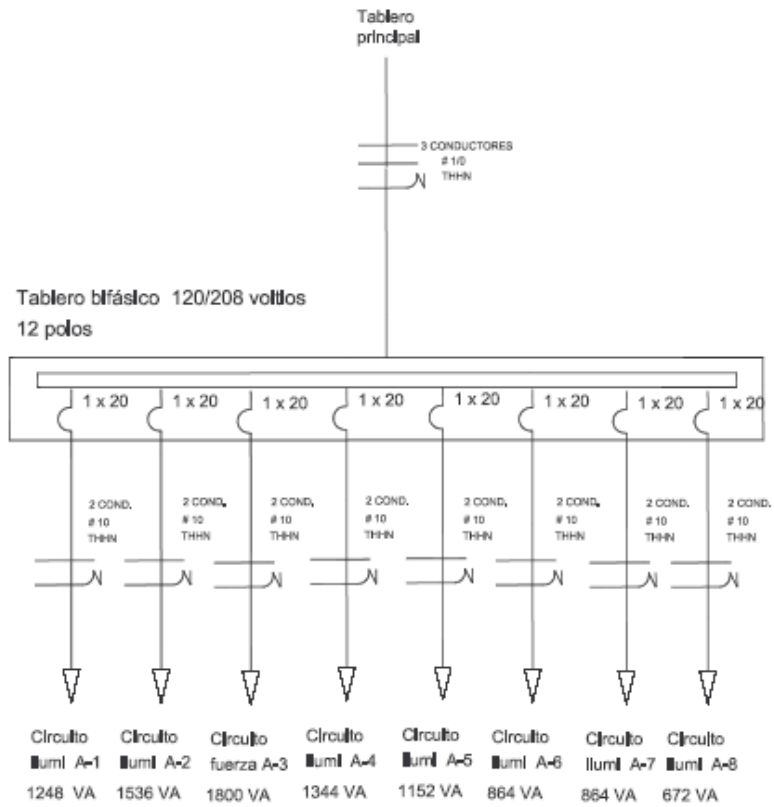


Figura 11. Tablero de distribución B

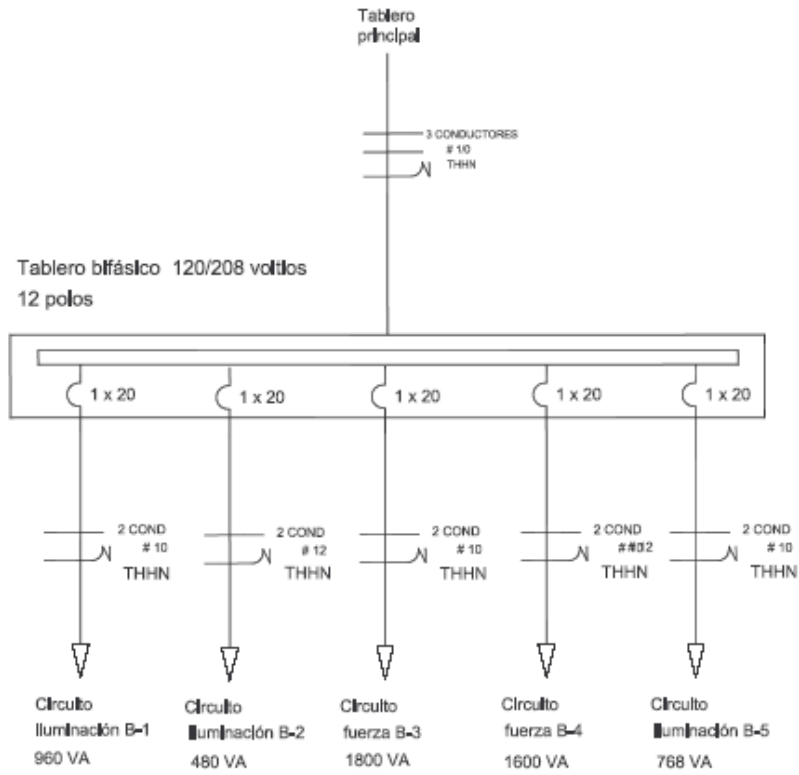




Figura 12. Tablero de distribución C

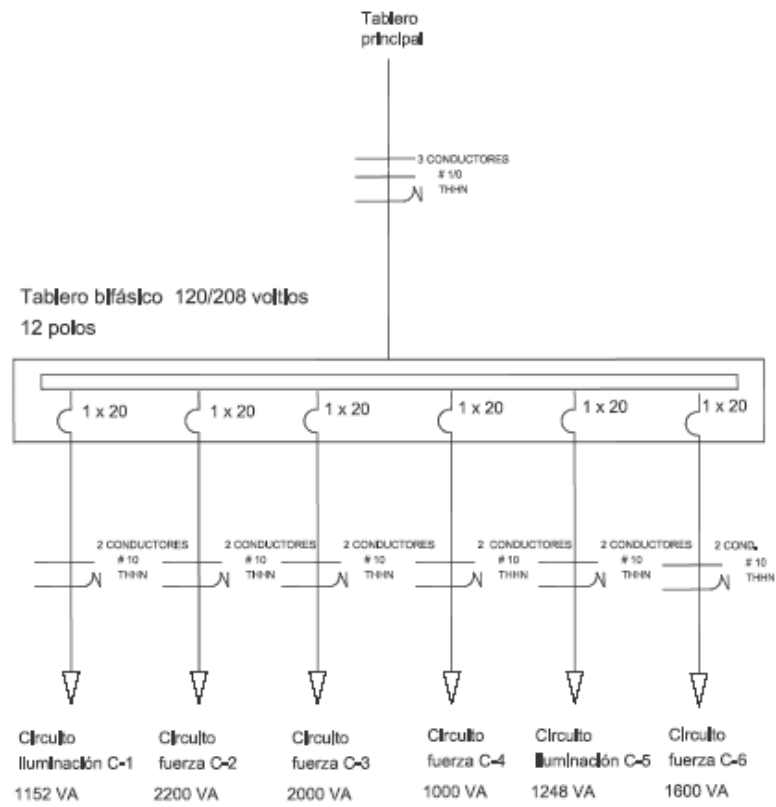


Figura 13. Tablero de distribución D

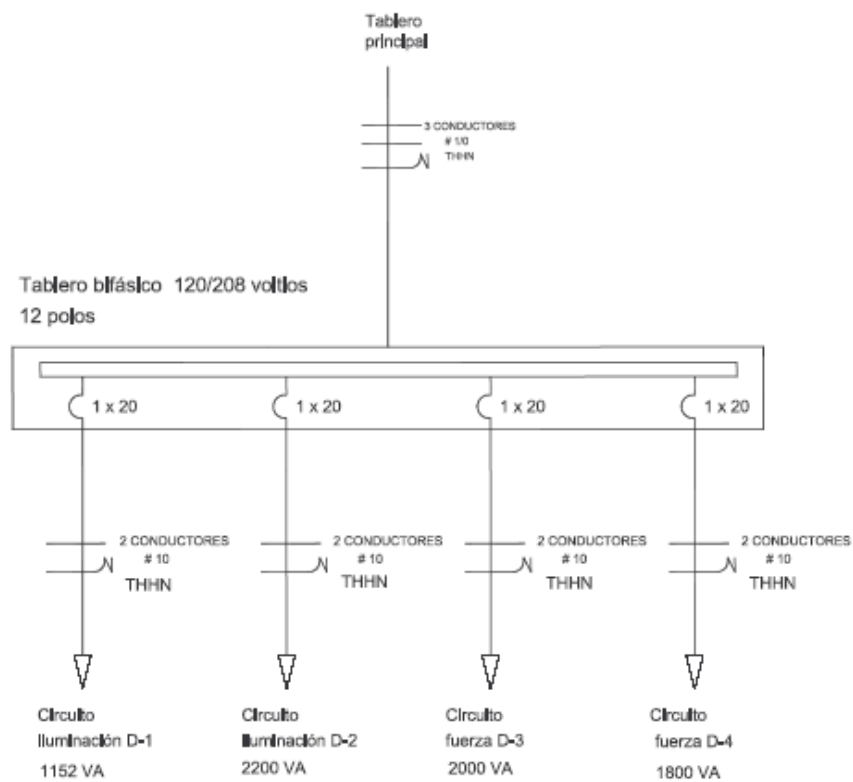
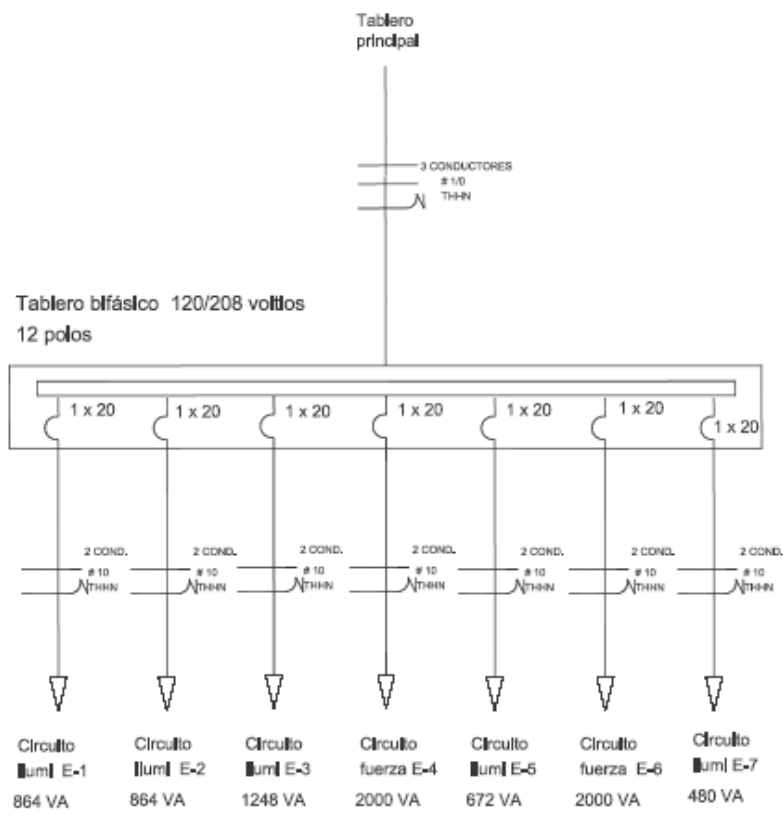


Figura 14. Tablero de distribución E



#### 4.4 Presupuesto de la implementación de los cambios sugeridos

Tabla XXXV. Costo de materiales

Descripción	Precio por unidad	Cantidad	sub-total
Breaker 1 x 20	Q 21.30	17	Q 362.10
Rollos de alambre THHN 10 de 100 mts.	Q 273.00	12	Q 3276.00
Tubo fluorescente F40T12/DL	Q 7.03	40	Q 281.20
Lámparas 2 x 40 RS LISTON	Q 96.75	05	Q 483.75
Tubo PVC de ¾" 2.5 metro	Q 6.25	200	Q 1250.00
Vueltas PVC de ¾"	Q 2.00	20	Q 40.00
Gastos varios			Q 1000.00
<b>Total</b>			<b>Q 6693.05</b>

## 5 MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS

Para la medición de todos los parámetros de la calidad de energía se utilizó el analizador de red AR.5

### 5.1 Características técnicas del AR.5

- Alimentación interna: batería 12 volts recargable, autonomía 8 hrs.
- Precisión: 0.5% de la escala
- Potencias: 1% de la escala
- Capacidad de memoria: 1 Mbyte (30 parámetros cada 5 minutos durante 28 días)
- Periodo de registro: programable entre 1 segundo a 4 horas.

**Figura 15. Equipo completo del analizador de redes AR.5**

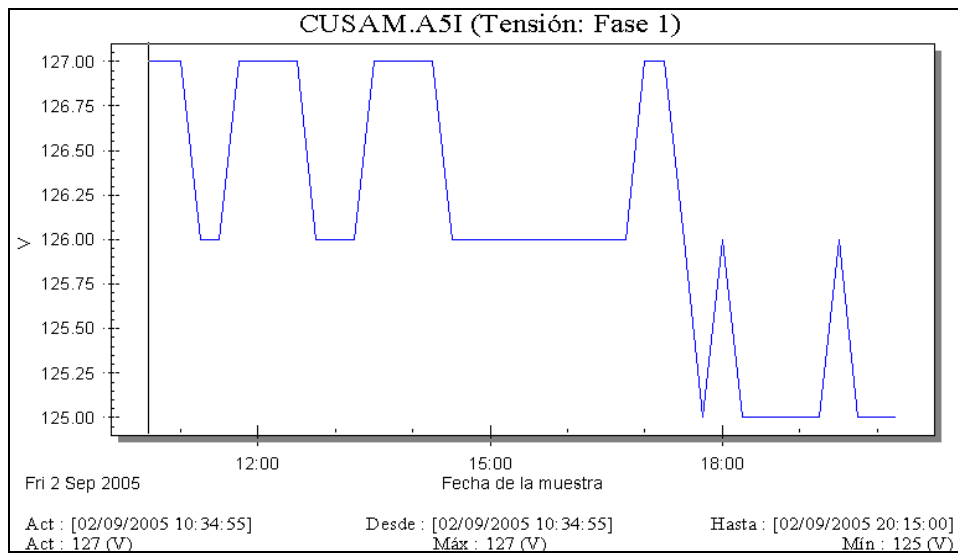


Fuente: Manual AR.5

## 5.2 Voltaje

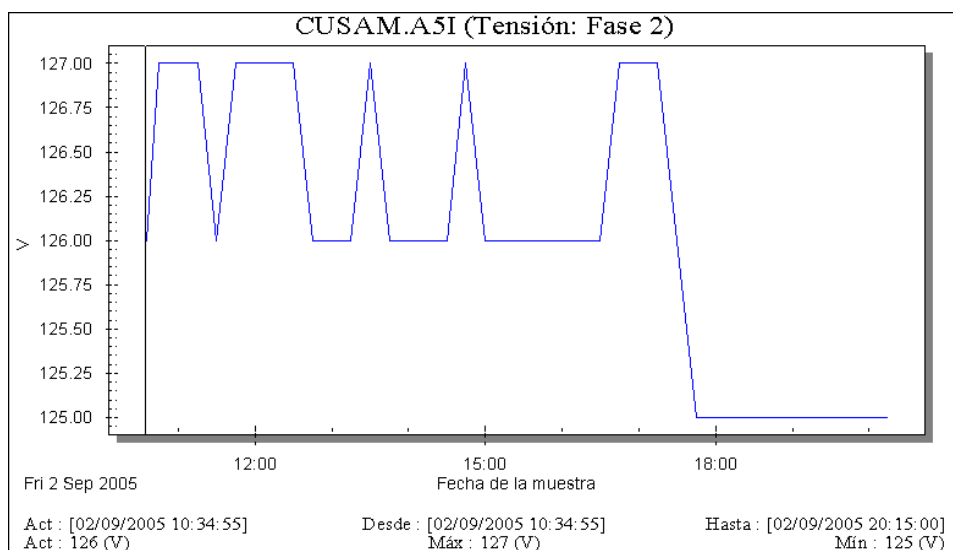
El comportamiento del voltaje por fase durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 16. Voltaje fase 1**



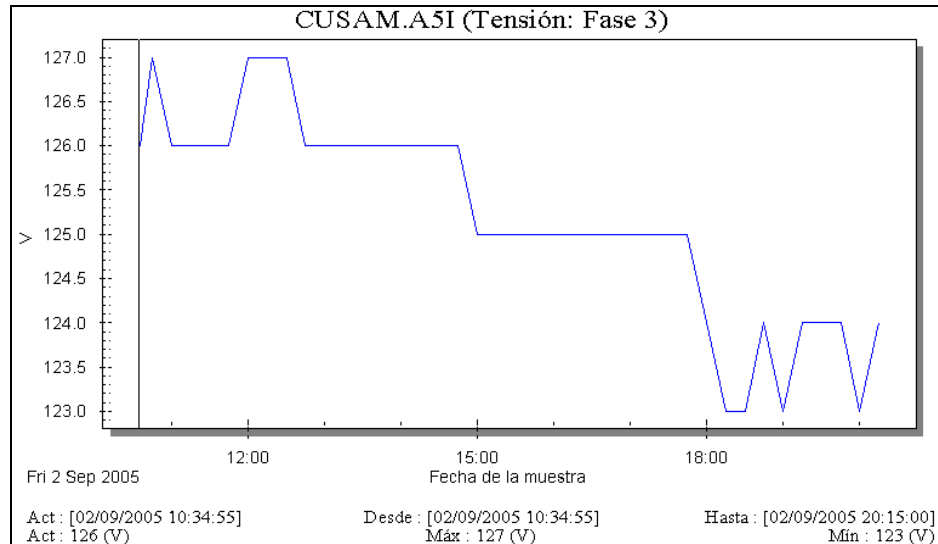
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 17. Voltaje fase 2**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 18. Voltaje fase 3**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.2.1 Análisis de resultados para el voltaje

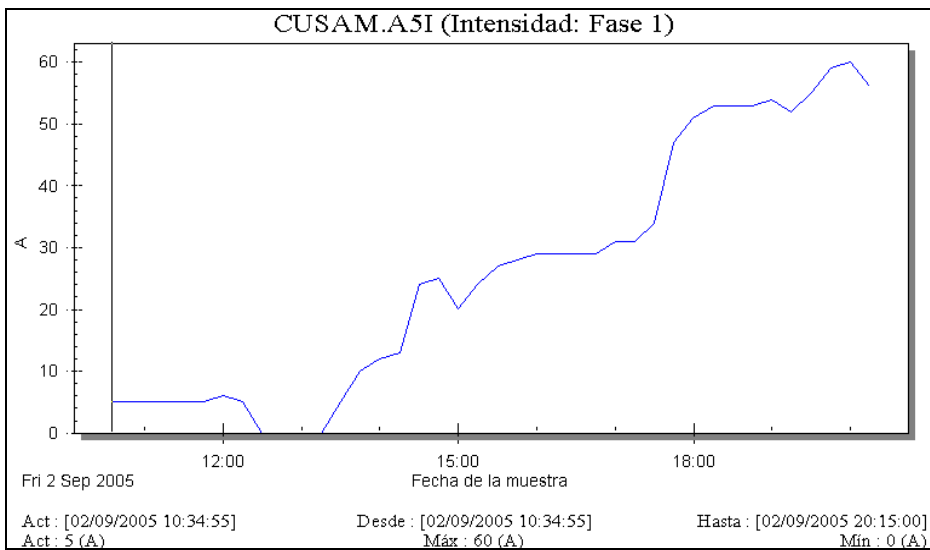
El nivel de voltaje tiene un comportamiento similar en las tres fases a lo largo del tiempo. El voltaje promedio es de 126 voltios, El voltaje de la fase uno y dos presenta un rango de variación de 125 a 127 voltios, la fase tres es la que presenta una mayor variación del nivel de voltaje respecto al valor nominal encontrando su rango de variación entre 123 a 127 voltios.

El voltaje tiene una variación menor al 5%, cumpliendo con las normas de transmisión y distribución (NTSD). El porcentaje de variación de voltaje para el servicio urbano en baja tensión es del 8%.

### 5.3 Corriente

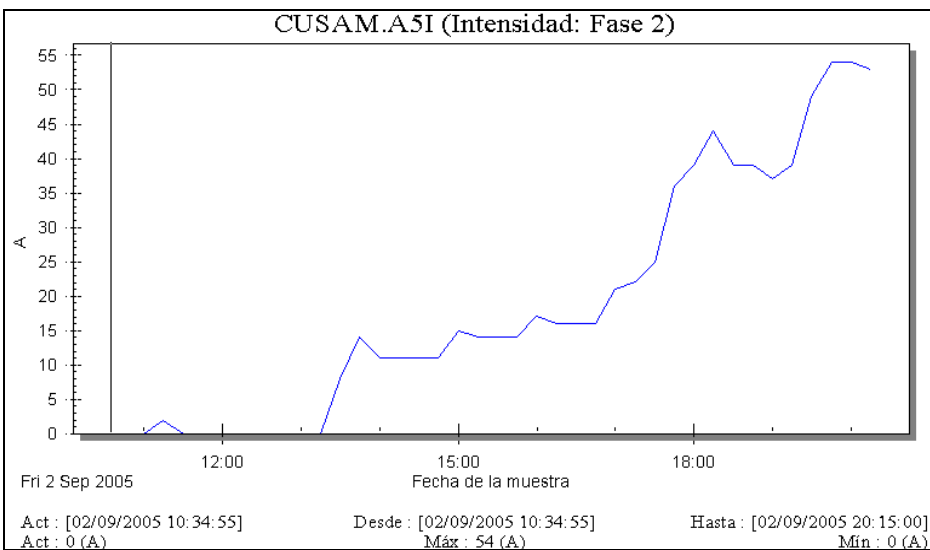
La corriente consumida durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 19. Intensidad de corriente fase 1**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

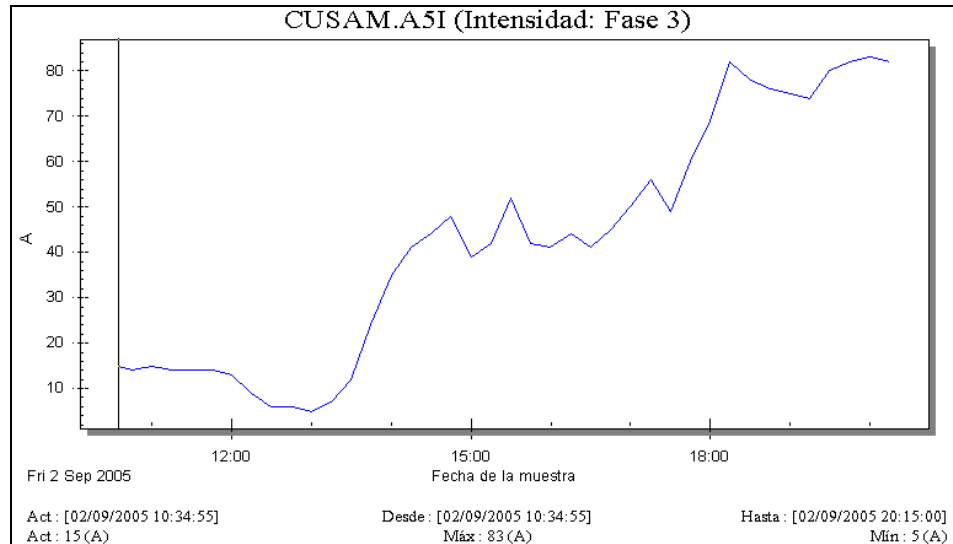
**Figura 20. Intensidad de corriente fase 2**



Fuente: medidor de parámetro AR.5



**Figura 21. Intensidad de corriente fase 3**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.3.1 Análisis de resultados para la intensidad de corriente

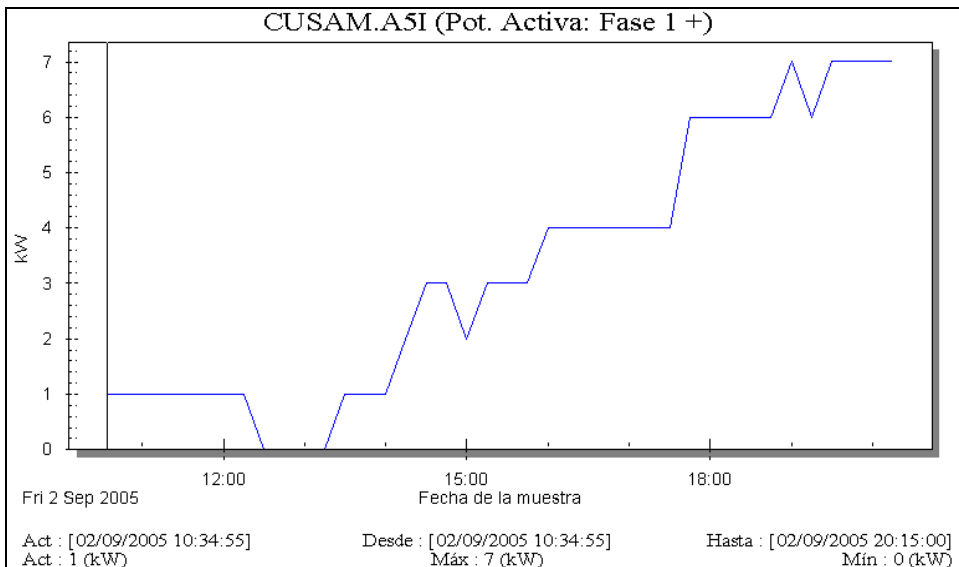
La circulación de la corriente en las fases se incrementa entre las quince y las veintiuna horas como se puede observar en las graficas, esto se debe a que durante este periodo se utiliza el 100 % de la iluminación y entran en funcionamiento todas las oficinas.

El consumo de corriente maxima en la fase uno es de sesenta amperios, en la fase dos la corriente maxima es de cincuenta y cuatro amperio, la fase tres es la que presenta el mayor consumo con una corriente maxima de ochenta y tres amperios, estos valores evidencia una mala distribución de las cargas a las horas de mayor consumo.

## 5.4 Potencia activa

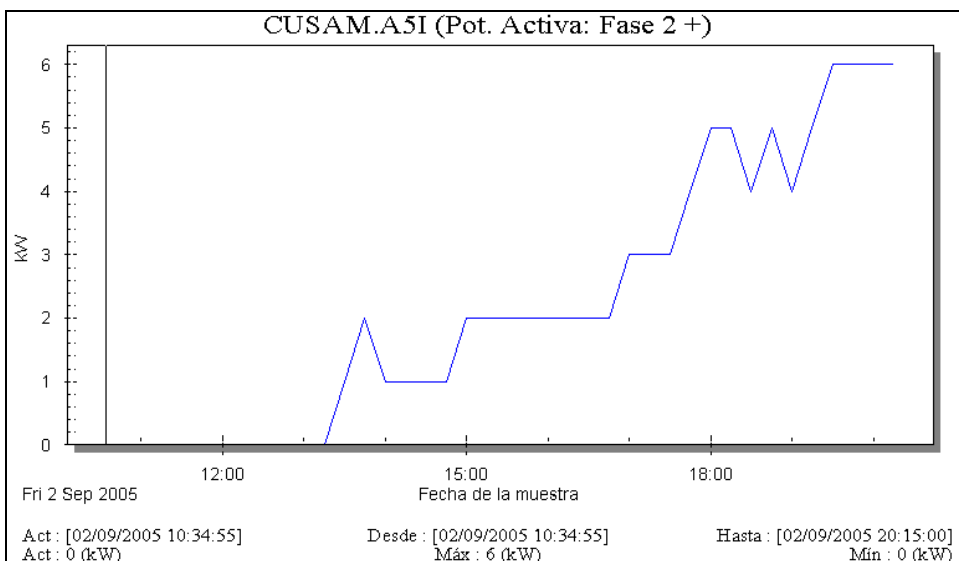
El comportamiento de la potencia activa durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 22. Potencia activa fase 1**



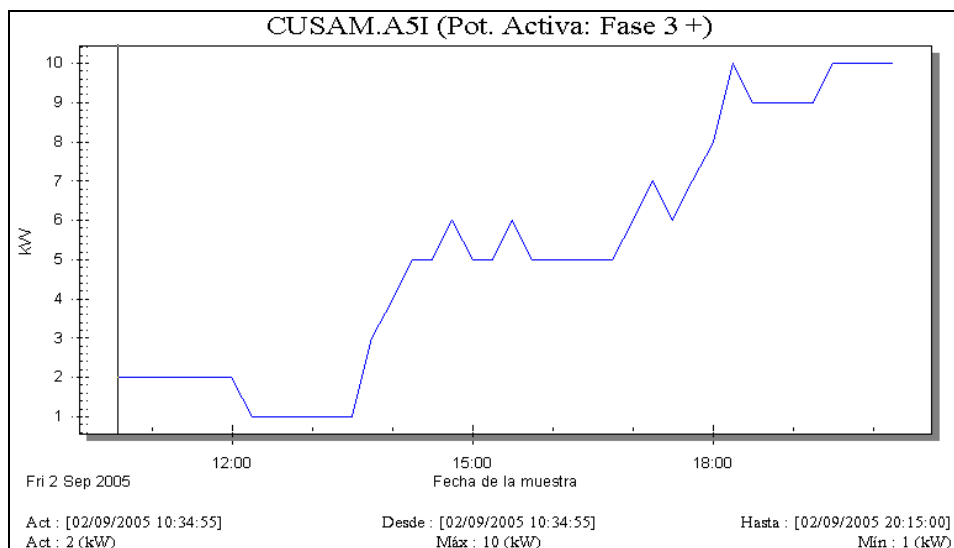
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 23. Potencia activa fase 2**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 24. Potencia activa fase 3**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

#### 5.4.1 Análisis de resultados para la potencia activa

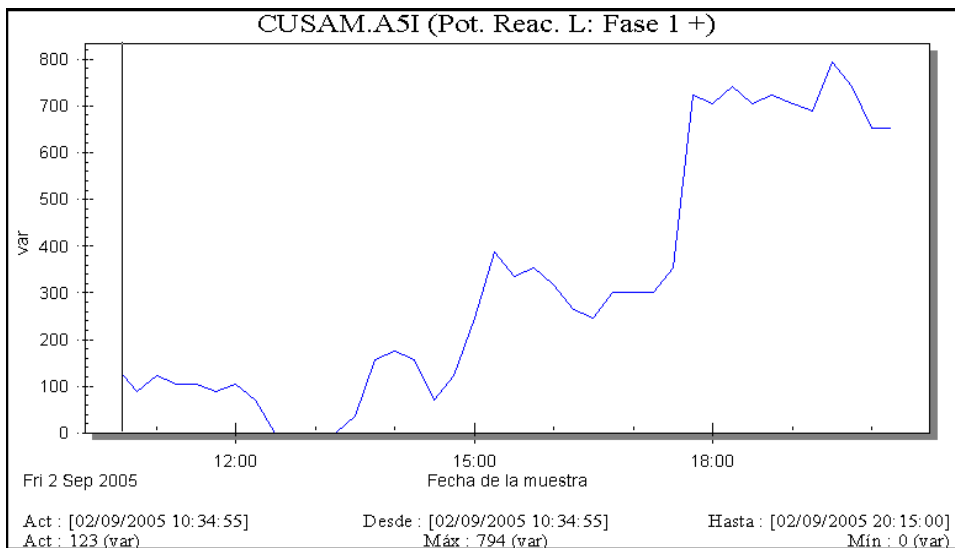
El comportamiento de la potencia activa en las tres fases se va incrementando desde las trece horas hasta las veintiuna horas, la potencia consumida en la fase uno se va incrementando hasta un valor máximo de 7 KW.

El consumo de potencia activa de la fase dos es similar a la de la fase uno, que se va incrementando durante los mismos periodos de tiempo con un valor máximo de consumo de 6 KW. El consumo de potencia activa de la fase tres difiere de las otras dos en que el valor máximo es de 10 KW, durante el periodo comprendido entre las diecinueve horas y las veintiuna horas.

## 5.5 Potencia reactiva inductiva

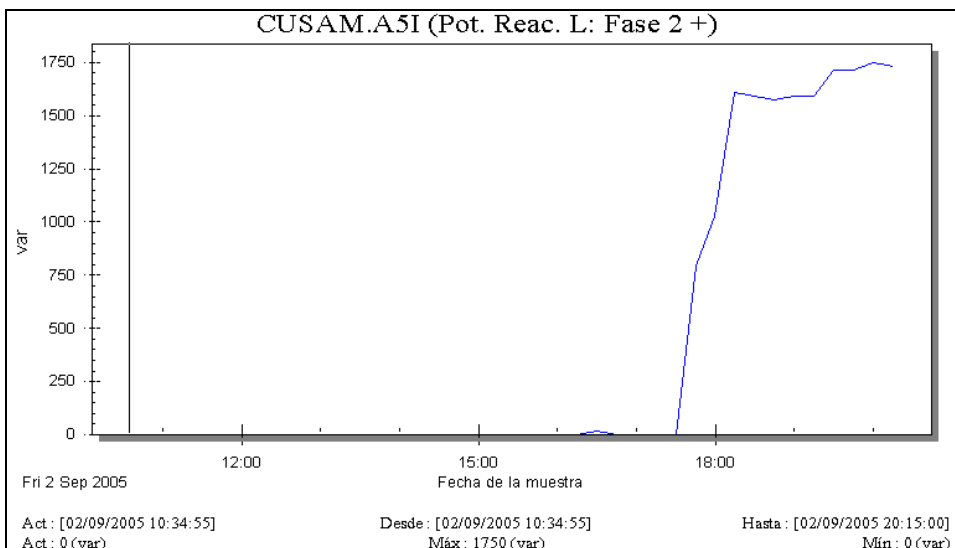
El consumo de potencia reactiva inductiva por fase se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 25. Potencia reactiva inductiva fase 1**



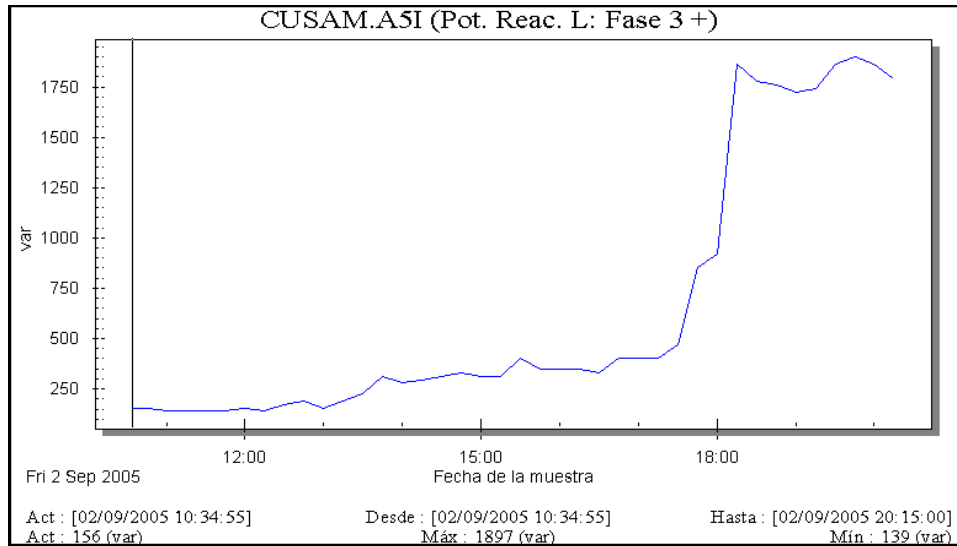
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 26. Potencia reactiva inductiva fase 2**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 27. Potencia reactiva inductiva fase 3**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

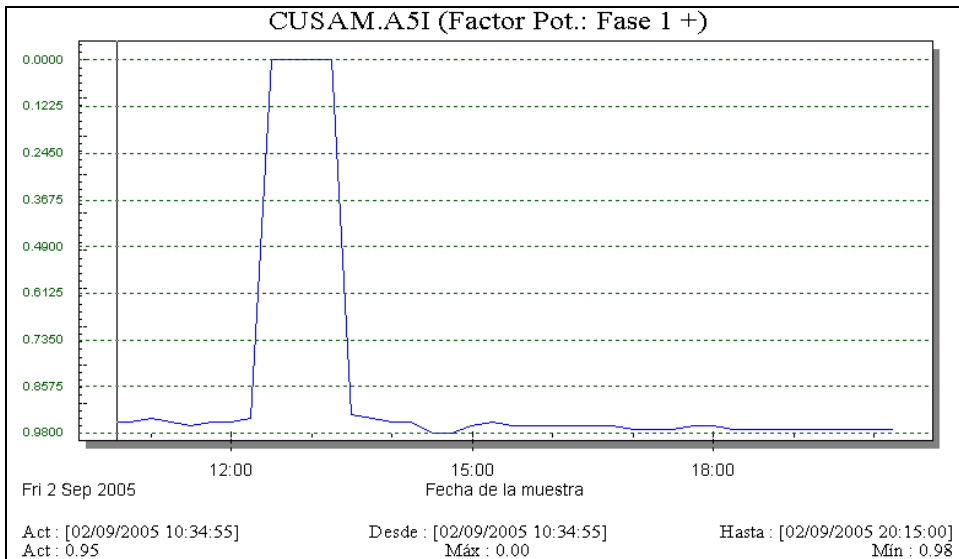
### 5.5.1 Análisis de resultados para la potencia reactiva inductiva

El consumo de potencia reactiva es diferente en las tres fases lo cual indica que la carga conectada a cada una de ellas posee características diferentes, en la fase uno el consumo de potencia reactiva incrementa entre las quince horas y las veintiuna horas hasta alcanzar un valor máximo de 800 VAR, en la fase dos el consumo de potencia reactiva inicia a las diecisiete horas para las veintiuna horas hasta un valor máximo de 1750 VAR, durante el resto del periodo el consumo de potencia reactiva es cero. En la fase tres el consumo de potencia reactiva es similar a la fase uno con un incremento gradual entre las nueve horas y las veintidós horas hasta alcanzar un máximo de 1750 VAR.

## 5.6 Factor de potencia

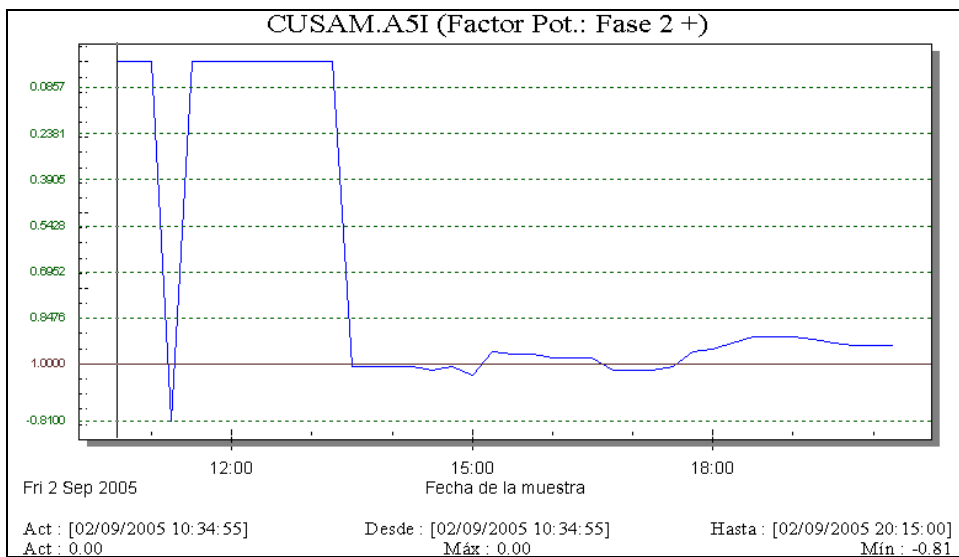
El comportamiento del factor de potencia de las tres fases durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 28. Factor de potencia fase 1**



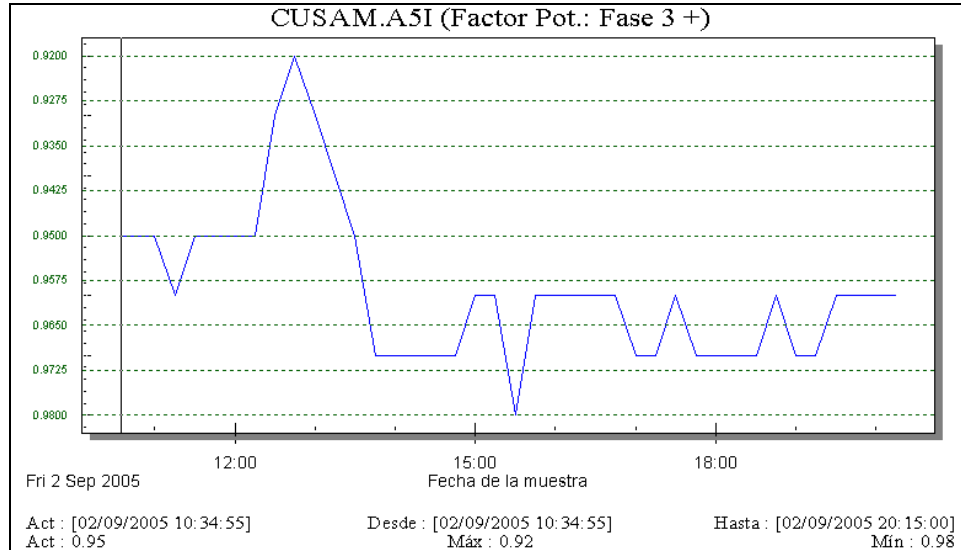
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 29. Factor de potencia fase 2**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 30. Factor de potencia fase 3**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.6.1 Análisis de resultados para el factor de potencia

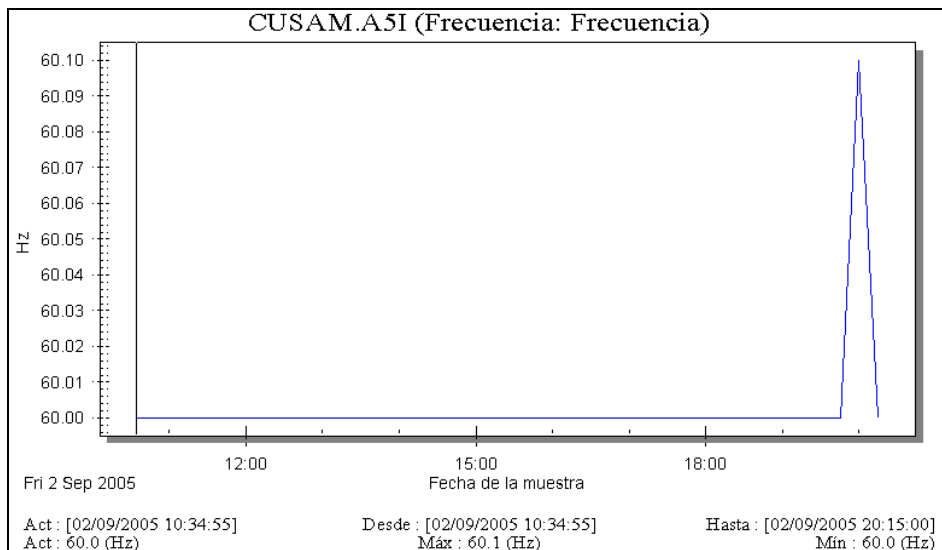
La empresa de Guatemala, establece en sus normas para acometidas de servicio eléctrico en su XII edición que en ningún caso el factor de potencia del usuario debe ser menor al 0.85. Los resultados obtenidos de la medición del factor de potencia es las tres fases permanece dentro del rango establecido por la norma.

Durante los periodos de bajo consumo se energía, en los cuales el flujo de corriente en las fases tiende a cero no son tomados en cuenta por el equipo de medición y se obtiene un factor de potencia igual a uno.

## 5.7 Frecuencia

Se midió la frecuencia durante un período, obteniendo la siguiente figura.

**Figura 31. Frecuencia**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.7.1 Análisis resultados para la frecuencia

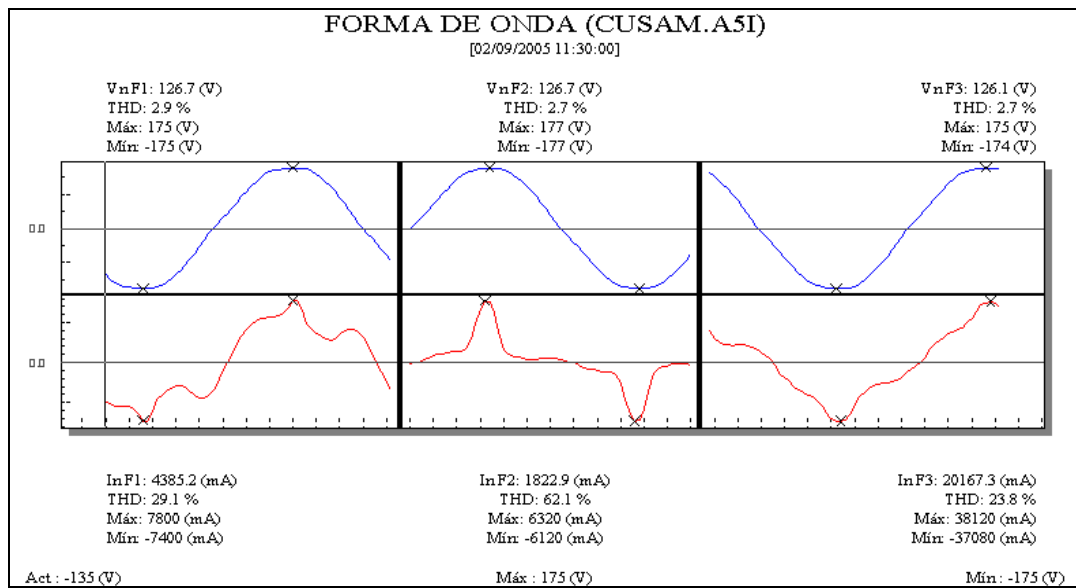
La frecuencia es constante excepto a las veinte horas donde tuvo una pequeña variación ya que la frecuencia en ese instante fue de 60.1 HZ.



## 5.8 Forma de onda

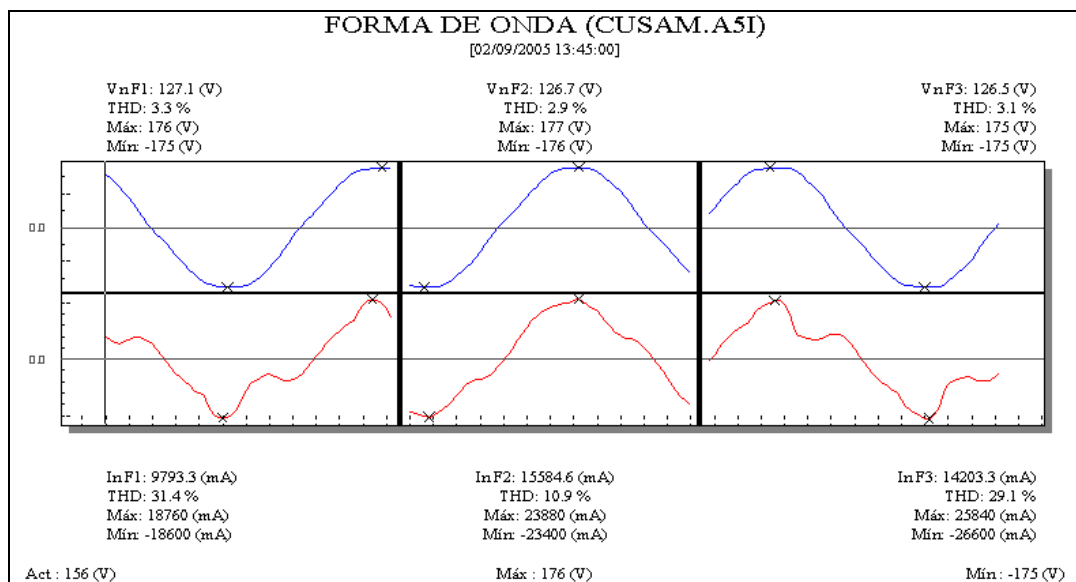
Las siguientes figuras muestra la forma de onda de voltaje y corriente que se obtuvieron al realizar la medición en un determinado período.

**Figura 32. Forma de onda con armónicos a las 11:30 horas**



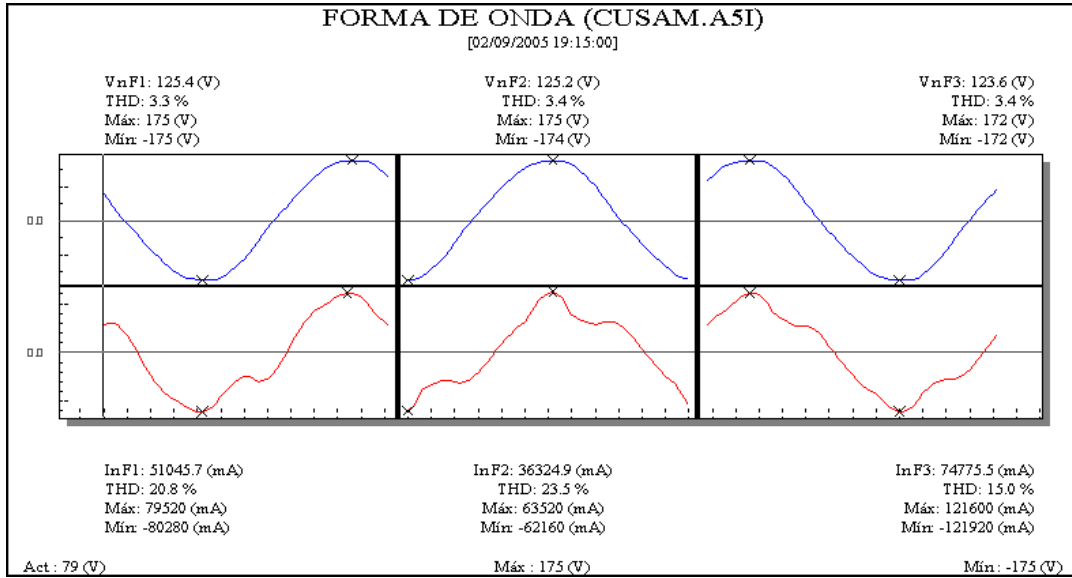
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 33. Forma de onda con armónicos a las 13:45 horas**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 34. Forma de onda con armónicos a las 19:15 horas**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.8.1 Análisis de resultados para las formas de onda

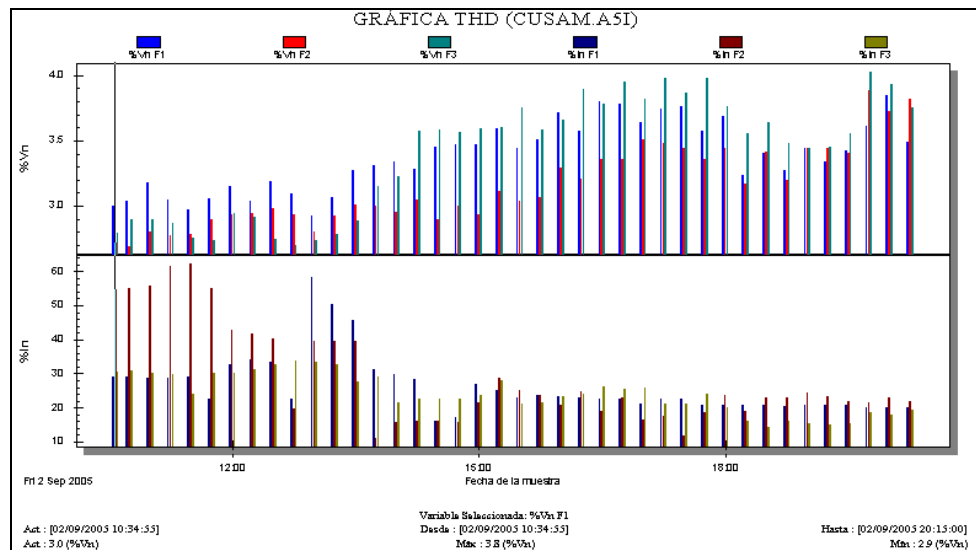
Debido a la propiedad no lineal del balastro y de pequeños arcos que se producen internamente en las lámparas fluorescentes la forma de onda de la corriente se distorsiona, como se puede observar en las figuras 32, 33 y 34 como consecuencia de la distorsión aparecen corrientes armónicas en el sistema de alimentación de las lámparas. Otras fuentes de distorsión armónica en el Centro Universitario son UPS, fax, impresoras fotocopiadoras (ver anexo C).

El balastro, produce dos efectos sobre el funcionamiento de las instalaciones eléctricas como lo son: Un bajo factor de potencia, distorsión de la forma de onda de la corriente y el voltaje.

## 5.9 Armónicos

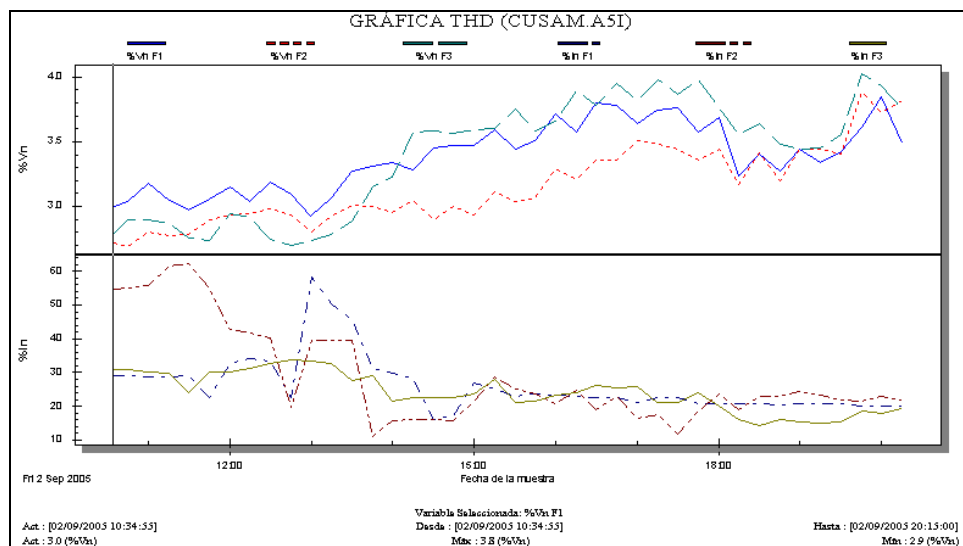
El comportamiento de los armónicos presentes en el Centro Universitario San Marcos durante el período de medición se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 35. Armónicos en barras THD**



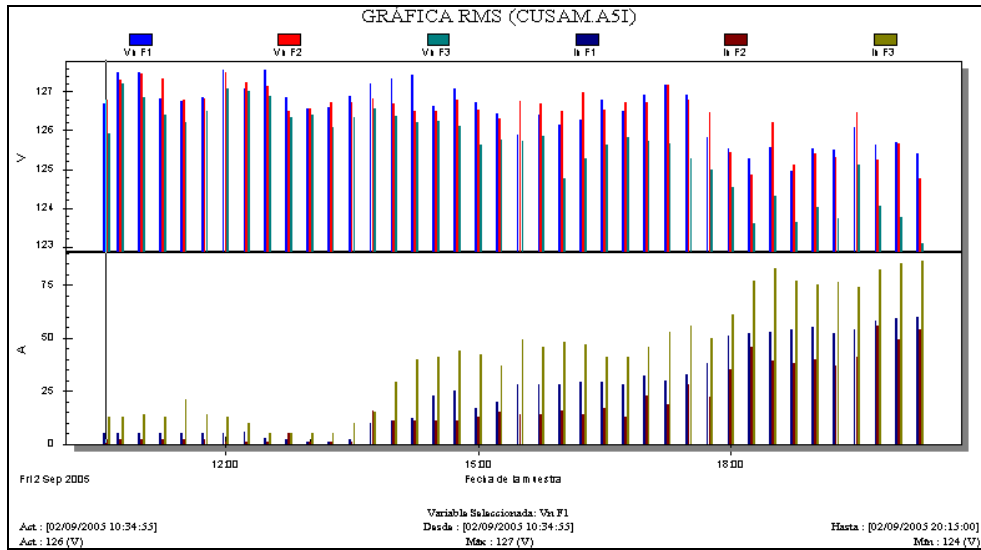
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 36. Forma de onda de armónicos THD**



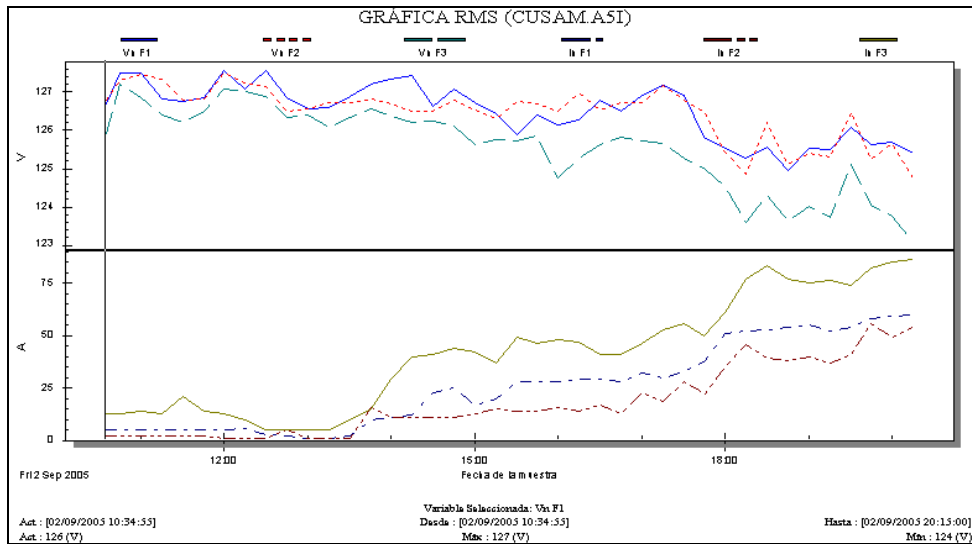
Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 37. Armónicos en barras RMS**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

**Figura 38. Forma de onda de armónicos RMS**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### **5.9.1 Análisis de resultados para los armónicos**

Los factores de distorsión de armónicos dependen del nivel de contenido armónico cuantificado en términos de distorsión armónica y de la potencia del equipo y del sistema.

Hay dos factores de distorsión armónica: factor de distorsión armónica de voltaje (VDF) y el factor de distorsión armónica de la corriente (IDF).

El factor de distorsión armónica de voltaje es del 4% cuando hay plena carga; el valor de VDF esta por debajo del valor permisible que es del 8% que establece las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD).

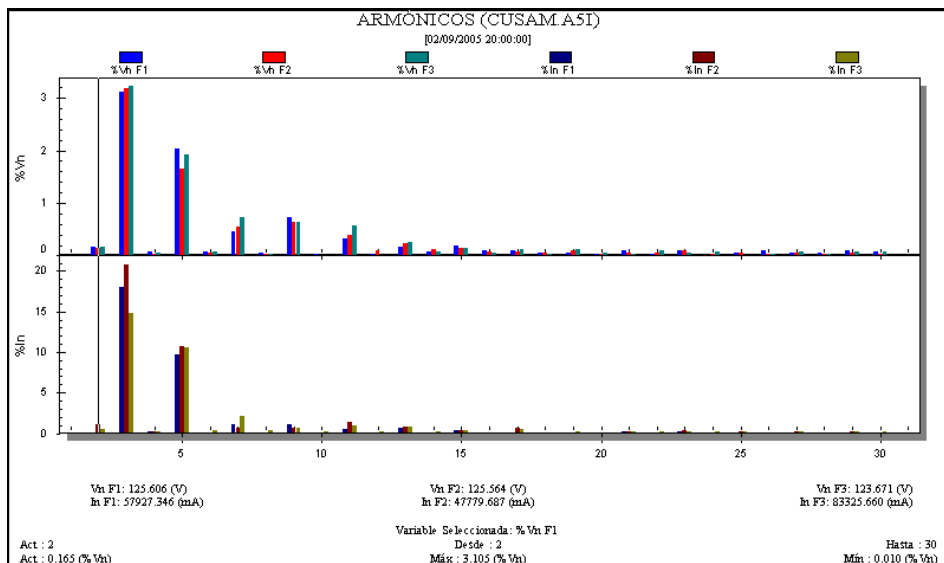
El factor de distorsión armónica de la corriente de las ocho horas a las trece horas es del 60% pero esta no daña al sistema debido a que la potencia consumida es pequeña aproximadamente se consume 4 KW. De las trece horas a las veintiuna horas el IDF disminuye a un 20% cuando el sistema esta a plena carga.

Se recomienda colocar un banco capacitivo para disminuir el nivel de armónicos en el Centro Universitario

## 5.10 Armónicos en forma de barras

En la siguiente figura podemos observar los armónicos presentes en las instalaciones eléctricas del centro Universitario.

**Figura 39 Armónicas en barras desde la 1era a 30va armónica a las 20:00 h**



Fuente: medidor de parámetro AR.5

### 5.10.1 Análisis de resultados para armónicos de barras

En la figura 39, se observa que la armónica que más predomina es la tercera y quinta armónica. Esto se debe a que en el sistema de iluminación se utilizan lámparas fluorescentes con balastos magnéticos, el balastro produce el efecto de distorsión de la forma de onda de la corriente principalmente.

## CONCLUSIONES

1. El rediseño de las instalaciones eléctricas demostró que los circuitos de iluminación están sobrecargados, los circuitos deben ser modificados de acuerdo a lo planteado en el capítulo cuatro para garantizar la continuidad del servicio.
2. Se observó que las modificaciones a las instalaciones eléctricas, del Centro Universitario San Marcos, se realizan sin hacerse un estudio previo, lo que provoca un desbalance de cargas entre líneas.
3. El voltaje se encuentra con una buena regulación, luego de las mediciones efectuadas por un intervalo de un día, en el cual se midió la energía eléctrica (ver graficas 16, 17 y 18).
4. De acuerdo al rediseño se determinó que el sistema de protección eléctrica debe ser modificada para garantizar la protección en caso de una sobrecarga o corto circuito, ya que, al fallar la protección eléctrica puede provocar accidentes lamentables.
5. La armónica que está presente en las instalaciones del Centro Universitario San Marcos es la tercera armónica y en un menor porcentaje la quinta armónica, pero no causa daño al sistema porque la potencia consumida es pequeña (ver grafica 35).





## RECOMENDACIONES

1. Para mantener las instalaciones eléctricas, tanto de fuerza como de iluminación, en buen estado y que cumplan para lo que fueron creadas, es indispensable que se tenga un programa de mantenimiento adecuado para la solución y prevención de problemas eléctricos que surjan en el Centro Universitario.
2. De acuerdo al rediseño del sistema eléctrico se recomienda dar prioridad a los circuitos de iluminación, debido a que el Centro Universitario fue diseñado para aulas y así poder prestar un mejor servicio a los estudiantes que reciben clases.
3. Se recomienda dividir en la brevedad posible los circuitos de iluminación A-1, B-1, C-1, C-2 ya que están sobrecargados.
4. Cuando se realicen ampliaciones o modificaciones a las instalaciones eléctricas actuales, se recomienda realizar el menor número de empalmes, debido a que estos ocasionan pérdida de energía.
5. Se recomienda dividir los circuitos de fuerza A-3, B-3, C-2, D-2, E-4, ya que, están sobrecargados.
6. Se recomienda programar un mantenimiento preventivo al banco de transformadores, ya que, desde que se instaló hace cinco años no se le ha dado ningún tipo de mantenimiento.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Bratu Serbán y Eduardo Campero. **Instalaciones Eléctricas**. 2<sup>a</sup> edición. México: Editorial Alfa Omega, 1994.
2. Enríquez Harper, Gilberto. **El ABC de las instalaciones Eléctricas**. 3<sup>a</sup> edición. México: Limusa. 1994.
3. Grainger, John y William D. Stevenson Jr. **Análisis de sistemas de potencia**. 1<sup>era</sup> Edición. México: McGRAW-HILL, 2003.
4. Lemus Gudiel, Elmer Estuardo. **Actualización de métodos de evaluación**. Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
5. Méndez, Luís. **Guía para el manual de instalaciones**, Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
6. Safford, Edgard. **Instalaciones Eléctricas e Iluminación para hogares y oficinas**. 1<sup>era</sup> edición. México: Limusa, 1984.



## **ANEXO**



## ANEXO A

**Tabla de coeficiente de utilización K**

DISTR. TÍPICA	TECHO	CLARO		SEMICLARO		CLARO	
	Pared	Claro	Semi claro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
	Piso	Oscuro		Claro		Semiclaro	
	RR						
Luz indirecta <b>I</b>	0.6	0.27	0.21	0.17	0.11	0.28	0.22
	1.0	0.39	0.33	0.26	0.28	0.42	0.35
	2.0	0.55	0.49	0.36	0.29	0.60	0.52
	3.0	0.61	0.56	0.40	0.34	0.69	0.62
	5.0	0.68	0.64	0.44	0.39	0.78	0.72
Luz Semi- indirecta <b>SI</b>	0.6	0.24	0.19	0.17	0.11	0.24	0.19
	1.0	0.35	0.30	0.26	0.19	0.37	0.31
	2.0	0.49	0.44	0.36	0.29	0.53	0.47
	3.0	0.55	0.50	0.40	0.34	0.61	0.55
	5.0	0.60	0.57	0.45	0.39	0.68	0.63
Luz Semi- directa <b>SD</b>	0.6	0.34	0.28	0.31	0.24	0.35	0.29
	1.0	0.48	0.42	0.44	0.36	0.50	0.43
	2.0	0.64	0.59	0.58	0.51	0.69	0.62
	3.0	0.70	0.66	0.63	0.57	0.78	0.72
	5.0	0.75	0.72	0.68	0.63	0.86	0.81
Luz Difusión general <b>G</b>	0.6	0.26	0.21	0.23	0.16	0.27	0.22
	1.0	0.38	0.33	0.33	0.26	0.40	0.34
	2.0	0.53	0.48	0.44	0.38	0.57	0.51
	3.0	0.59	0.55	0.49	0.44	0.65	0.59
	5.0	0.64	0.61	0.54	0.49	0.73	0.68
Luz Directa <b>D</b>	0.6	0.34	0.28	0.33	0.24	0.35	0.28
	1.0	0.49	0.42	0.47	0.37	0.51	0.43
	2.0	0.65	0.60	0.63	0.55	0.71	0.64
	3.0	0.72	0.67	0.69	0.63	0.80	0.74
	5.0	0.78	0.75	0.75	0.71	0.89	0.85

Fuente: Carlos Arriaga, **manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas**

### Coeficiente de reflexión

	<b>COLOR</b>	<b>COEFICIENTE DE REFLEXIÓN %</b>
<b>Claros</b>	Blanco	75 – 85
	Marfil	70 – 75
	Colores pálidos	60 – 70
<b>Semiclaros</b>	Amarillo	55 – 65
	Café claro	45 – 55
	Verde Claro	40 – 50
	Gris	30 – 50
<b>Oscuros</b>	Azul	25 – 35
	Rojo	15 – 20
	Café oscuro	10 - 15

Fuente: Carlos Arriaga, **manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas**

### Nivel lumínico

	<b>AMBIENTE</b>	<b>LUXES</b>
<b>Vivienda</b>	Entrada, corredores	50
	Ambientes de estar	50 – 10
	Cocina, planchador	400
	Baños	50
	Alumbrado complementario	400 – 600
<b>Lugares de trabajo</b>	Oficinas en general	300 – 500
	Contabilidad, dibujo	600
	Fabrica, talleres, área de venta, etc.	400 - 500
	Áreas de paso	100
	Vitrinas	500 – 1000

Fuente: Carlos Arriaga, **manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas**



## Lámparas fluorescentes

<b>TABLA DE LÁMPARAS FLUORESCENTES</b>				
Producto	Largo		Watts	Lúmenes
F20T12/CW	24"	609.6 mm	20	1240
F20T112/WW	24"	609.6 mm	20	1260
F20T12/D	24"	609.6 mm	20	1075
F30T12/D	24"	609.6 mm	20	1900
F40CW	48"	1219.2 mm	40	3100
F40D	48"	1219.2 mm	40	2700
F40CW/RS/SS	48"	1219.2 mm	34	2775
F40WW/RS/SS	48"	1219.2 mm	34	2825
F40D/RS/DD	48"	1219.2 mm	34	2350
F48T12/CW	48"	1219.2 mm	39	2940
F48T12/D	48"	1219.2 mm	39	2500
F48T12/CW/SS	48"	1219.2 mm	32	2550
F72T12/CW	72"	1828.8 mm	55	4500
F72T12/D	72"	1828.8 mm	55	3900
F96T12/CW	96"	2438.4 mm	75	6300
F96T12/WW	96"	2438.4 mm	75	6400
F96T12/D	96"	2438.4 mm	75	5400
F96T12/CW/SS	96"	2438.4 mm	60	5400
F96T12/WW/SS	96"	2438.4 mm	60	5500
F96T12/D/SS	96"	2438.4 mm	60	4700

Fuente: Carlos Arriaga, **manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas**



## ANEXO B

### Capacidad máxima de conducción de los conductores tipo cable con forro THHN

Calibre	CAPACIDAD MAXIMA DE CONDUCCIÓN	
	Amperios	Diámetro mm <sup>2</sup>
0000	195	11.68
000	165	10.38
00	145	9.36
0	125	8.25
1	110	7.34
2	95	6.54
3	80	5.82
4	70	5.18
6	55	4.11
8	40	3.26
10	30	2.59
11	30	2.30
12	20	2.05

Fuente: Enrique Harper, **EL ABC de las instalaciones eléctricas.**



## **ANEXO C**

### **GENERADORES DE ARMÓNICOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO SAN MARCOS**

#### **Lámparas fluorescentes**

Las lámparas fluorescentes no son generadores exclusivos de armónicos en los sistemas de iluminación, sino que todas aquellas lámparas de descarga que utilizan transformadores o balastos, tales como las lámparas de descarga de alta intensidad HID, de mercurio o de sodio a alta presión.

El balastro, produce dos efectos sobre el funcionamiento de las instalaciones eléctricas como lo son:

- a. Un bajo factor de potencia
- b. Distorsión de la forma de onda de la corriente y el voltaje.

Para mejorar el factor de potencia se hace uso de capacitores, los cuales son una fuente de potencia reactiva relativamente barata, que generalmente vienen incorporados a las luminarias desde la fábrica.

#### **Computadoras, impresoras y faxes**

En edificios modernos, en centros educativos o de investigación, en oficinas gubernamentales, e incluso a nivel industrial donde la automatización se incrementa cada día más, las computadoras tienden a constituir una porción importante de la carga total instalada.

Las computadoras personales PC's, los faxes, las impresoras digitales de todo tipo, las fotocopiadoras, etc., son equipos que requieren normalmente que el secundario del transformador de alimentación del edificio se encuentre conectado en estrella con neutral conectado e incluso aterrizado. Esto significa que, además de considerar los equipos mencionados como generadores de altos valores de distorsión armónica de la corriente, son generadores de armónicos triples como la 3<sup>a</sup>, la 9<sup>a</sup> y la 15<sup>a</sup> que han de circular por los hilos vivos y el neutral.

A la entrada de un fax/modem el IDF puede ser del 47%, con un consumo de 5W y factor de potencia de 0.73 en retraso.

### **Sistema de potencia constante (UPS)**

En UPS se estima que puede haber una distorsión total del voltaje en el rango de 9 a 14.5% y una distorsión total de la corriente hasta del 26%. Además el factor de potencia de las cargas en el UPS se halla entre 0.65 y 0.75, cuyo bajo valor es debido principalmente al contenido armónico. Se tiene información también, de que ha habido casos en que solo el 18% de distorsión de la corriente ha causado un 16% de distorsión de voltaje.

### **Efectos de las armónicas**

La presencia de la armónica en un sistema de distribución de potencia eléctrica puede traer serios problemas, tanto para el mismo equipo o sistema que las produce como para otros equipos conectados en la misma red.

Las corrientes armónicas generadas interactúan con la impedancia del sistema y originan la distorsión del voltaje, elevan las pérdidas y producen efectos de sobrecargas conectadas a la red. Así también, reducen el factor de potencia, dado su carácter reactivo.

Los efectos de las armónicas pueden dividirse en:

1. Sobre esfuerzo del aislamiento debido a efectos del voltaje, que pueden causar un daño acumulativo, en el tiempo, al aislamiento de equipo de potencia.
2. Sobre esfuerzo térmico debido a la corriente eléctrica, que pueden causar el deterioro del aislamiento en cables, máquinas rotativas y transformadores.
3. Interferencia inductiva sobre circuito de comunicación.

### **Efecto sobre el factor de potencia**

Uno de los efectos más interesantes producido por las armónicas en el sistema de potencia es la reducción que causan al factor de potencia. Si suponemos que la distorsión del voltaje se mantendrá a un nivel aceptable, de conformidad con las normas establecidas para el efecto mediante la aplicación de técnicas adecuadas de control de armónicos, podemos considerar que el voltaje es senoidal.

El incremento de la potencia aparente, y la potencia activa o de conversión se mantiene constante, definitivamente representa una disminución del factor de potencia y un incremento de la corriente en cables, tableros, devanados, transformadores, etc. limitando la capacidad terminal de los diferentes componentes del sistema.

## **Efectos en los conductores**

Debido al comportamiento ya conocido de las corrientes armónicas triples en sistemas trifásicos, en el sentido de que las tres corrientes de línea de secuencia cero están en fase, al llegar al centro de una conexión estrella, retornarán por el neutral o por la tierra. Este hecho, aunque el sistema trifásico este perfectamente balanceado, puede provocar el calentamiento de cables y conectores al excederse su ampacidad, a lo que habría que agregar que en el neutral se producirá una diferencia de potencial armónica triple inesperada si lo que se supone es la no presencia de armónicas.

Y esto sucederá aunque el neutral se encuentre aterrizado en uno de sus extremos; de tal manera que en equipo ubicado en ciertos puntos o a cierta distancia de los puntos donde el neutral se aterriza, la diferencia de potencial con respecto a tierra no será cero.

En equipo electrónico en el cual la exigencia de voltaje cero, o próximo a cero, con respecto a tierra es drástica, la existencia de la diferencia de potencial armónico triple puede ser un serio inconveniente.

El producto del cuadrado de la corriente armónica triple por la resistencia del neutral determinara el valor de la potencia activa disipada, proporcional al calor liberado por el cable. Un incremento de la temperatura influirá en la degradación del aislante del conductor y en su tiempo de vida útil. Por otro lado, el producto de la corriente armónica triple por la diferencia de potencial en el neutral por el seno del ángulo de desfase entre ellos determinara el valor de potencia reactiva presente.



## **ANEXO D**

### **INCORPORACIÓN AL MERCADO MAYORISTA**

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

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

- Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.
- Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1, Base de Datos), Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1, Coordinación del Despacho de Carga), que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la Programación de Largo Plazo, Programación Semanal y Despacho Diario.
- Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el Artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.
- Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.

- La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo.
  
- Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el Mercado Mayorista, una declaración jurada de que su demanda excede 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro.