



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Francisco Vitalino Trujillo y Trujillo

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO VITALINO TRUJILLO Y TRUJILLO

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÈN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

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



Francisco Vitalino Trujillo y Trujillo



Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.


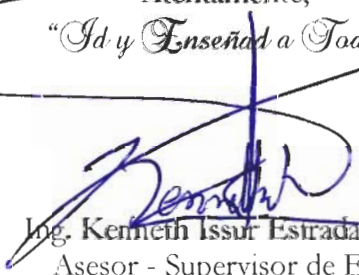
Por este medio atentamente le informo que como Asesor - Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **FRANCISCO VITALINO TRUJILLO Y TRUJILLO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **“ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor - Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica

KIER/jm



Guatemala, 30 de abril de 2007
Ref. EPS. C. 263.04.07

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **FRANCISCO VITALINO TRUJILLO Y TRUJILLO**, quien fue asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

A handwritten signature in black ink, appearing to read "ARSG", written over a horizontal line.

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 9 de julio de 2007

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envié el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) titulado **"ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **FRANCISCO VITALINO TRUJILLO Y TRUJILLO**, y fue revisado por mi persona con fecha 24 de enero de 2007, por lo tanto solicito favor de darle el trámite respectivo para su aprobación.

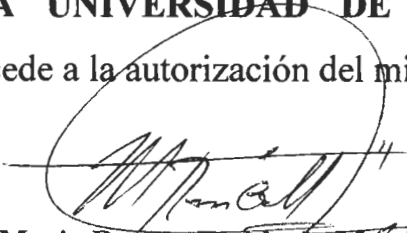
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Ing. Marvin Hernández
Revisor de EPS
Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; FRANCISCO VITALINO TRUJILLO Y TRUJILLO titulado: **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÈN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 15 DE JUNIO 2,007.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.221.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Francisco Vitalino Trujillo y Trujillo**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval shape. The signature is written over the printed name of the Dean.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, julio de 2007



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser mi creador y Padre celestial, porque siempre me ha bendecido con la sabiduría, valor y fuerzas necesarias para vencer cualquier obstáculo y alcanzar mis metas en la vida.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser ingeniero.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Por la implementación formal del programa de EPS, en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
Centro Universitario de Petén	Por permitir la realización de este proyecto y por toda la ayuda brindada en el desarrollo del mismo.

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Vitalino Trujillo Zapata y Ana Elizabet Trujillo Ochaeta de Trujillo, como un reconocimiento por todo su amor, dedicación, confianza y esfuerzos por hacer de mí la persona que soy ahora.
- Mis hermanas** Lilian Verónica y Zahira Argentina, por su cariño, apoyo, comprensión y apoyo que me han dado durante todos estos años.
- Mi esposa** Wendy Iliana Castillo Santiago de Trujillo, por su cariño, compañía y apoyo en todo momento.
- Hijos y sobrinos** Carmen Nathalia, Denilson Aldair y Ronal Francisco, por compartir conmigo tantas ilusiones y recuerdos de los momentos vividos.
- Mis familiares** En general, por su aprecio, apoyo y consejos en los momentos que he compartido con cada uno.
- Mis amigos** José Lucero, Emerson Nowell, Julio Robles, Carlos Boj, Andrés Recinos, Oscar Ramírez, Anael Argueta y otros más juntos a los cuales unimos esfuerzos para alcanzar nuestras metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	1
1.1. Instalaciones eléctricas.....	1
1.1.1. Características de las cargas.....	2
1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de los conductores.....	9
1.1.2.1. Resistencia de aislamiento.....	14
1.1.2.2. Capacidad, calibres y secciones de los conductores eléctricos.....	18
1.1.3. Evaluación de aislamiento en conductores eléctricos.....	20
1.1.4. Tuberías eléctricas.....	22
1.1.4.1. Tubo PVC eléctrico.....	23
1.1.4.2. Tubo plástico (poliducto).....	23

1.1.4.3.	Tubo conduit galvanizado.....	24
1.1.5.	Protecciones.....	25
1.1.5.1.	Corto circuito.....	26
1.1.5.1.1	Fusibles cartucho.....	27
1.1.5.1.2	Fusibles para uso general.....	27
1.1.5.1.3	Fusibles de tapón.....	27
1.1.5.2.	Sobrecargas.....	28
1.1.5.2.1	Interruptores termomagnéticos.....	28
1.1.6.	Tableros.....	30
1.1.6.1.	Tablero general.....	31
1.1.6.2.	Tablero de circuitos distribuidos o derivados.....	33
1.1.6.2.1	Tablero A.....	34
1.1.6.2.2	Tablero B.....	35
1.1.6.2.3	Tablero C.....	36
1.1.6.2.4	Tablero D.....	37
1.1.6.2.5	Tablero E.....	38
1.2	Red de tierras.....	39
1.2.1	Sistema de medición de tierra física.....	39
1.2.1.1	Medición de tierra conocida.....	40
1.2.1.2	Medición de la caída de potencial.....	41
1.2.1.3	Método de la relación.....	42
1.2.2	Resistividad del terreno.....	43
1.2.3	Condición actual.....	44

1.2.4	Medición y comprobación de utilidad.....	44
1.3	Iluminación.....	45
1.3.1	Revisión visual.....	46
1.3.2	Características de las luminarias.....	47
1.3.2.1	Lámparas fluorescentes.....	47
1.3.2.2	Lámparas de vapor mercurio.....	49
1.3.3	Medición de luxes.....	51
2.	ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN.....	55
2.1	Voltaje.....	55
2.2	Corriente.....	57
2.3	Factor de potencia.....	58
2.4	Potencia.....	60
2.4.1	Potencia activa.....	62
2.4.2	Potencia reactiva inductiva.....	64
2.5	Análisis de armónicos.....	66
3.	DIAGRAMAS UNIFILARES.....	73
3.1	Diagrama unifilar de la red eléctrica en general.....	73
3.2	Diagrama unifilar de la subred eléctrica.....	77

4.	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES.....	81
4.1	Cálculo de conductores.....	81
4.1.1	Método de Cálculo por corriente.....	81
4.1.2	Método de cálculo por caída de tensión.....	88
4.2	Cálculo de tuberías.....	91
4.3	Cálculo de iluminación.....	100
4.4	Cálculo de red de tierras.....	116
4.4.1	Medición de la resistividad del terreno.....	117
4.4.2	Cálculo de la resistividad del terreno.....	118
4.5	Cálculo de pararrayos.....	120
4.6	Cálculo de corto circuito.....	131
4.6.1	Efectos de la corriente trifásica de corto circuito.....	132
5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS.....	137
6.	IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÈN.....	149
6.1	Red de distribución eléctrica.....	149
6.2	Impacto técnico recíproco.....	150

7.	EVALUACIÒN DE LA INCORPORACIÒN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETEN AL MERCADO MAYORISTAS.....	151
8.	PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETEN.....	153
	CONCLUSIONES.....	157
	RECOMENDACIONES.....	159
	BIBLIOGRAFÍA.....	161
	ANEXOS.....	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Módulo 1.....	3
2	Módulo 2.....	4
3	Módulo 3.....	5
4	Módulo 4.....	6
5	Biblioteca.....	7
6	Administración.....	8
7	Flipones termomagnéticos.....	28
8	Descripción del flipon termomagnético.....	29
9	Tablero principal.....	32
10	Tablero A.....	34
11	Tablero B.....	35
12	Tablero C.....	36
13	Tablero D.....	37
14	Tablero E.....	38
15	Método de la tierra conocida.....	41
16	Método de la caída de potencial.....	42
17	Medición de resistividad.....	43

18	Sistemas actuales de red de tierras físicas CUDEP.....	44
19	Funcionamiento de la lámpara fluorescente.....	46
20	Lámpara fluorescente CUDEP.....	47
21	Diseño de la lámpara fluorescente.....	49
22	Diseño de la lámpara de vapor de mercurio.....	51
23	Gráfica de voltaje.....	55
24	Gráfica de voltaje trifásico.....	56
25	Gráfica de corriente.....	57
26	Gráfica de factor de potencia.....	58
27	Gráfica de potencia trifásica.....	61
28	Gráfica de potencia activa.....	63
29	Triángulo de potencias.....	64
30	Gráfica de potencia inductiva.....	65
31	Voltajes y corrientes armónicas.....	69
32	Formas de onda de voltaje y corriente armónicas.....	70
33	Armónicos THD.....	70
34	Forma RMS de voltaje y corriente.....	71
35	Conexión de transformadores monofásicos estrella-estrella.....	75
36	Diagrama unifilar de la red eléctrica general.....	76
37	Diagrama unifilar tablero A.....	77
38	Diagrama unifilar tablero B.....	78
39	Diagrama unifilar tablero C.....	79
40	Diagrama unifilar tablero D.....	79

41	Diagrama unifilar tablero E.....	80
42	Red de pararrayos.....	121
43	Diagrama de impedancias.....	135
44	Diagrama unifilar final del tablero A (Módulos 1 y 2).....	139
45	Diagrama unifilar final del tablero B (Módulo 3).....	141
46	Diagrama unifilar final del tablero D (Módulo 4).....	143
47	Diagrama unifilar final del tablero C (Biblioteca).....	145
48	Diagrama unifilar final del tablero E (Administración).....	146

TABLAS

I	Caracterización de cargas del módulo 1.....	3
II	Caracterización de cargas del módulo 2.....	4
III	Caracterización de cargas del módulo 3.....	5
IV	Caracterización de cargas del módulo 4.....	6
V	Caracterización de cargas de la biblioteca.....	7
VI	Caracterización de cargas de la administración.....	8
VII	Total de cargas de iluminación.....	9
VIII	Tablero de distribución módulo 1 y 2.....	11
IX	Tablero de distribución módulo 3.....	12
X	Tablero de distribución módulo 4.....	12

XI	Tablero de distribución de la biblioteca.....	13
XII	Tablero de distribución de la administración.....	13
XIII	Valores de resistencia de aislamiento recomendado.....	15
XIV	Datos característicos de los cables AWG.....	19
XV	Propiedad del aislamiento de los conductores.....	20
XVI	Número de conductores en tubos PVC o conduit.....	24
XVII	Medición de luxes módulo 1.....	52
XVIII	Medición de luxes módulo 2.....	52
XIX	Medición de luxes módulo 3.....	52
XX	Medición de luxes módulo 4.....	53
XXI	Datos del circuito del tablero A, por el método de corriente.....	81
XXI	Datos del circuito del tablero B, por el método de corriente.....	83
XXII	Datos del circuito del tablero C, por el método de corriente.....	84
XXIII	Datos del circuito del tablero D, por el método de corriente.....	85
XXIV	Datos del circuito del tablero E por el método de corriente.....	86
XXV	Datos del circuito del tablero A, por el método de voltaje.....	90
XXVI	Datos del circuito del tablero B, por el método de voltaje.....	91
XXVII	Datos del circuito del tablero C, por el método de voltaje.....	91
XXVIII	Datos del circuito del tablero D, por el método de voltaje.....	92
XXIX	Datos del circuito del tablero E, por el método de voltaje.....	92
XXX	Niveles de iluminación.....	102
XXXI	Resistividad del suelo según ANSI/IEEE std. 142-1982.....	118
XXXII	Coeficiente ambiental.....	122

XXXIII	Coeficiente de construcción.....	123
XXXIV	Coeficiente estructural.....	123
XXXV	Coeficiente de uso estructural.....	123
XXXVI	Coeficiente de continuidad de servicios.....	123
XXXVII	Comparación de conductores del módulo 1 y 2.....	138
XXXVIII	Comparación de tuberías del módulo 1 y 2	139
XXXIX	Comparación de luxes del módulo 1 y 2.....	140
XL	Comparación de conductores del módulo 3.....	140
XLI	Comparación de tubería del módulo 3.....	141
XLII	Comparación de luxes del módulo 3	142
XLIII	Comparación de conductores del módulo 4.....	142
XLIV	Comparación de tubería del módulo 4.....	143
XLV	Comparación de luxes del módulo 4.....	143
XLVI	Comparación de conductores de la biblioteca.....	144
XLVII	Comparación de tubería de la biblioteca.....	145
XLVIII	Comparación de luxes de la biblioteca.....	145
XLIX	Comparación de conductores de la administración.....	146
L	Comparación de tubería de la administración.....	147
LI	Comparación de luxes de la administración.....	147

GLOSARIO

Acometida	Conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución de la empresa a la instalación eléctrica del inmueble servido.
Canalizaciones	Se entenderá por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores, de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico, contaminación y a su vez, protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un cortocircuito.
Capacidad de conducción	Se refiere a la capacidad máxima de conducción de corriente de los conductores eléctricos, expresada en amperios.

Carga instalada

Es la suma de la capacidad nominal de todo equipo que se conectará a la acometida de la empresa.

Conductores

Son materiales en forma de alambre o cable que conducen la corriente eléctrica bajo determinadas condiciones. Estos pueden ser desnudos o con forro aislante.

Contador

Es un aparato que se usa para medir la energía y/o potencia eléctrica utilizada por el usuario o consumidor durante períodos de tiempo definidos

Fusibles

Son dispositivos que debido al paso de la corriente en exceso a su capacidad se funden, provocando con ello apertura del circuito.

Voltaje nominal

Es el valor asignado a la magnitud del voltaje de un sistema, con el fin de clasificarlo. Por ejemplo; 120/240, 240/480 VAC, el voltaje medido podrá variar el valor nominal en un rango que permita la operación satisfactoria del equipo.

RESUMEN

Se realizó un estudio de las instalaciones eléctricas del Centro Universitario de Petén haciendo una evaluación de las instalaciones eléctricas, análisis de la red eléctrica, diagramas unifilares, comparación de cálculos teóricos y prácticos y dentro de estos aspectos importantes se formula un programa de mantenimiento, para las instalaciones eléctrica del mismo.

Se realizó una evaluación de las cargas, que corresponderá a iluminación, fuerza y casos especiales, además de los que son los componentes de instalación y protección, dando a conocer aspectos y datos reales obtenidos a base de supervisión de campo. El análisis de los conductores eléctricos del CUDEP también se abarcó en este estudio, tanto en el ramo de su aislamiento, como el de su capacidad de conducción.

La protección de los circuitos es analizada y comparada con los datos teóricos calculados, así como las tuberías en sus diferentes tipos y medidas. El cálculo tanto de iluminación, conductores, tubería, pararrayos, red de tierra y corto circuito para el CUDEP es analizado con bases de ingeniería dentro del siguiente trabajo, además del impacto que de las instalaciones tiene sobre la red de alimentación de energía eléctrica, dando como resultado las posibles paciones de solución para los problemas encontrados.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar una evaluación técnica de las instalaciones del Centro Universitario de Petén, para lograr mejoras en el desarrollo de actividades estudiantiles, docentes y administrativas.

- **Específicos**

1. Evaluar el estado actual de las instalaciones eléctricas del Centro Universitario de Petén.
2. Proponer las opciones de solución que se adapten a los problemas existentes e implementando un plan de mantenimiento general para las instalaciones eléctricas.
3. Realizar una comparación de resultados de cálculos teóricos con resultados obtenidos en la supervisión de campo para identificar las áreas que necesiten una reestructuración de sus circuitos eléctricos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las instalaciones eléctricas poseen gran importancia dentro de las actividades diarias que el hombre realiza, tanto en el ámbito personal como profesional, es debido a ello que se hace un monitoreo del funcionamiento del sistema eléctrico, en el área física como en calidad de energía.

La electricidad es fundamental para elevar la calidad de vida de la población, esta es un tipo de energía versátil y controlable, mediante los cuales es posible realizar muchos trabajos de manera eficiente. Con más de cien años la electricidad ha transformado la vida de la población mundial, los motores eléctricos, la iluminación, la refrigeración, tecnologías médicas, computadoras y medios masivos de comunicación son sólo algunos de los beneficios que hoy en día gozamos.

Debido a lo anteriormente descrito, se tiene en consideración el análisis y estudio de las instalaciones del Centro Universitario de Petén, tanto en el ramo de instalaciones eléctricas, sino también en el análisis completo de la red de energía eléctrica del mismo, invirtiendo en ello para lograr mejoras tanto estudiantiles, administrativas como docentes dentro del mismo.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

En términos generales la instalación eléctrica comprende la acometida que es un conjunto de conductores utilizados para transportar la energía eléctrica desde las líneas de distribución hasta el usuario, sistemas de medición, tablero principal, sub.-tableros, sistemas de protección y control, sistemas de puesta a tierra y otros.

Si no mantenemos la instalación eléctrica de nuestra vivienda con un nivel aceptable de seguridad, corremos un grave riesgo de sufrir un accidente que provoque daños personales y/o materiales de importancia.

Las instalaciones eléctricas anteriores corresponden desde lo que comprende la acometida hasta los puntos de utilización del usuario.

1.1 Instalaciones Eléctricas

El Centro Universitario de Petén (CUDEP) se encuentra ubicado en Santa Elena Flores, del departamento de Peten, este fue construido para aplicaciones como lo eran oficinas del FYDEP (Fomento y Desarrollo de Petén) y no del que se esta utilizando actualmente, de allí en adelante partiremos para analizar la condición y el diseño actual de dichas instalaciones tanto en el área de aulas como en la de los laboratorios, manteniéndose esta situación actualmente.

El total de las instalaciones eléctricas están hechas con conductores de cobre, incluyendo los circuitos de iluminación, aires acondicionados, circuitos de fuerza, etc. a pesar del tiempo y uso que han tenido las mismas solo se han hecho algunas pequeñas variantes en las instalaciones.

1.1.1 Características de las cargas

Las características de las cargas en una instalación eléctrica se analizan en base a las cargas instaladas dentro de cierto espacio. En este caso siendo el CUDEP, se deberán analizar las siguientes cargas:

- Iluminación
- Fuerza
- Bomba eléctrica para agua

De las tres cargas la más importante es la iluminación, ya que su uso es actualmente en aulas, biblioteca, laboratorios y administración, el mayor número de las lámparas son de 2X40 watts, debido al menor consumo de energía eléctrica.

Módulo 1

Las cargas que predominan en este modulo las de tipo lumínica, siendo utilizadas en aulas y baño, además de inductivas por los ventiladores instalados en las diferentes aulas.

Figura 1. Módulo 1



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla I. Caracterización de cargas del módulo 1

MODULO 1	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	9	720	1260
	2	8	640	1440
	3	6	480	960
	4	8	640	960
	5	6	480	1040
	6	8	640	1440
	7	6	480	1200
	8	5	400	960

Fuente: Supervisión de campo

Módulo 2

Las cargas eléctricas predominantes en este modulo ya son un poco mas grandes, como lo son equipos de oficina, computadoras, fotocopiadoras, aires acondicionados y otros equipos electrónicos.

Figura 2. Módulo 2



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla II. Caracterización de cargas del módulo 2

MODULO 2	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	6	480	1080
	2	8	640	720
	3	6	480	840
	4	8	640	720
	5	6	480	1440
	6	8	640	1540
	7	8	640	1220

Fuente: Supervisión de campo

Módulo 3

Este módulo es uno de los cuales predominan las cargas de tipo iluminación fluorescente, y los ventiladores como una pequeña carga inductiva, pues en este módulo se dispone específicamente para aulas.

Figura 3. Módulo 3



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla III. Caracterización de cargas de módulo 3

MODULO 3	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	14	1120	540
	2	14	1120	760
	3	14	1120	760
	4	14	1120	1040
	5	14	1120	960

Fuente: Supervisión de campo

Módulo 4

Este módulo es una nueva construcción y por lo tanto, no posee planos eléctricos, fue construido específicamente para el uso de aulas de estudio y por lo tanto posee en su mayor parte cargas de tipo fluorescente y pequeñas cargas de tipo inductivas.

Figura 4. Módulo 4



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla IV. Caracterización de cargas de módulo 4

MODULO 4	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	14	1120	1960
	2	14	1120	1760

Fuente: Supervisión de campo

Biblioteca

Este edificio esta constituido por diversas cargas como lo son lámparas fluorescentes, ventiladores, una sala de computación con internet, aires acondicionados, equipo de oficina, fotocopiadoras y equipo electrónico.

Figura 5. Biblioteca



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla V. Caracterización de carga de la biblioteca

BIBLIOTECA	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	15	1200	2220
	2	13	1040	1040
	3	9	720	1960
	4	9	720	1840

Fuente: Supervisión de campo

Administración

El edificio de administración es uno de los cuales no cuenta con planos eléctricos, es también uno de los que posee diversas cargas como computadoras, aires acondicionados, equipo electrónico y lámparas fluorescentes.

Figura 6. Administración



Fuente: Centro Universitario de Petén

Tabla VI. Caracterización de cargas de la administración

ADMINISTRATIVO	Salón	No. de lámparas	Iluminación (Watts)	Fuerza (VA)
	1	4	320	960
	2	2	160	220
	3	4	320	1040
	4	2	160	180

Fuente: Supervisión de campo

Tabla VII. Total de cargas de iluminación

	No. De lámparas de 80 watts	Total de watts
MODULO 1	56	4480
MODULO 2	50	4000
MODULO 3	70	5600
MODULO 4	28	2240
BIBLIOTECA	45	3600
ADMINISTRACION	12	960

Fuente: Supervisión de campo

1.1.2 Estado actual y dimensionamiento de los conductores

En el transcurso del estudio, se realizó en una de las inspecciones de campo al centro universitario la verificación e identificación de las protecciones y lugares que posee cada circuito eléctrico y el tipo de carga que alimenta.

Se encontró también que la distribución de ramales se encuentra mal diseñadas como en mal estado, las protecciones de los circuitos no es la apropiada y el dimensionamiento de los conductores en la mayoría de los casos no es el recomendado, esto nos da una idea de que se hizo una instalación totalmente empírica sin ninguna base en el área de la electricidad en la mayor parte de los circuitos. Además de tomar en cuenta que la mayoría de circuitos eléctricos de iluminación y de fuerza están instalados con calibres AWG (American Wire Gauge) y poseen aislante tipo THHN.

Los conductores se encuentran en diferentes secciones de áreas o calibres, los cuales están estipulados por la AWG. En las instalaciones eléctricas del Centro Universitario de Peten (CUDEP) se utiliza desde el calibre numero 12 AWG (delgado) hasta el 2/0 AWG (grueso). Los conductores europeos poseen su sección definida en mm².

Basándose en la anterior inspección, se hizo la tabulacion de los diferentes tipos de calibres por circuito alimentado. A continuación se muestra la siguiente tabla:

Tabla VIII. Tablero de distribución del módulo 1 y 2

	Tipo de carga (Descripción)	Calibre del conductor (AWG)	Protección
Circuito 1	Aire Acondicionado	6	3X30
Circuito 2	Iluminación (Canchas)	8	1X20
Circuito 3	Iluminación (Canchas)	6	2X30
Circuito 4	Fuerza (Aulas M1)	12	1X20
Circuito 5	Fuerza (Aulas M1)	12	1X30
Circuito 6	Iluminación (Pasillo)	12	1X20
Circuito 7	Fuerza (Aulas M2)	12	1X30
Circuito 8	Iluminación (Pasillo)	12	1X20
Circuito 9	Motor Eléctrico	8	2X30
Circuito 10	Iluminación (Canchas)	6	1X20
Circuito 11	Iluminación (Aulas M1)	12	1X20
Circuito 12	Fuerza (Aulas M2)	12	1X20
Circuito 13	Iluminación (Aulas M1)	12	1X20
Circuito 14	Iluminación (Aulas M2)	12	1X20
Circuito 15	Iluminación (Aulas M1)	12	1X20
Circuito 16	Iluminación (Aulas M2)	12	1X20
Circuito 17	Iluminación (Aulas M2)	8	1X20
Circuito 18	Iluminación (Aulas M2)	12	1X20
Circuito 19	Iluminación (Aulas M2)	12	1X20

Fuente: Supervisión de campo

Tabla IX. Tablero de distribución del módulo 3

	Tipo de carga (Descripción)	Calibre del conductor (AWG)	Protección
Circuito 1	Iluminación (Aula 1)	12	1X20
Circuito 2	Iluminación (Aula 2)	12	1X20
Circuito 3	Iluminación (Aula 3)	12	1X20
Circuito 4	Fuerza (Aula 4)	12	1X20
Circuito 5	Fuerza (Aula 5)	12	1X20
Circuito 6	Fuerza (Aula 1)	12	1X20
Circuito 7	Fuerza (Aula 2)	12	1X20
Circuito 8	Fuerza (Aula 3)	12	1X20
Circuito 9	Iluminación (Aula 4)	12	1X20
Circuito 10	Iluminación (Aula 5)	12	1X15

Fuente: Supervisión de campo

Tabla X. Tablero de distribución del módulo 4

	Tipo de carga (Descripción)	Calibre del conductor (AWG)	Protección
Circuito 1	Iluminación (Aula 1)	10	1X20
Circuito 2	Iluminación (Aula 2)	10	1X20
Circuito 3	Fuerza (Aula 1)	10	1X20
Circuito 4	Fuerza (Aula 2)	10	1X20

Fuente: Supervisión de campo

Tabla XI. Tablero de distribución de la biblioteca

	Tipo de carga (Descripción)	Calibre del conductor (AWG)	Protección
Circuito 1	Iluminación	10	1X20
Circuito 2	Iluminación	10	1X20
Circuito 3	Iluminación	12	1X20
Circuito 4	Fuerza	12	1X20
Circuito 5	Fuerza	12	1X20
Circuito 6	Alimentación Laboratorio de Computo	10	1X20

Fuente: Supervisión de campo

Tabla XII. Tablero de distribución de administración

	Tipo de carga (Descripción)	Calibre del conductor (AWG)	Protección
Circuito 1	Iluminación	12	1X20
Circuito 2	Fuerza	12	2X40
Circuito 3	Fuerza (equipos especiales)	12	1X20

Fuente: Supervisión de campo

1.1.2.1 Resistencia de aislamiento

La capacidad de un dieléctrico de soportar campos eléctricos sin perder sus propiedades aislantes es lo que se denomina resistencia de aislamiento o rigidez dieléctrica en un conductor. La oposición del aislamiento al paso de la corriente eléctrica y que normalmente se expresa en Megaohm-km.

Para realizar la prueba de aislamiento existe un instrumento conocido con el nombre de Megger, que es muy útil en la medición de valores de resistencia muy altos. El Megger aplica un voltaje y mide la resistencia entre un conjunto de elementos conductores conectados a una de sus terminales y las partes unidas a tierra a la otra terminal también se pueden medir el nivel de aislamiento entre fases.

Se hicieron dos mediciones diferentes, siendo estas:

- Resistencia entre conductores de fase
- Resistencia entre un conductor de fase y neutro

La siguiente tabla muestra los valores de resistencia recomendados para prueba de aislamiento en conductores de una instalación eléctrica según su voltaje nominal o de funcionamiento. Valores de resistencia de aislamiento recomendados para conductores.

Tabla XIII. Valores de resistencia de aislamiento recomendados

Tensión nominal del circuito	Tensión de prueba VDC	Valor mínimo de aislamiento MΩ
Circuitos de protección o control de tensión reducida	250	0.25
Tensión nominal menor de 500 VAC	500	0.50
Tensión nominal mayor de 500 VAC	1000	1.00

Fuente: Nacional Electrical Code, NEC

Tomando como referencia la tabla anterior y con ayuda del megohmetro de marca fluke 1520, se obtuvieron los siguientes resultados:

Módulo 1

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.58 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.48 MΩ

Módulo 2

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.61 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.54 MΩ

Módulo 3

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.59 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.56 MΩ

Módulo 4

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.52 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.47 MΩ

Biblioteca

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.63 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.59 MΩ

Administración

Resistencia de aislamiento de conductores entre fases:

0.45 MΩ

Resistencia de aislamiento de conductores de fase a tierra:

0.47 MΩ

Los datos arriba obtenidos nos indican que la situación de aislamiento tanto entre conductores de fase a fase como entre conductores de fase a tierra, se encuentran actualmente en un mínimo de protección según la normas, esto puede ser debido al tiempo de uso, la corriente de carga que circula por ellos, el ambiente y temperatura en que se encuentran, etc.

1.1.2.2 Capacidad, calibres y secciones de los conductores eléctricos

Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son: capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación, caída de voltaje permitida, capacidad para soportar la corriente de cortocircuito, y calibre mínimo permitido para aplicaciones específicas.

Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contiene materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione.

A continuación se presenta una tabla de conductores de tipo AWG que son los usados en el Centro Universitario de Peten, por su baja tensión.

Tabla XIV. Datos característicos de los cables AWG

Calibre AWG No	Resistencia $\Omega/100$ m	Amperaje Máximo (A)*			Dimensiones	
		TIPO DE CABLE UF	USE, THW TW, THWN	NM	Diám. mm	Area cm ²
4/0	0,01669	211	248		13,412	1,4129
3/0	0,02106	178	216		11,921	1,1161
2/0	0,02660	157	189		10,608	0,8839
1/0	0,03346	135	162		9,462	0,7032
2	0,05314	103	124		7,419	0,4322
4	0,08497	76	92		5,874	0,2710
6	0,1345	59	70		4,710	0,1742
8	0,2101	43	54		3,268	0,0839
10	0,3339	32	32	30	2,580	0,0523
12	0,5314	22	22	20	2,047	0,0329
14	0,8432	16	16	15	1,621	0,0206

NOTAS:

* Estos valores contemplan hasta 3 conductores por envoltura.

Obsérvese que para valores de resistencia de menos de $0,1\Omega/100$ m, el valor está dado con cinco (5) cifras decimales, para mayor precisión.

La máxima temperatura de trabajo para los tipos USE y TH es 75°C .

La máxima temperatura de trabajo para el tipo UF es 60°C .

Fuente: www.bdd.unizar.es

1.1.3 Evaluación de aislamiento en conductores eléctricos

El aislante perfecto para las aplicaciones eléctricas sería un material absolutamente no conductor, pero ese material no existe. Los materiales empleados como aislantes siempre conducen algo la electricidad, pero presentan una resistencia al paso de corriente eléctrica hasta $2,5 \times 10^{24}$ veces mayor que la de los buenos conductores eléctricos como la plata o el cobre.

Tabla XV. Propiedad del aislamiento de los conductores

Conductores aislados para baja tensión					
NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAXIMA °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales húmedos y secos
Hule látex resistente al calor	RUH	75	90% hule no molido sin grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule látex resistente a la humedad	RUW	60	90% hule no molido sin grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de flama	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico duplas resistente a la humedad	TWD	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos

Continúa

Termoplástico resistente al calor, con cubierta de nylon	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama	Nylon	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	75	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Ninguna	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	90	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Ninguna	Aplicaciones especiales en equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Limitado a un circuito abierto de 1000 V o menos.
Termoplástico resistente a la humedad y al calor con cubierta de nylon	THWN	60	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Nylon	Locales con grasa, aceites y gasolina
Termoplástico resistente a la humedad y al calor con cubierta de nylon	THWN	75	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Nylon	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente a la humedad (doble forro)	DF	75	Termoplástico resistente a la humedad.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	
Termoplástico resistente a la humedad y a la corrosión (cable plano bipolar o tripolar)	NMC	90	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama	No metálica, resistente a la humedad, a los hongos a la corrosión y retardador de flama	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente a la humedad, para alumbrado público.	NMCASP	60	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama	No metálica, resistente a la humedad y retardadora de flama	Alumbrado industrial

Fuente: Tesis Ingeniería, Méndez, Luís. Guía para el manual de las instalaciones eléctricas. Facultad de Ingeniería, Pág. 71-72, 2000 USAC.

En los circuitos eléctricos normales suelen usarse plásticos como revestimiento aislante para los cables. Los cables muy finos, como los empleados en las bobinas (por ejemplo, en un transformador), pueden aislarse con una capa delgada de barniz. El aislamiento interno de los equipos eléctricos puede efectuarse con mica o mediante fibras de vidrio con un aglutinador plástico. En los equipos electrónicos y transformadores se emplea en ocasiones un papel especial para aplicaciones eléctricas. Las líneas de alta tensión se aíslan con vidrio, porcelana u otro material cerámico.

1.1.4 Tuberías eléctricas

Se entenderá por tuberías o canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores, de manera que estos queden protegidos en lo mayormente posible contra deterioro mecánico, contaminación y a su vez protejan a la instalación contra incendio por los arcos que se pueden presentar durante un cortocircuito.

En el Centro Universitario de Petén se utilizan diferentes tipos de tuberías, según lo requiera la instalación, ya sea tanto en instalaciones de tipo empotradas o sobrepuestas. Entre los diferentes tipos de tuberías utilizadas se encuentran las siguientes:

- Tubo PVC eléctrico (color naranja)
- Tubo plástico (poliducto)
- Tubo conduit galvanizado

1.1.4.1 Tubo PVC eléctrico

Se diferencia del tubo PVC para agua, en el grosor de sus paredes, porque este no debe soportar presión interna, como el tubo PVC para agua.

Su utilización se ha incrementado bastante, tanto por la facilidad que brinda para trabajar, como por su bajo costo. Se utiliza en instalaciones subterráneas y en acometidas primarias, siempre y cuando, en ambos casos se encuentren cubiertos por una capa de concreto, como complemento mecánico.

El artículo 347 del NEC establece el uso de ductos no metálicos conocidos como ENT (por sus siglas en inglés, Electrical Nonmetallic Tubing), que tienen cortos los accesorios necesarios para su uso. Su aplicación principal es para atmósferas húmedas y medios con vapores químicos.

1.1.4.2 Tubo plástico (poliducto)

Tiene la característica o propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua, su instalación se ha incrementado mucho en instalaciones empotradas en casa, edificios, comercios. Tiene la limitante que no puede ser utilizado en temperaturas superiores a los 60 °C.

1.1.4.3 Tubo conduit galvanizado

Este tipo de tubo puede ser utilizado en las peores condiciones ambientales y mecánicas, además de tener la particularidad de ser roscable. Esta interior y exteriormente con acabado galvanizado, debido a esto se recomienda para instalaciones industriales de tipo sobrepuestas y a la intemperie.

A continuación se presenta una tabla de medidas de conductores en tubos tipo PVC o conduit:

Tabla XVI. Número de conductores en tubos tipo PVC o conduit

Diámetro de tubo en pulgadas	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
Calibre AWG							
14	4	6	10	18	25	41	58
12	3	5	8	15	21	34	50
10	1	4	7	13	17	29	41
8	1	3	4	7	10	17	25
6	1	1	3	4	6	10	15
4	1	1	1	3	5	8	12
2		1	1	3	3	6	9
1/0			1	1	2	4	6
2/0			1	1	1	3	5
3/0			1	1	1	3	

Fuente: www.monografias.com

1.1.5 Protecciones

En todas las instalaciones eléctricas en forma invariable, tanto los equipos como los conductores eléctricos, tienen un límite térmico dado principalmente por la naturaleza y tipo de materiales aislantes. Como se sabe, la corriente eléctrica produce las llamadas pérdidas por efecto joule (I^2R), que se manifiesta en forma de calor; el conductor se calienta y por eso las normas técnicas para instalaciones eléctricas, limitan la cantidad de corriente permisible en un conductor (ampacidad), a un valor en el que calor se pueda disipar.

EL calentamiento excesivo, es como resultado de una corriente excesiva y hace que el aislamiento del conductor se degrade rápidamente, lo que conduce a una falla del aislamiento y al subsecuente cortocircuito de línea a línea o de línea a tierra; también el calentamiento excesivo puede producir fuego e incendios, cuando se encuentra cerca de material inflamable.

Los dispositivos de protección y control en las instalaciones deben satisfacer las normas y recomendaciones dadas para las instalaciones y diseño de los cortocircuitos, que en términos generales son los siguientes:

- a) Se deben de proveer circuitos separados para alumbrado en general sin importar el tipo o funcionamiento de las lámparas, para tomacorriente y aplicaciones especiales

- b) Los circuitos con más de una salida no deben tener una carga continua máxima de diseño, que exceda el 50% de la capacidad de conducción de los conductores.

- c) Los ramales deben de ser individuales por cada circuito, respetando los valores máximos de carga en los mismos.

Por otra parte, las corrientes de cortocircuito pueden llegar a tener tal magnitud, que puedan producir explosiones en los tableros y grandes daños a los equipos, con riesgo frecuente para el personal. Estos daños se pueden prevenir con una adecuada protección contra sobrecorrientes y cortocircuito, que son la fallas que mas comúnmente se dan en el Centro Universitario de Peten.

1.1.5.1 Cortocircuito

Estos pueden llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica. La causa mas importante que los provoca son fallas en aislamiento en los conductores, errores de maniobra, deficiencia de mantenimiento, contaminación, otros. Las protecciones contra cortocircuito encontradas en el Centro Universitario de Peten fueron las siguientes:

- Fusibles tipo cartucho
- Fusibles para tipo general
- Fusibles tipo tapón

1.1.5.1.1 Fusibles cartucho

Estos son los fusibles que protegen la alimentación principal, a su vez pueden ser tipo chasquillo de capacidades de 3 a 60 amperios y tipo navaja para capacidades de 7 a 600 amperios; estos fusibles son renovables, por entrará en función el elemento de protección, este puede se reemplazado.

1.1.5.1.2 Fusibles para uso general

Son utilizados para la protección de alimentadores principales, centros de carga de alumbrado, calefactores y otras cargas que no sean motores eléctricos, centros de carga residenciales y transformadores de control.

1.1.5.1.3 Fusibles de tapón

Poseen la misma característica que los anteriores, además que este tipo de fusibles se utiliza en instalaciones domiciliarias por sus bajas capacidades de corte, las cuales son de 10 a 30 amperios.

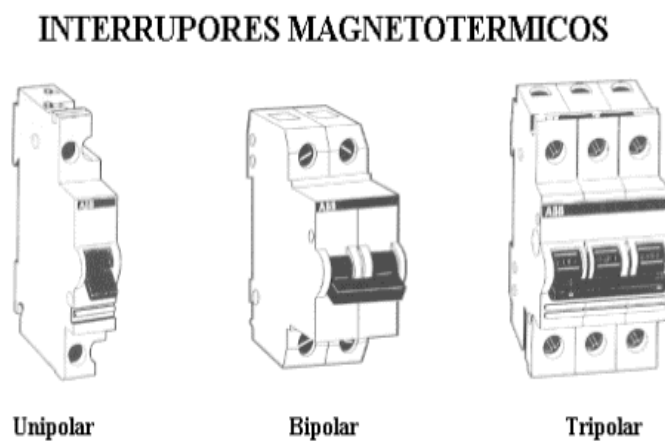
1.1.5.2 Sobrecargas

Se entiende como sobrecarga a una corriente superior al valor nominal o al valor calculado de la misma. El origen de la sobrecarga es una demanda superior a la nominal, o algún tipo de problema en la instalación eléctrica. La protección contra sobrecarga y cortocircuito encontrada en el Centro Universitario de Peten fueron los interruptores termomagnéticos.

1.1.5.2.1 Interruptores termomagnéticos

Generalmente, los interruptores termomagnéticos combinan los sistemas de protección de sobrecarga y cortocircuito, en un solo aparato. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Figura 7. Flipones termomagnéticos

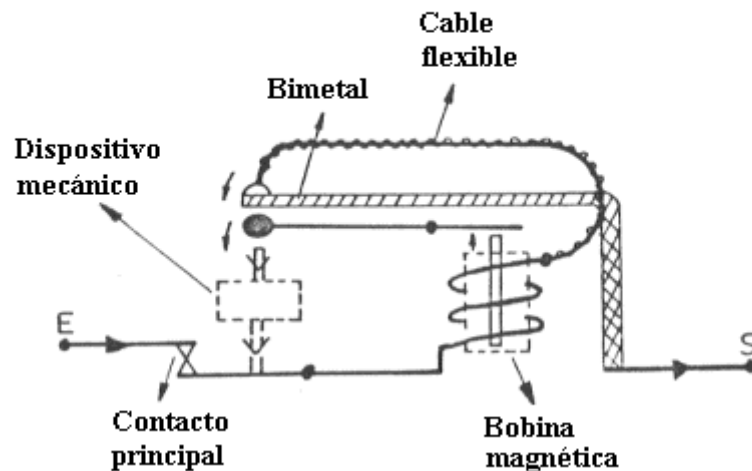


Fuente: www.elprisma.com

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Figura 8. Descripción del flipon termomagnético

Descripción de un magnetotérmico unipolar



Fuente: www.elprisma.com

Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

Si comparamos los fusibles con los magneto-térmicos, veremos cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales. Después, a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible.

Por contra, un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base, sometida a tensión y una persona lo bastante capacitada para efectuar estas operaciones. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible, llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados, por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados.

1.1.6 Tableros

Se entiende por tablero eléctrico a un gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contienen los elementos necesarios para la distribución de energía eléctrica a vario circuitos, y estos se clasifican en:

- Tablero general
- Tablero de circuitos de distribuidos o derivados

1.1.6.1 Tablero general

Estos normalmente van colocados en subestaciones o cuartos destinados exclusivamente a la colocación de centros de carga y medición. Su alimentación se realiza directamente del secundario del transformador mediante barras o conductores, generalmente son autoportados (se les llama así a los tableros diseñados para ser instalados en pisos, sobrepuestos y empotrados en pared) y para su operación y mantenimiento se requiere de espacio para la circulación de personal. Generalmente en su construcción se toman en cuenta los siguientes criterios:

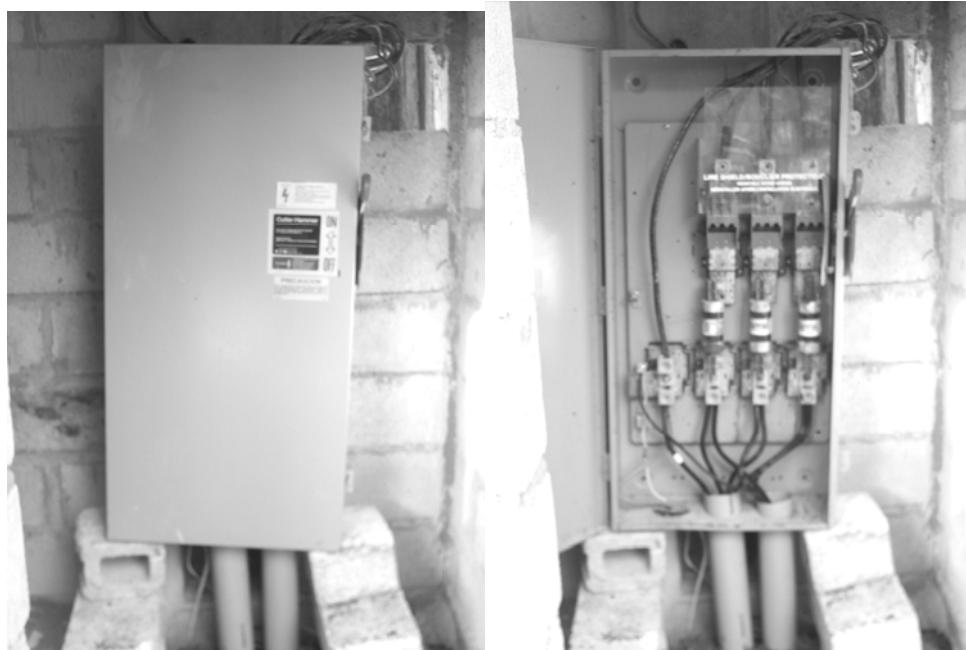
- a) Holguras adecuadas entre las barras o partes vivas del tablero y las tapaderas del mismo.
- b) Adecuada sección transversal de las barras para poder conducir la corriente demanda por la carga.
- c) Soportes y aisladores lo suficientemente robustos para soportar las corrientes de cortocircuito
- d) Suficiente rigidez mecánica de la estructura del gabinete.

Los datos del tablero principal de Centro Universitario de Petén son los siguientes:

- Tablero de tipo industrial, trifásico
- Voltaje 120/208Y VAC
- Tubo PVC eléctrico
- Protección de 400 amperios

La siguiente figura es el tablero principal de Centro Universitario de Petén, en su estado y condición a actual.

Figura 9. Tablero principal



Cerrado

Abierto

Fuente: Centro Universitario de Petén

La distribución de los tableros derivados se hace en paralelo y están de numerados de la siguiente forma:

- Tablero A (Módulo 1 y 2)
- Tablero B (Módulo 3)
- Tablero C (Biblioteca)
- Tablero D (Módulo 4)
- Tablero E (Administración)

1.1.6.2 Tablero de circuitos distribuidos o derivados

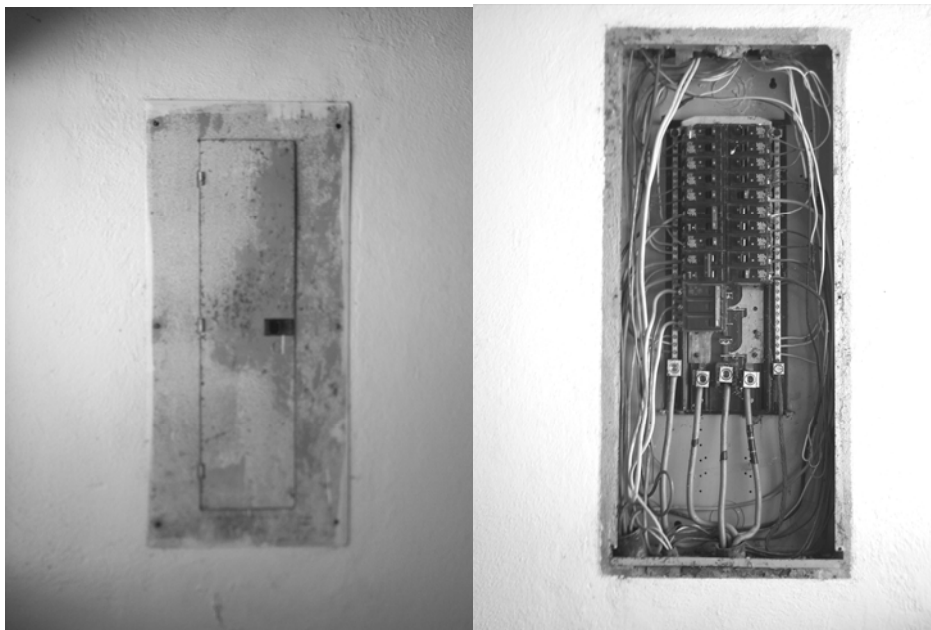
Es un centro de carga compacto o tablero de marco metálico y se selecciona tomando en cuenta las siguientes características:

- a) Tipo de servicio (monofásico o trifásico)
- b) Si se desea interruptor principal (para protección de las barras de entrada de alimentación del tablero)
- c) Capacidad de las barras de alimentación
- d) Cantidad de polos, se tiene como máximo de 14 por fase o sea 42 polos por tablero (en tablero trifásico)
- e) Si se utilizara neutro sólido o aislado
- f) Tipo de alimentación ya sea superior o inferior
- g) Tipo de caja (sellada o no), que dependerá del ambiente en que se instalara.

1.1.6.2.1 Tablero A

- Tablero tipo industrial, trifásico
- Voltaje 120/208Y VAC
- 30 polos
- Tubo poliducto

Figura 10. Tablero A



Exterior

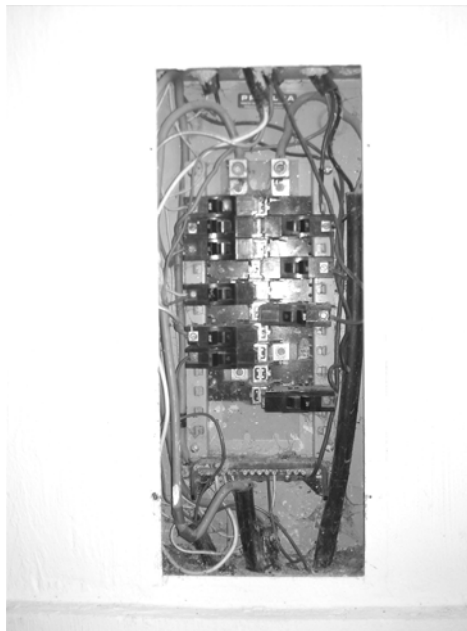
Interior

Fuente: Centro Universitario de Petén

1.1.6.2.2 Tablero B

- Tablero tipo industrial, bifásico
- Voltaje 120/208Y VAC
- 20 polos
- Tubo poliducto

Figura 11. Tablero B



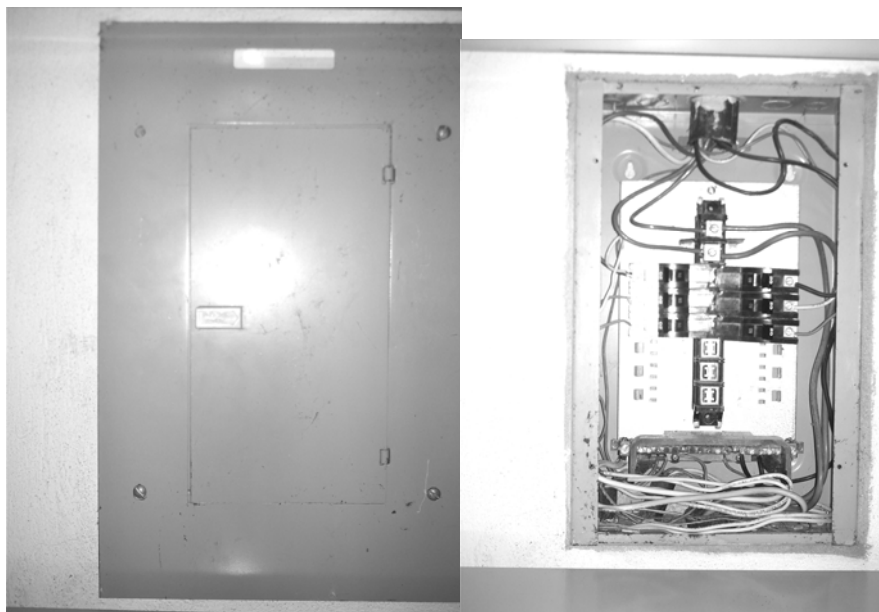
Interior

Fuente: Centro Universitario de Petén

1.1.6.2.3 Tablero C

- Tablero tipo industrial, bifásico
- Voltaje 120/208Y VAC
- 12 polos
- Tubo poliducto

Figura 12. Tablero C



Exterior

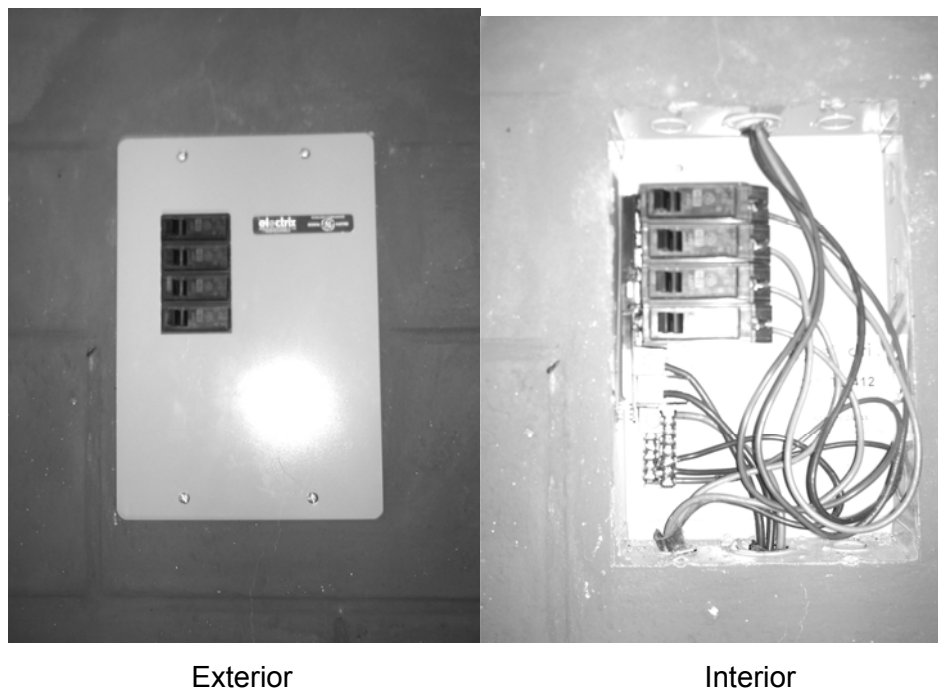
Interior

Fuente: Centro Universitario de Petén

1.1.6.2.4 Tablero D

- Tablero tipo industrial, bifásico, barras de 125 amperios
- Voltaje 120/208Y VAC
- 4 polos
- Tubo poliducto

Figura 13. Tablero D

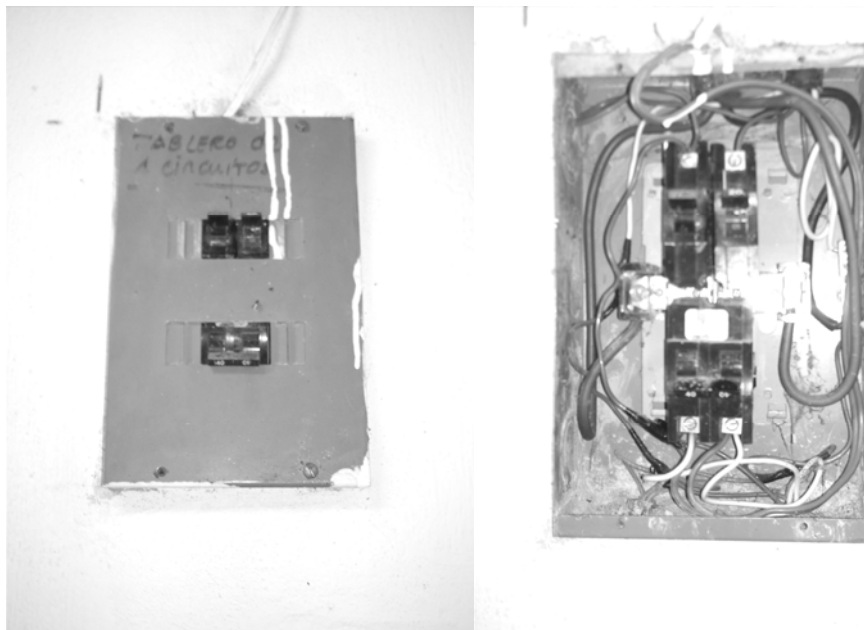


Fuente: Centro Universitario de Petén

1.1.6.2.5 Tablero E

- Tablero tipo residencial, bifásico
- Voltaje 120/208Y VAC
- 6 polos
- Tubo poliducto

Figura 14. Tablero E



Exterior

Interior

Fuente: Centro Universitario de Petén

1.2 Red de tierras

Existen varias razones básicas para tener un sistema de conexión de puesta a tierra de las cuales podemos mencionar:

- Seguridad del personal humano.
- Para limitar los voltajes alcanzados por descargas atmosféricas, o por contacto accidental con conductores de un mayor nivel de voltaje.
- Por la estabilización del voltaje durante las operaciones normales.
- Para facilitar la operación de dispositivos de sobrecorriente, tales como fusibles, flipones, etc, bajo condiciones de falla a tierra.
- Protección de sistemas electrónicos delicados y de alto costo.

1.2.1 Sistemas de medición de tierras físicas

Y para lograr un buen y eficiente sistema de puesta a tierra se debe realizar por método el correcto. Las varillas electrodos de los instrumentos de medición

pueden ser colocadas en todas direcciones como a una infinidad de distancias entre ellas.

Aunque es el mismo punto de medida, las lecturas no son idénticas; a veces ni en terrenos vírgenes debido a la presencia de corrientes de agua o de capas de distinta resistividad. En los terrenos industriales es aún mayor la diferencia debido a la presencia de objetos metálicos enterrados como tuberías, varillas de construcción, rieles, canalizaciones eléctricas, etc.

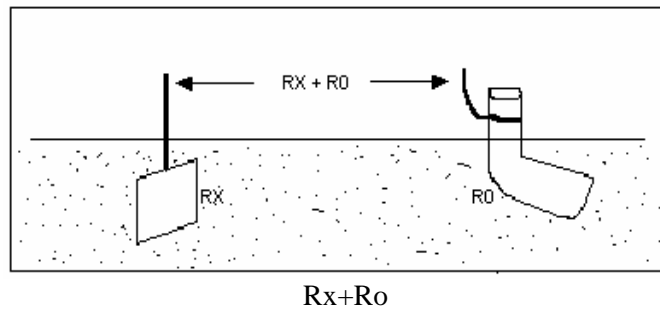
Todos los resultados son aproximados y se requiere cuidado tanto con el equipo de prueba como con la selección de los puntos de referencia de la puesta a tierra. Dentro de los métodos para la medición de las impedancias de puesta a tierra se conocen los siguientes:

- Método de la tierra conocida.
- Método de la caída de potencial.
- Método de la relación.

1.2.1.1 Método de la tierra conocida

Este método consiste en encontrar la resistencia combinada entre el electrodo a probar y uno de resistencia despreciable.

Figura 15. Método de la tierra conocida



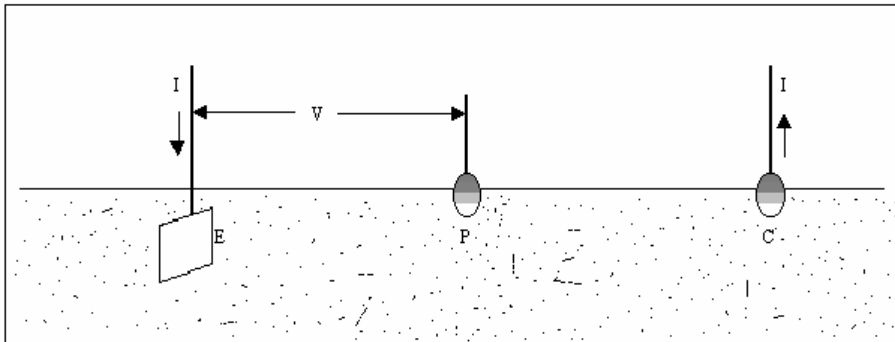
Fuente: www.ing.unlp.edu.ar

En este método se hace circular una corriente entre las dos tomas de tierra, esta corriente se distribuye en forma similar a las líneas de fuerza entre polos magnéticos. El inconveniente de este método es encontrar los electrodos de resistencia conocida y los de resistencia despreciable.

1.2.1.2 Método de la caída de potencial

Es el método mas empleado, los electrodos son dispuestos como lo muestra la figura 16, E es el electrodo de tierra con resistencia desconocida; P y C son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada. Una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo E y saliendo por el electrodo C. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como el voltaje V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación V/I .

Figura 16. Método de la caída de potencial



Fuente: www.ing.unlp.edu.ar

La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V . La corriente una vez determinada se comporta como constante. La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

1.2.1.3 Método de la relación

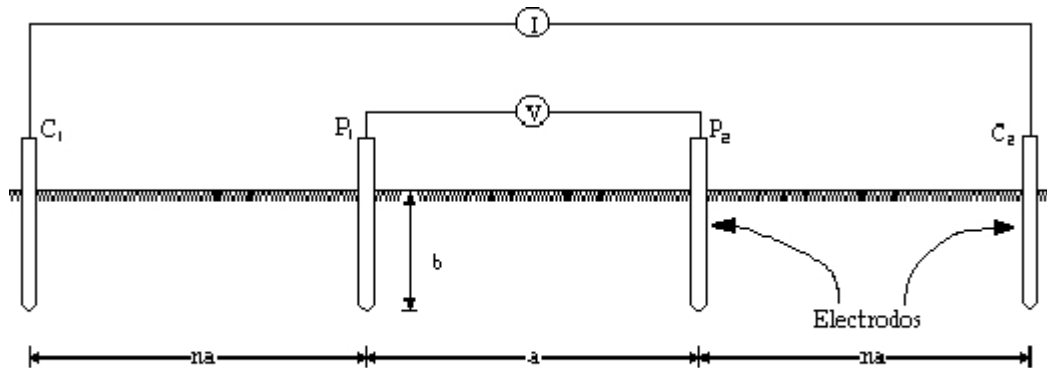
En este método la resistencia a medir es comparada con una resistencia conocida, comúnmente usando la misma configuración del electrodo como en el método de la caída de potencial. Puesto que este es un método de comparación, las resistencias son independientes de la magnitud de corriente de prueba. La resistencia en serie R de la tierra bajo prueba y una punta de prueba, se mide por medio de un puente el cual opera bajo el principio de balance a cero.

1.2.2 Resistividad del terreno

El método de Schlumberger, emplea 4 electrodos, en los cuales la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura.

Figura 17. Medición de resistividad



Con este método la resistividad ésta dada por:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (n + 1) \cdot na$$

Fuente: www.ing.unlp.edu.ar

1.2.3 Condición actual

En la actualidad el sistema de tierras del Centro Universitario de Petén consta de varias varillas de cobre conectadas al neutro del sistema eléctrico, ubicadas en cajas de registro independientes, siendo este un sistema de neutro aterrizado.

Figura 18. Sistemas actuales de tierras físicas CUDEP



Fuente: Centro Universitario de Petén

1.2.4 Medición y comprobación de utilidad

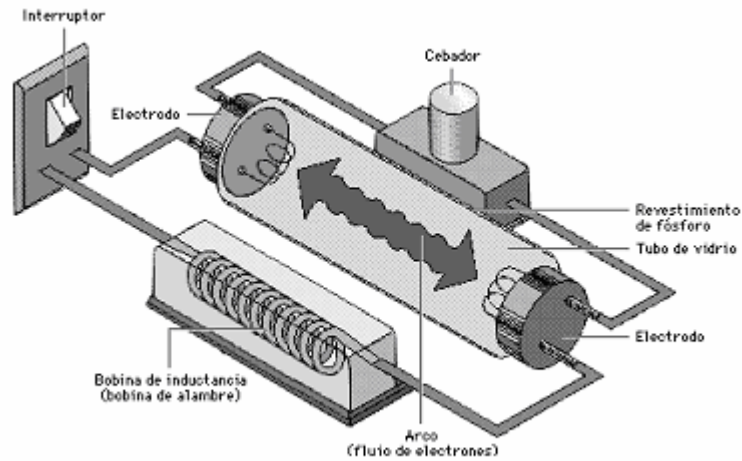
La comprobación de utilidad y medición de la red de tierras de CUDEP se hizo con un megger marca Extech Instrument colocado en la escala de 20 ohmios, dado como resultado una medición de 0.39 ohmios de la red con un voltaje de 0.7 VAC, encontrándose aun dentro del rango aceptado para sistemas de bajo voltaje, el cual debe ser menor de 5 ohmios.

1.3 Iluminación

Esta se da mediante cualquiera de los numerosos dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz. Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica.

Una lámpara fluorescente consta de un tubo revestido con fósforo, un cebador y una bobina de inductancia. El tubo está relleno con un gas inerte (argón) y una pequeña cantidad de vapor de mercurio. El cebador aplica corriente a los dos filamentos al encender la lámpara. Los filamentos generan electrones para ionizar el argón, formando un plasma que conduce la electricidad. La bobina de inductancia limita la cantidad de corriente que puede fluir a través del tubo. El plasma excita los átomos de mercurio que, como consecuencia, emiten luz visible y luz ultravioleta. La luz golpea contra el revestimiento de fósforo del interior de la lámpara, que convierte la luz ultravioleta en luz más visible. Los diferentes fósforos generan colores más cálidos o más fríos.

Figura 19. Funcionamiento de la lámpara fluorescente



Fuente: Enciclopedia Encarta

1.3.1 Revisión Visual

Se realizó un recorrido por los diferentes módulos, edificio administrativo y biblioteca del Centro Universitario de Peten (CUDEP), dándonos cuenta que la mayoría de las lámparas son del tipo fluorescentes de 2 X 40 watts, instaladas en los diferentes módulos, y edificios administrativos, con algunas pequeñas excepciones, como la no existencia de iluminación en el parqueo del CUDEP, poniendo en riesgo tanto la integridad y seguridad de las personas como la de los vehículos que lo utilizan a diario.

Figura 20. Lámpara fluorescente CUDEP



Fuente: Centro Universitario de Petén

1.3.2 Características de las luminarias

Las lámparas utilizadas en el CUDEP actualmente en su mayoría son de tipo tubulares fluorescentes, con algunas excepciones de lámparas de vapor de mercurio, a continuación se muestran algunas características:

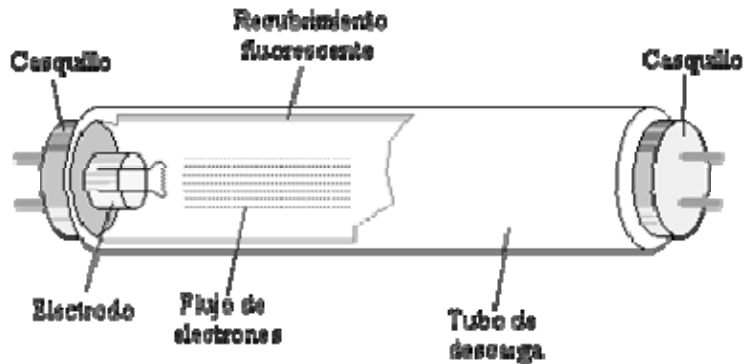
1.3.2.1 Lámparas Fluorescentes

El éxito de este tipo de alumbrado ha sido espectacular desde su descubrimiento en 1938. Este nuevo tipo de alumbrado no produce luz desde un solo centro o núcleo luminoso, sino que irradia suave y difusamente por toda la extensión de sus tubos sin producir resplandores ni sombras acentuadas.

Esta luz más fresca y más eficiente reduce el esfuerzo visual y facilita el ver y trabajar cualquier otra disponible. Algunas de las ventajas de este tipo de lámpara son:

- Tienen tres veces más eficiencia que las incandescentes, conservando su brillo más tiempo.
- Dura más de siete veces que una lámpara incandescente de igual potencia.
- La luz que emite es más cómoda y fresca.
- Mayor cantidad de luz visible y menor calor radiante que la lámpara incandescente.
- Menos resplandor y sombra más suave.
- Mayor variedad de matices cromáticos para fines decorativos.
- Mayor rendimiento, gran duración y perdurable potencia lumínica comparada con una lámpara incandescente.

Figura 21. Diseño de la lámpara fluorescente



Fuente: www.ing.unlp.edu.ar

Este tipo de lámpara posee color luz de día, 3150 lúmenes iniciales, 1200 horas de uso promedio y 79 lúmenes/watts de eficacia, ya que los polos fluorescentes transforman la energía ultravioleta en energía visible (luz).

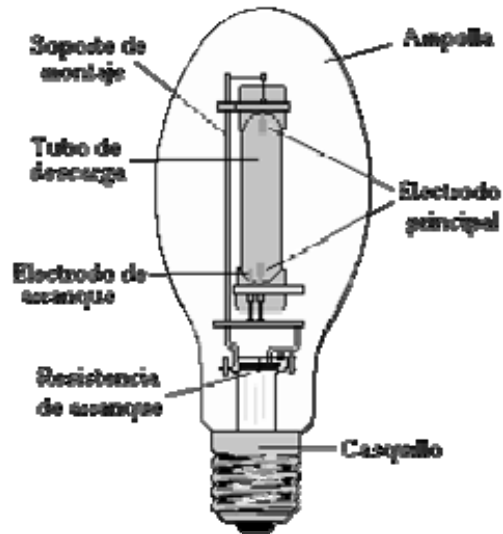
1.3.2.2 Lámparas de vapor de mercurio

La lámpara de vapor de mercurio pertenece a la clasificación conocida con el nombre de lámpara de descarga de alta intensidad lumínica, identificadas por sus siglas en inglés H.I.D. (High Intensity Discharge). En las lámparas de este tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en la lámpara incandescente.

La primera de este tipo de lámparas fue construida por Meter Cooper Hewitt en el año 1901, era de tipo tubular y tenía una medida de 1.22 m. de largo. Algunas de las recomendaciones necesarias para el manejo de este tipo de lámpara son:

- La lámpara de vapor de mercurio debe usarse solamente en luminarias con circuitos equipados apropiadamente.
- La operación con equipo incompatible puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.
- Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.
- Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y la piel.
- No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causar su rotura.

Figura 22. Diseño de la lámpara de vapor de mercurio



Fuente: www.ing.unlp.edu.ar

Este tipo de lámpara posee acabado blanco de lujo, con 63000 lúmenes iniciales, 24000 horas de vida promedio y 63 lúmenes/watts de eficacia.

1.3.3 Medición de luxes

La toma de medida de luxes emitidos por las diferentes luminaria dentro del Centro Universitario de Petén, se hizo con la ayuda de un luxómetro digital de marca Extech instrument, en el rango mínimo de 0 y con un máximo 1999 y los cuales fueron tomados a una altura de 75 centímetros sobre el nivel del suelo que es la distancia promedio a la cual se encuentran los escritorios.

Módulo 1

Tabla XVII. Medición de luxes en módulo 1

Aula No.	Luxes max	Luxes min
1	223	132.06
2	317	187.73
3	361	213.78
4	308	182.40
5	303	179.44
6	295	174.70
7	252	149.23

Módulo 2

Tabla XVIII. Medición de luxes en módulo 2

Aula No.	Luxes max	Luxes min
1	303	179.44
2	316	187.14
3	257	152.20
4	278	164.63
5	270	159.89
6	205	121.40
7	216	127.92

Módulo 3

Tabla XIX. Medición de luxes en módulo 3

Aula No.	Luxes max	Luxes min
1	216	127.92
2	244	144.50
3	197	116.66
4	193	114.29
5	221	130.88

Módulo 4

Tabla XX. Medición de luxes en módulo 4

Aula No.	Luxes max	Luxes min
1	353	209.05
2	288	170.55

Biblioteca

En la biblioteca se dio una medición de luxes de 371 máximo, con un mínimo de 219.71 luxes.

Administración

En la administración se dio una medición de luxes de 128 máximo, con un mínimo de 75.80 luxes, una cantidad demasiado baja para el tipo de uso y actividades realizadas en este edificio.

Pasillos

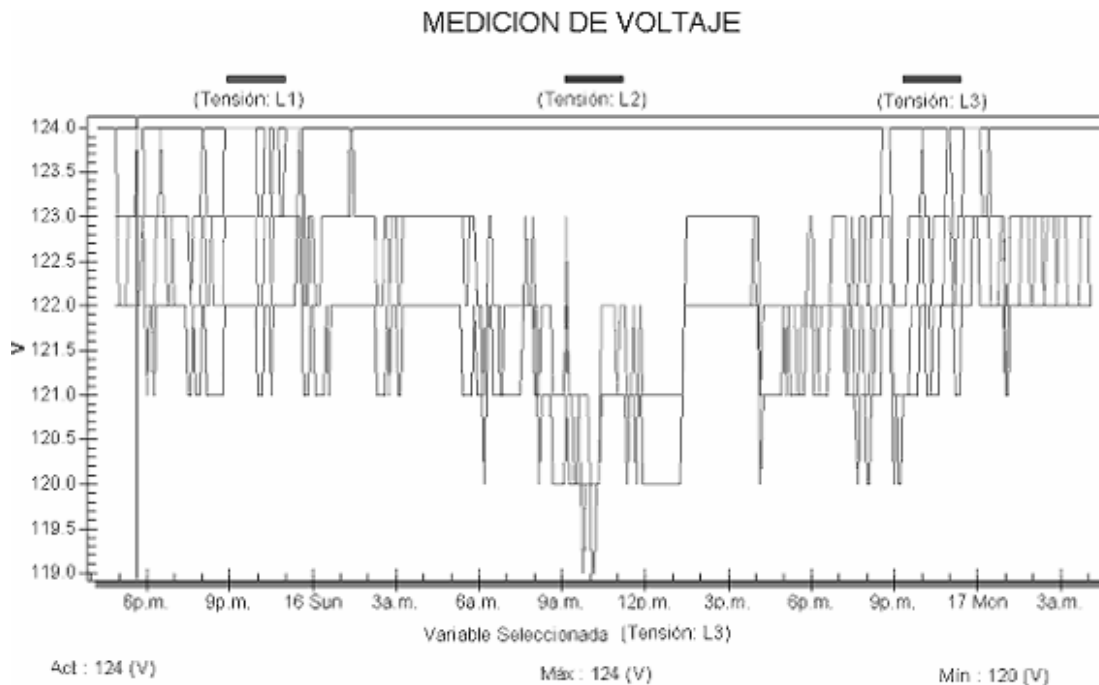
Los pasillos de el centro universitario nos dio una medida de 158 luxes máximo, con un mínimo de 93.57 luxes.

2. ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

La medición de la red eléctrica del Centro Universitario de Petén, se hizo por medio de un medidor AR.5 que son instrumentos de medición programables dejando en registro todos los parámetros tomados de la medición siendo en nuestro caso voltaje, corriente, potencia y factor de potencia de cada edificio en particular.

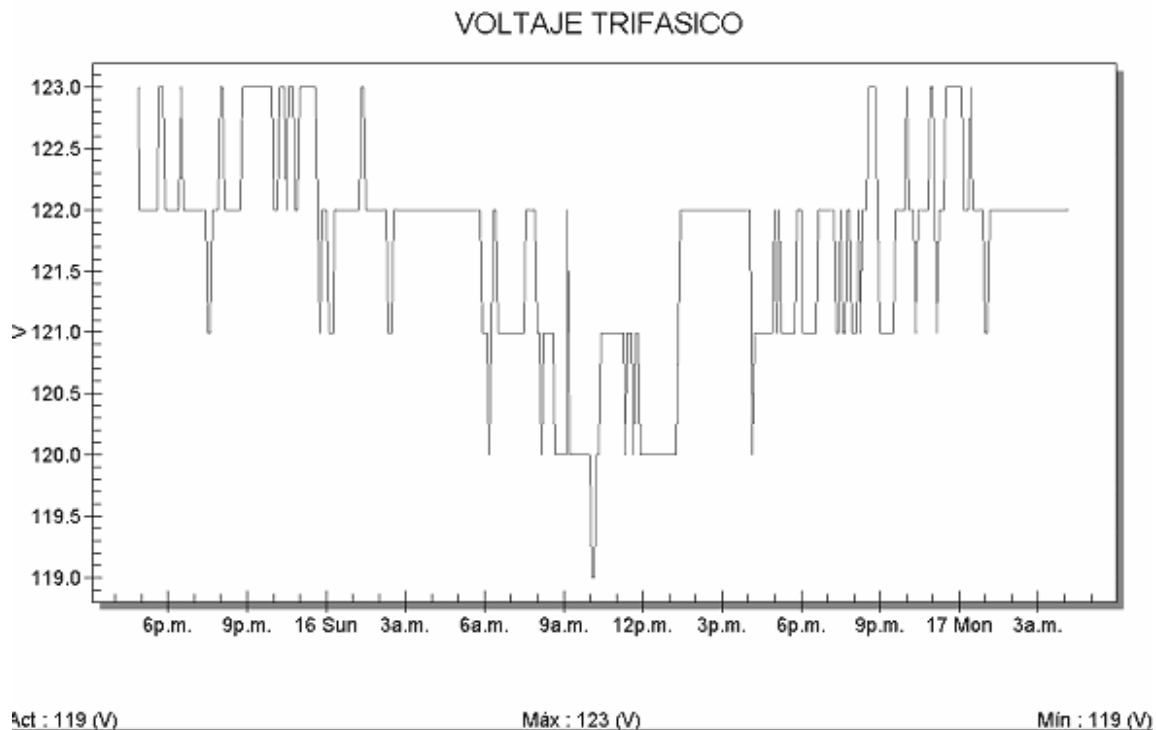
2.1 Voltaje

Figura 23. Gráfica de voltaje



Fuente: Analizador de redes AR.5

Figura 24. Gráfica de voltaje trifásico



Fuente: Analizador de redes AR.5

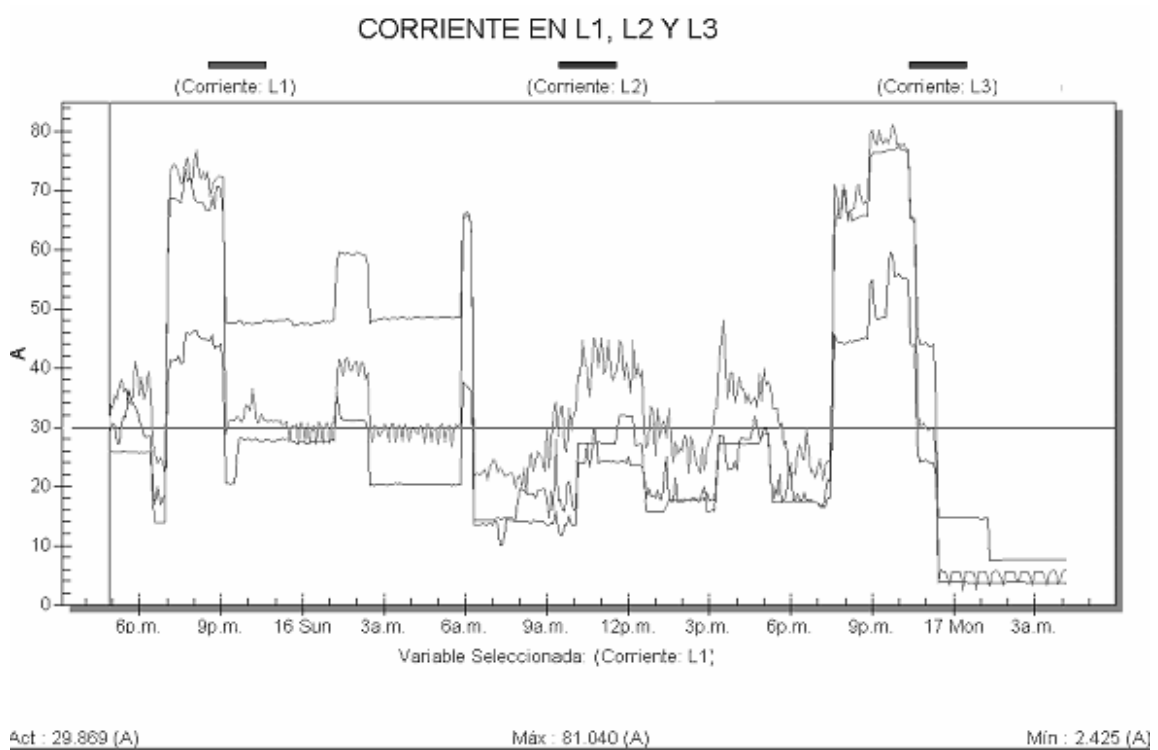
Conclusiones:

De los resultados gráficos de las figura 23 se puede apreciar que los niveles de voltaje son bastantes uniformes entre si por lo cual existe un desbalance mínimo e insignificante para el equipo que existe conectado.

El voltaje visto en grafica 24 hay que multiplicarlos por un factor de 1.73 y nos da un voltaje entre fases correspondiente al mínimo de 205.87 voltios entre fases y un máximo de 212.79 voltios entre fases lo que lo hace estable y muy cercano al voltaje teórico de 208 voltios para una conexión en estrella.

2.2 Corriente

Figura 25. Gráfica de corriente



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

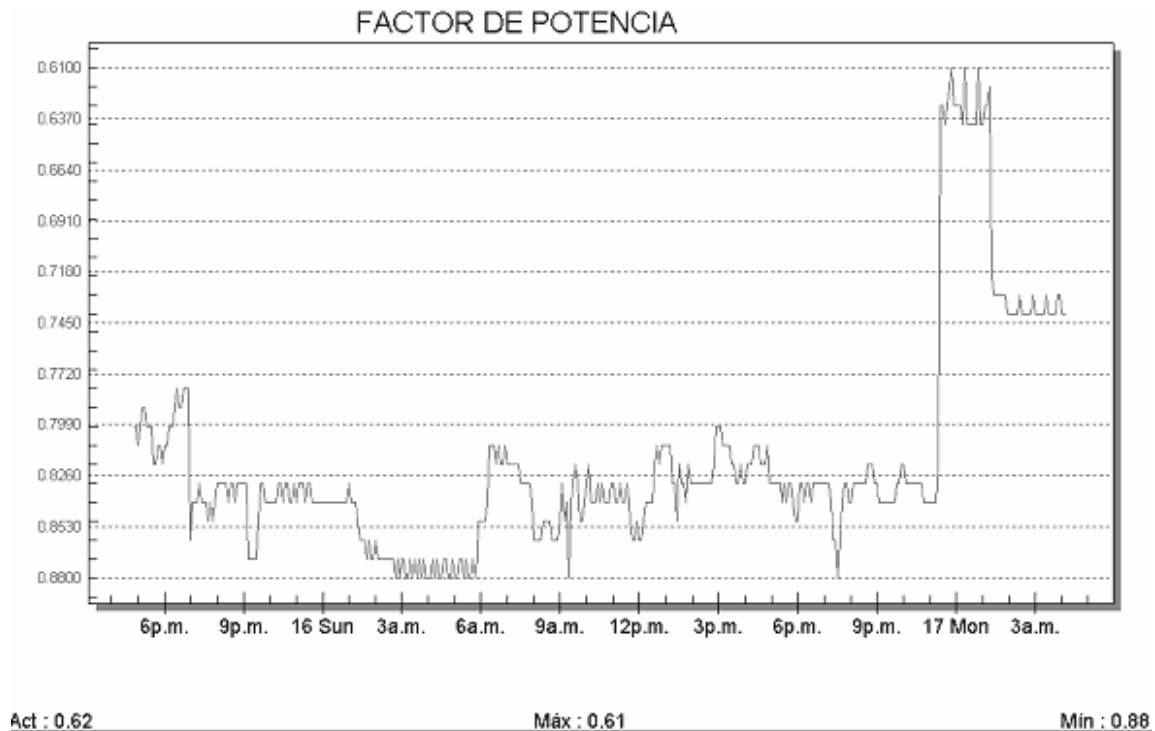
De la figura 25, se puede obtener que al igual que en los voltajes, los valores de las corrientes no se mantienen muy similares para las tres fases por lo cual el desbalance entre estas no es mínimo, por lo que se podría decir que es un sistema desbalanceado.

2.3 Factor de Potencia

El factor de potencia, es la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente, que coincide con el desfase entre la intensidad y la tensión. Debemos procurar que el factor de potencia sea igual a uno para obtener al mayor aprovechamiento de energía.

$$Factor\ de\ potencia = P / S$$

Figura 26. Gráfica de factor de potencia



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

En el análisis de la figura 26 se puede observar que el factor de potencia se encuentra en un valor muy por debajo de lo recomendado como lo indica la norma NTSD (Normas Técnicas del Servicio de Distribución) establecidas por la CNEE (Comisión Nacional de Energía Eléctrica) para consumidores mayores de 11 Kw mensuales, pues ya que el recomendado es de 0.9 (título V, cap. III, art. 49, 50 de la norma en mención), por tener datos de una potencia reactiva alta.

A pesar de que no se es objeto de una penalización por parte de la empresa distribuidora de energía, ya que según la NTSD (título V, cap. III y art. 51) que se refiere al valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia del usuario y que según el reglamento general de la AMM en su capítulo V, artículo 100 establece que la CNEE emitirá las resoluciones periódicamente concerniente a las procedimientos a seguir para las sistemas eléctricos que se encuentran aislados del SNI (Sistema Nacional Interconectado) y que en su artículo 117 se refiere a la no aplicación de sanciones en casos de fuerza mayor especificados así por el distribuidor y por la CNEE en sistemas aislados.

2.4 Potencia

Cuando se trata de corriente alterna (AC) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia de potencial entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Supongamos un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que aplicamos una tensión $v(t)$ de pulsación ω y valor de pico V_0 :

$$v(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t)$$

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

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

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

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

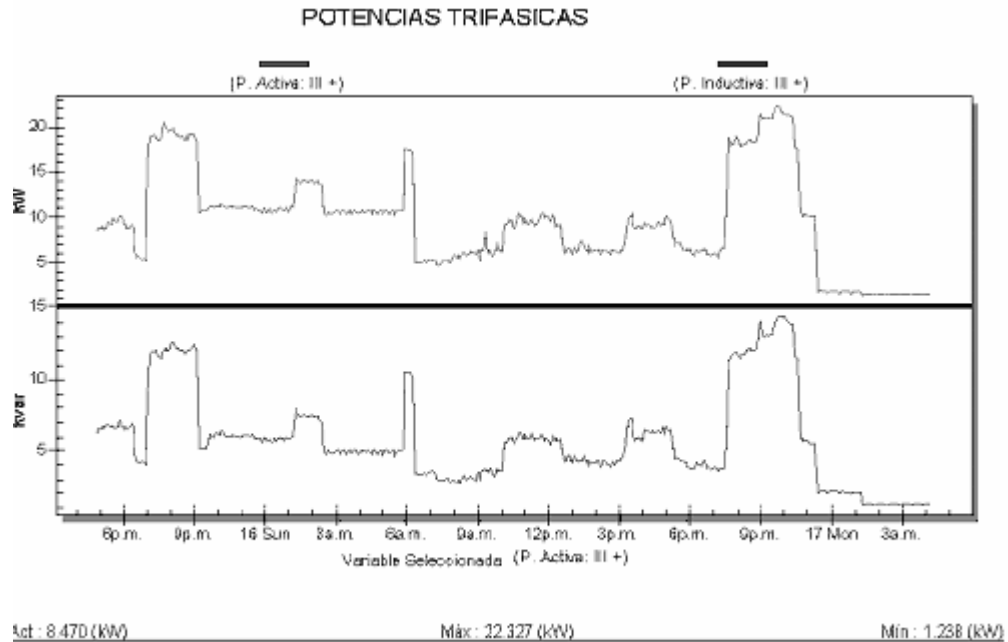
Mediante trigonometría, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \frac{\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)}{2}$$

Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

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

Figura 27. Gráfica de potencia trifásica



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

Los resultados obtenidos de las potencias trifásicas se muestran en la figura 27. Se puede observar que la potencia reactiva (Kvars) llega a ser hasta un 31 % Menor que la potencia activa (Kw.) lo cual produce una pérdida sensible de la eficiencia del sistema ya que la potencia reactiva no produce trabajo alguno ni contribuye en la transformación de energía eléctrica a mecánica sino que se transforma únicamente en calentamiento y pérdidas. El exceso de potencia reactiva puede provocar sobrecalentamiento en los conductores, desgaste de los devanados y aislamientos en transformadores y motores, daño a los dispositivos de control, alto consumo de potencia aparente y por ende mayor gasto en la relación de Q/Kwh.

2.4.1 Potencia Activa

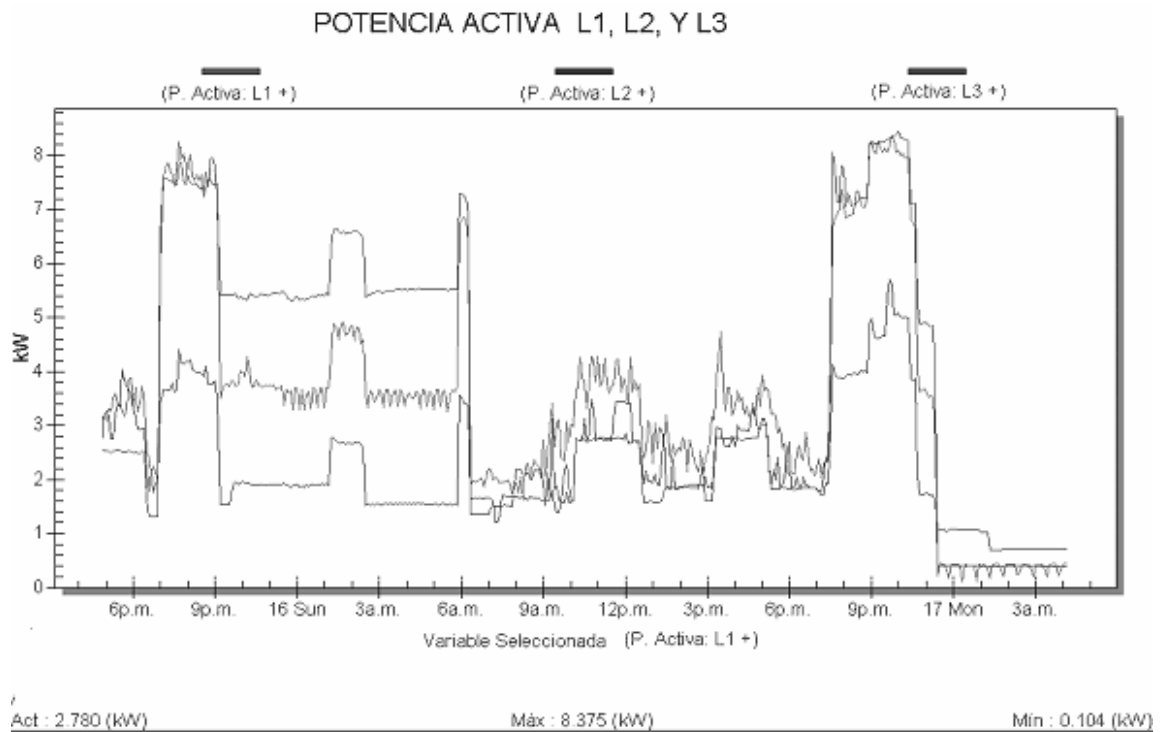
Es la potencia en que el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la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

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

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

Resultado que indica que la potencia activa es debido a los elementos resistivos.

Figura 28. Gráfica de potencia activa



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

De la figura 28, se puede visualizar que la potencia activa monofásica esta desbalanceada debido también al comportamiento de la corriente lo que nos indica que esta desbalanceado el sistema.

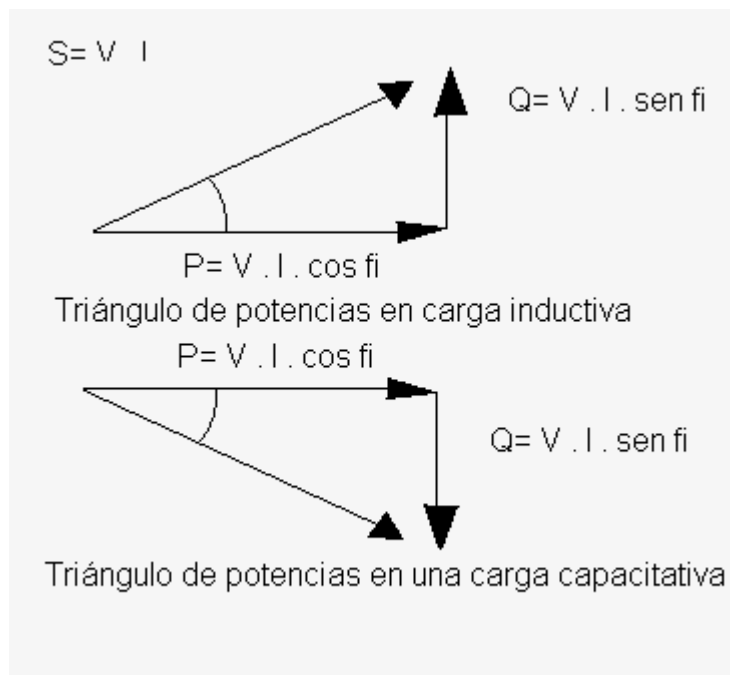
2.4.2 Potencia Reactiva Inductiva

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

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi = I \cdot Z \cdot I \sin \phi = I^2 \cdot Z \cdot \sin \phi = I^2 \cdot X$$

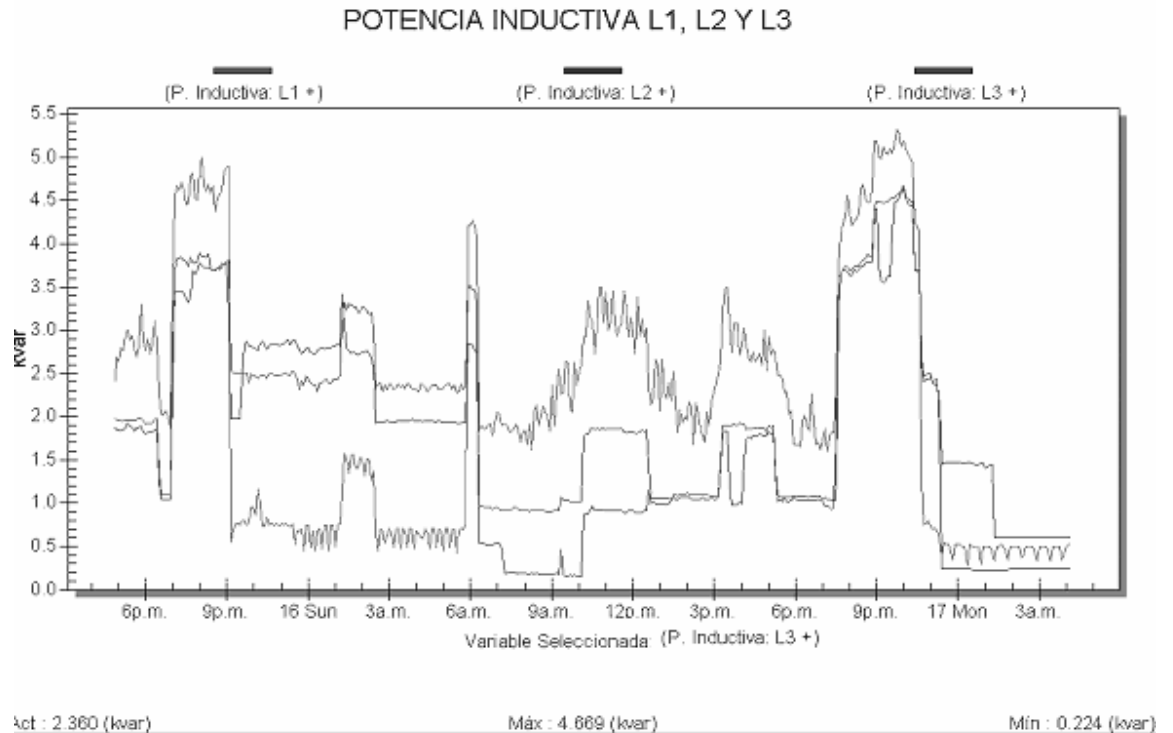
Lo que nos reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos

Figura 29. Triángulos de potencias



Fuente: www.elprisma.com

Figura 30. Gráfica de potencia inductiva



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

De la figura 30, se puede visualizar el comportamiento de la potencia inductiva y el comportamiento de cada fase con respecto a la potencia reactiva inductiva.

Este desbalance lleva la misma secuencia de la potencia activa solo que en potencia mas pequeña que la activa, eso hace que se genere en cada fase un factor de potencia bajo y generarlo en forma trifásico también bajo.

Debido al desbalance de la potencia reactiva inductiva no se puede tener un mejor perfil del comportamiento un poco lineal de las potencias, lo que provocaría un pequeño problema al compensar dicha potencia ya que la compensación la introduciría trifásicamente y por ende en alguna fase en algún momento dado habría sobre-compensación y podría provocar falla tanto en el equipo conectado a la red como al banco de capacitores instalados.

La potencia reactiva también provocaría por otra parte esta misma situación que las corrientes que circulan por la red sean mayores a las utilizadas para dimensionar el cable, los interruptores y los dispositivos de arranque, control y protección de los motores, por lo que esos se verían sobre esforzados y obligados a operar bajo condiciones no aptas para los mismos.

2.5 Análisis de armónicos

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión).

Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal absorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo respecto a la tensión. Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc. Otro tipo de cargas tales como: reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos inductancias, resistencias y condensadores.

Existen dos categorías generadoras de armónicos. La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia. Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en estrella-estrella con cargas desbalanceadas o con problemas en su puesta a tierra. Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos. Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna. Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan sobre el sistema de potencia. El segundo tipo de elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia.

Además del aumento en los generadores de armónicas y la resonancia de la red, las cargas y los sistemas eléctricos no se han quedado atrás, y en algunos casos son aun más sensibles a los armónicos. Hay un número de nuevas áreas de interés continuo:

- Computadoras, la computadora controla herramientas, máquinas, y los diversos tipos de controladores digitales los cuales son especialmente susceptibles al armónico, así como también a otros tipos de interferencia.
- Los armónicos puede ocasionar daños calentando el dieléctico en cables subterráneos.
- La medición de reactivos puede ser adversamente afectada por los armónicos.
- Las fallas en bancos de capacitores son frecuentemente ocasionadas por los armónicos.
- Diseños menos conservadores para máquinas de rotación y transformadores, agravan los problemas de calentamiento ocasionados por los armónicos.
- Los armónicos puede ser especialmente problemáticos para los sistemas de comunicación.

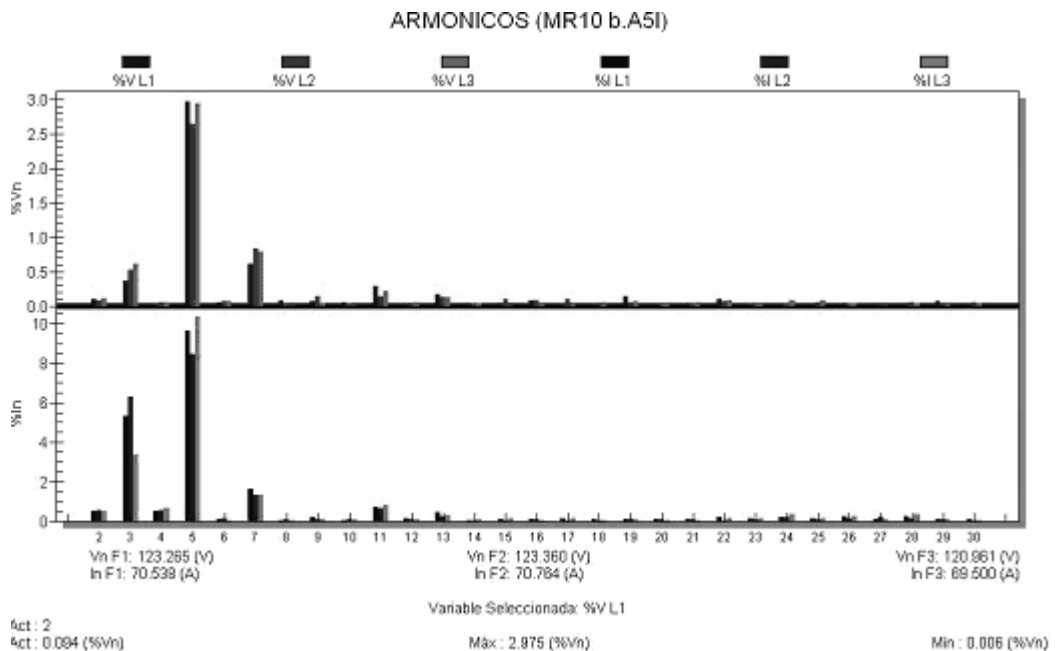
Los actuales problemas de armónicos pueden tener más consecuencias serias y generalizadas que en el pasado. Los diseñadores y los proyectistas de sistemas deberían ser capaces de reconocer y evitar o mitigar tales problemas.

Los efectos de los armónicos se dividen en tres categorías generales:

- Efectos sobre el sistema de potencia mismo
- Efectos sobre la carga del consumidor
- Efectos sobre circuitos de comunicación

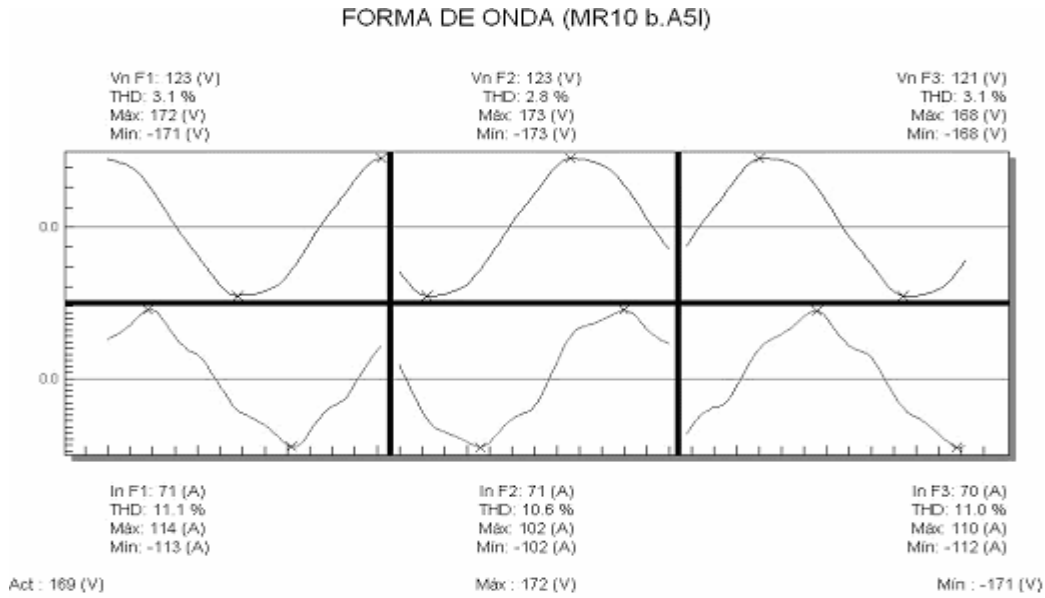
En el sistema de potencia, las corrientes armónicas son el problema principal, ocasionando recalentamiento y pérdida de vida útil. Esto refiriéndonos a motores o transformadores, el impacto es peor cuando la resonancia de la red amplifica las corrientes armónicas, los armónicos pueden también interferir en la operación de relees y mediciones.

Figura 31. Voltajes y corrientes armónicas en barras



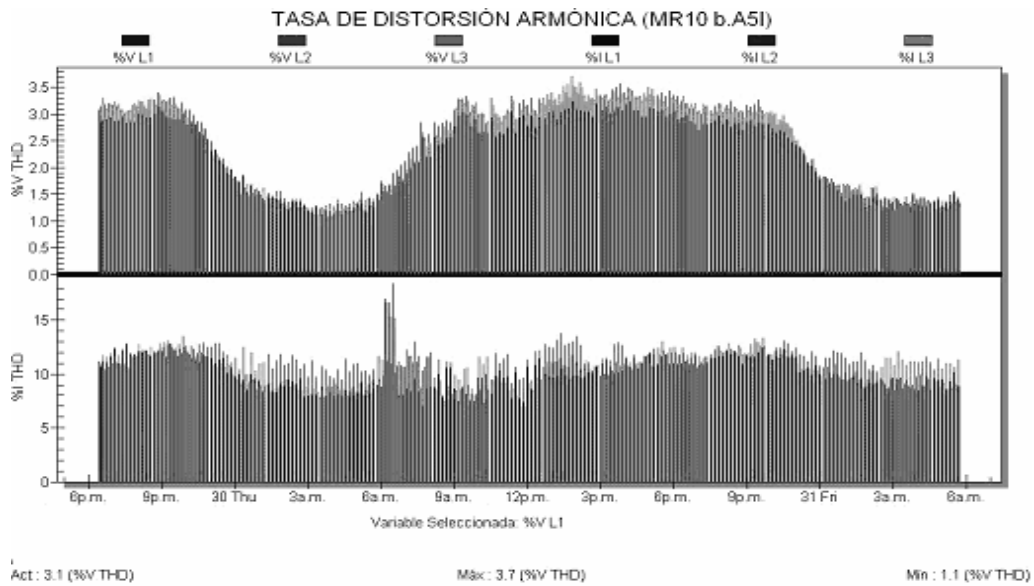
Fuente: Analizador de redes AR.5

Figura 32. Formas de onda de voltaje y corriente armónicas



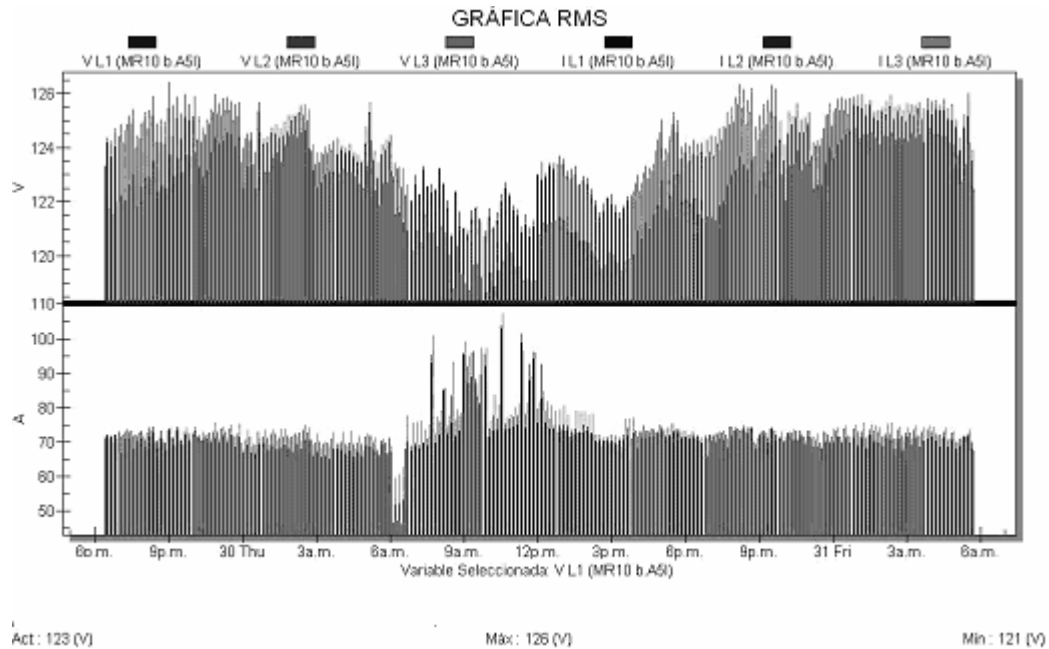
Fuente: Analizador de redes AR.5

Figura 33. Armonicos THD



Fuente: Analizador de redes AR.5

Figura 34. Forma RMS de voltaje y corriente



Fuente: Analizador de redes AR.5

Conclusiones:

En la figura 31 se muestra que el factor de distorsión de voltajes esta por debajo de 3% y el de corriente esta cercano al 10%, encontrándose una variante fuerte en la quinta armónica. En la figura 32 muestra el comportamiento de la formas de onda tanto de corriente como de voltaje, con sus valores de medición. En la figura 33, es mostrado el THD para voltaje y para corriente para la medición efectuada. En la figura 34 es mas que nada la muestra de los valores rms tanto de voltaje como de corriente en el transcurso de la medición.

3. DIAGRAMAS UNIFILARES

3.1 Diagrama unifilar de la red eléctrica en general

El propósito del diagrama unifilar de la red eléctrica en general es el de suministrar en forma concisa y precisa la información sobre los aspectos y componentes tanto internos como externos de la instalación eléctrica para el uso de cálculos e información de los mismos.

La configuración del banco de transformadores es estrella-estrella con un voltaje de salida entre fases de 208 V y 120 entre fase y neutro. Y esto se da cuando la carga a conectarse sea mayoritaria mente monofásica y exceda los 50 KVA para evitar desbalances en las líneas de alimentación, por lo tanto siendo el servicio 120/208Y voltios, los motores de servicios generales y equipos con voltajes nominales de 240 voltios no operan eficientemente en este sistema.

Inconvenientes: El principal inconveniente de la conexión estrella-estrella es el desequilibrio de tensiones en la línea conectada al primario, que aparece cuando hay fuertes desequilibrios en la carga secundaria.

Así el transformador estrella-estrella, con neutro en ambos devanados, al sobrecargar una fase en el secundario, aumentará proporcionalmente la corriente en la fase del devanado de la misma columna del primario y por tanto,

provocará una caída de tensión mayor en un conductor de línea que en los otros dos.

Ventajas: Una ventaja muy interesante que presenta este transformador es la posibilidad de sacar neutro, tanto en el lado de baja tensión como en el lado de alta tensión. El neutro permite obtener dos tensiones, como es el caso de líneas de distribución o bien de conectarle a tierra como medida de seguridad en cierto tipo de instalaciones.

En general, puede afirmarse que este tipo de transformadores es más utilizado para pequeñas potencias, ya que, además de las ventajas citadas, son más económicos, disminuir el número de espiras aunque ha de aumentarse la sección de los conductores, por circular la corriente de línea por cada fase. Por otra parte, el aumento de sección de conductores favorece la resistencia mecánica a los esfuerzos de cortocircuito.

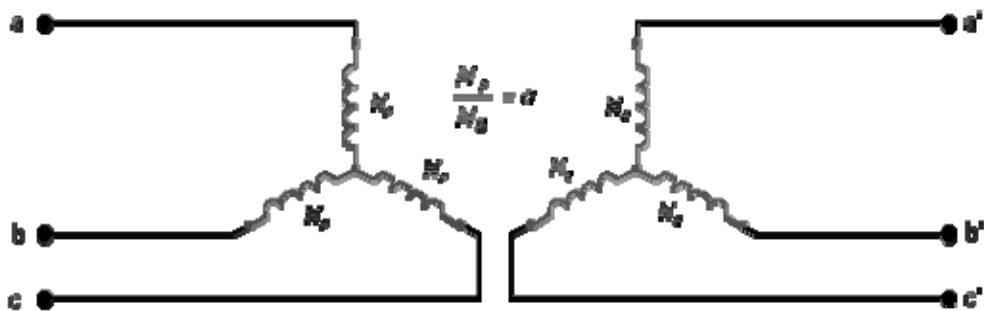
Características: Los voltajes de línea se relacionan con los voltajes de fase según las expresiones:

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_F$$
$$V_B = \sqrt{3} \cdot V_F$$

Los voltajes de línea de primario y secundario guardan la siguiente relación:

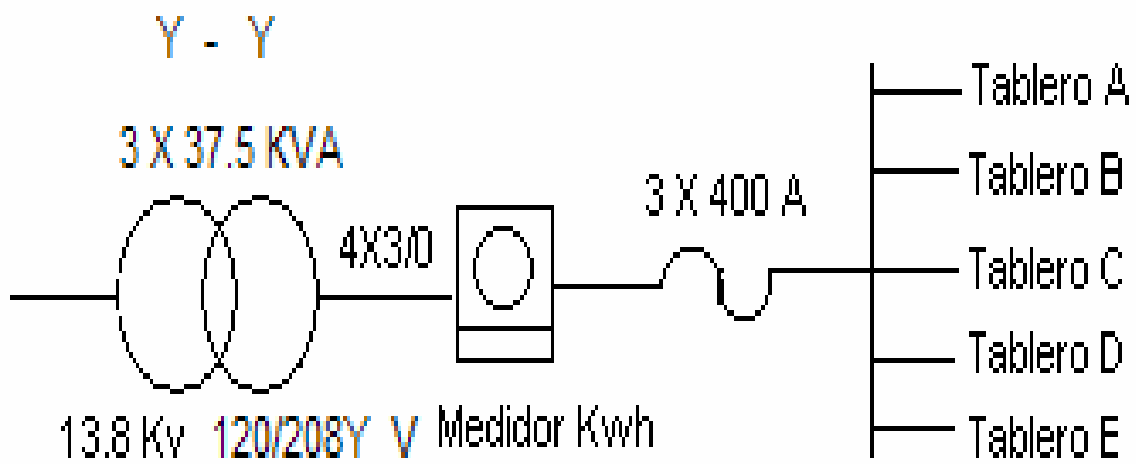
$$\frac{V_L}{V_B} = a$$

Figura 35. Conexión de transformadores monofásicos estrella-estrella.



Fuente: www.doschivos.com

Figura 36. Diagrama unifilar de la red eléctrica general



3.2 Diagrama unifilar de la subred eléctrica

Los diagramas eléctricos unifilares componen los sistemas que se encuentran conectados a la red de energía eléctrica como consumidores, para tener una visualización de las cargas y poder hacer un análisis mas preciso de todas y cada una de ellas.

Figura 37. Diagrama unifilar tablero A (módulos 1y 2)

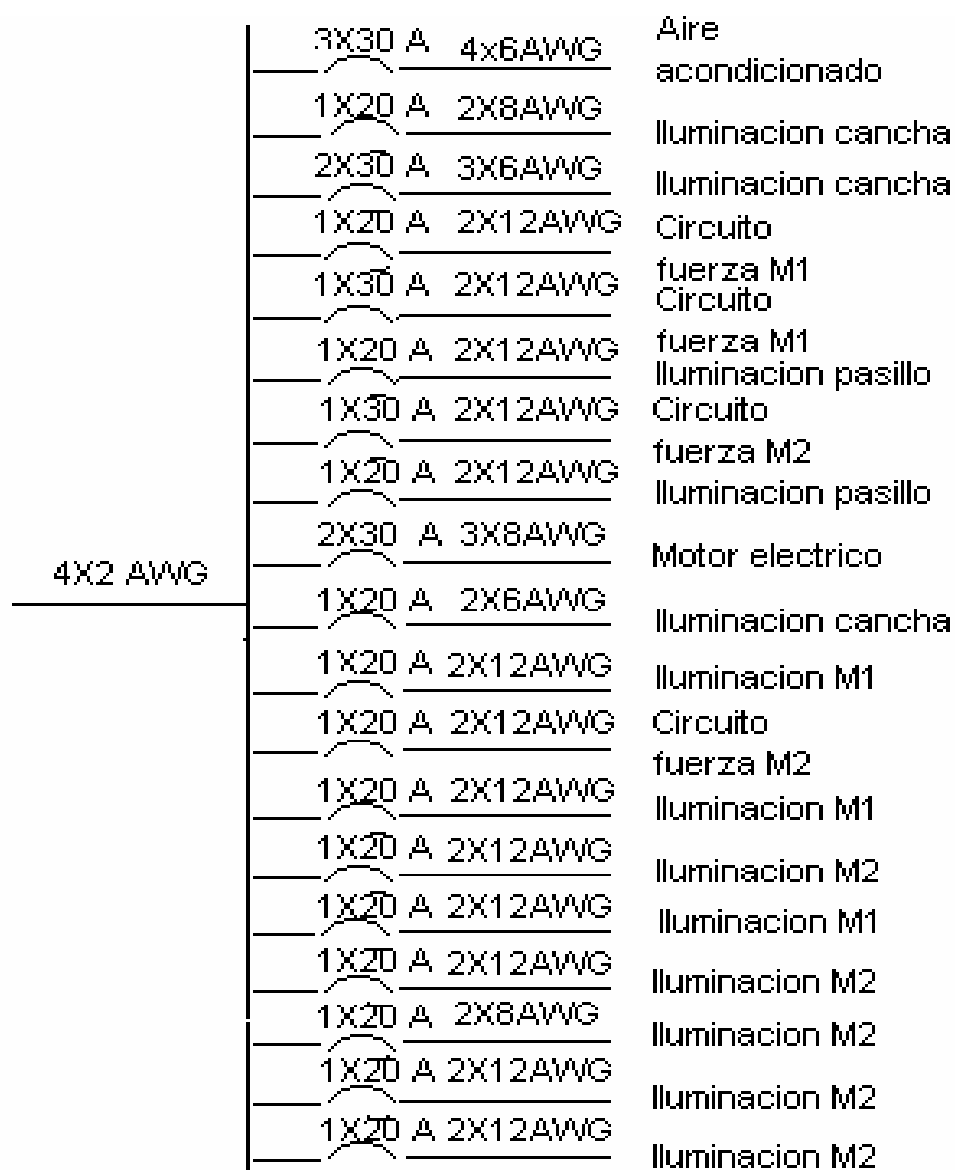


Figura 38. Diagrama unifilar tablero B (modulo 3)

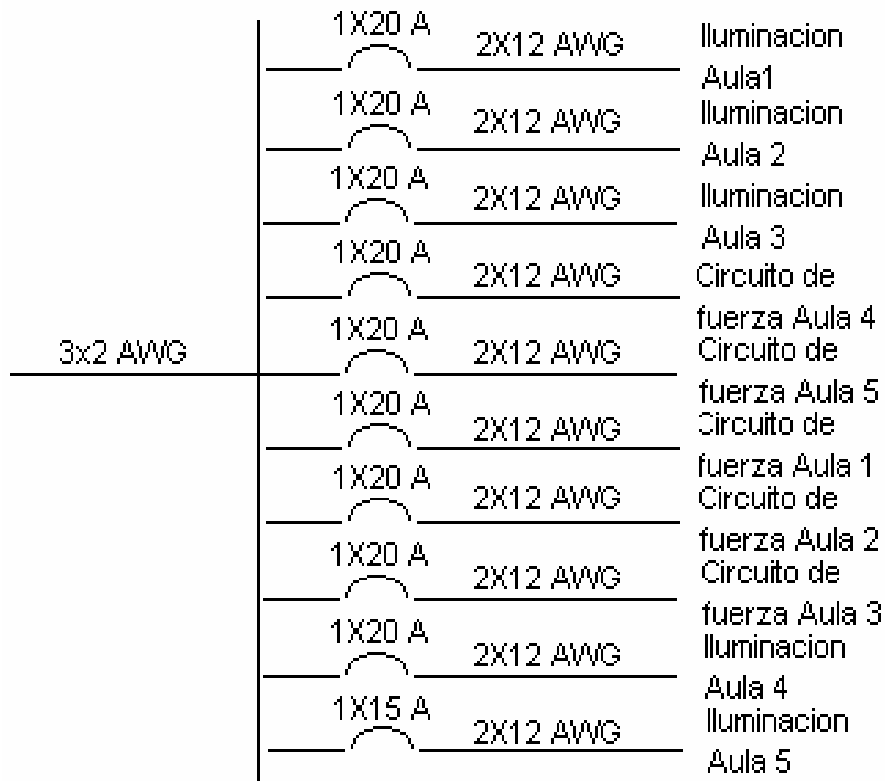


Figura 39. Diagrama unifilar tablero C (biblioteca)

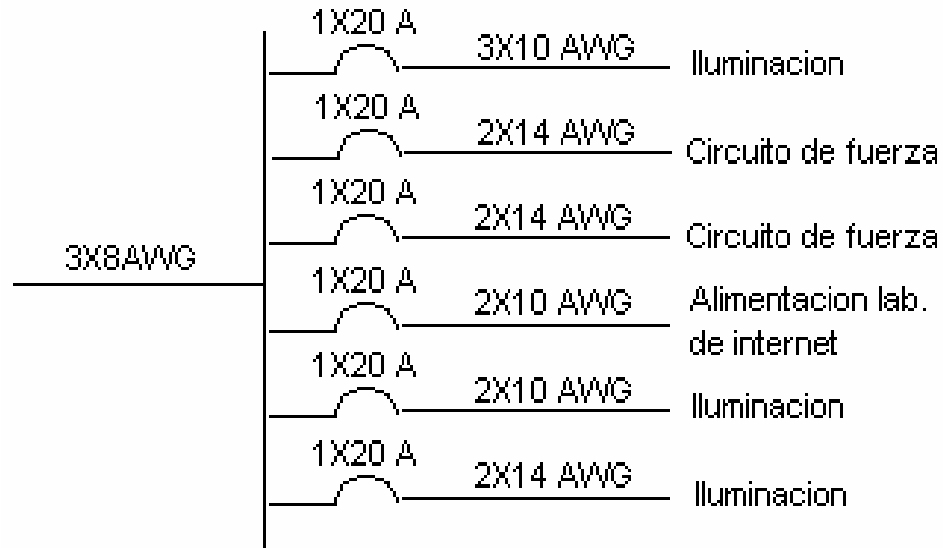


Figura 40. Diagrama unifilar tablero D (modulo 4)

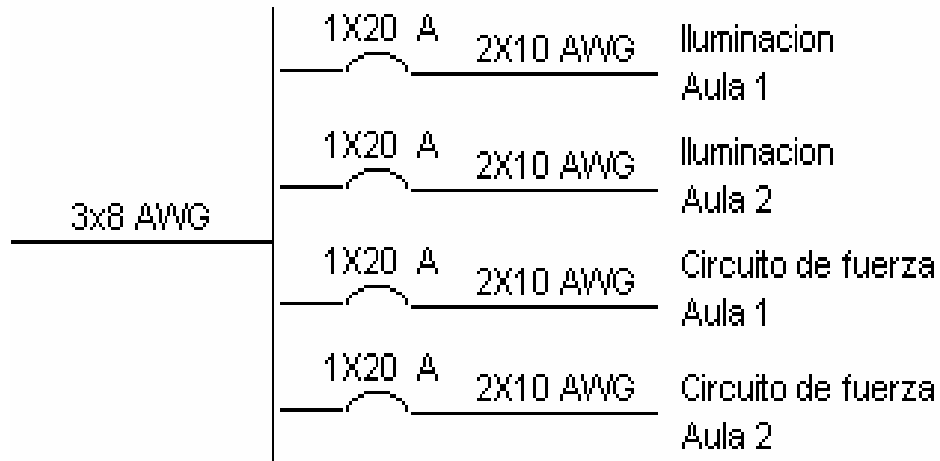
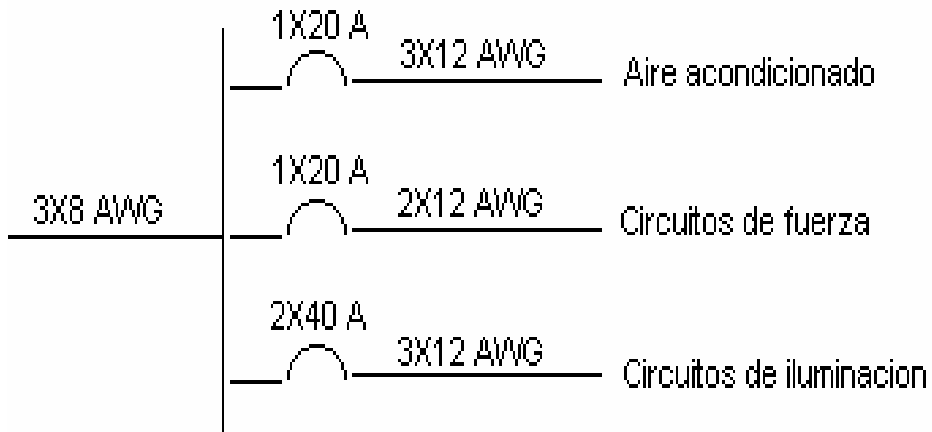


Figura 41. Diagrama unifilar tablero E (administración)



4. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

4.1 Cálculo de conductores

4.1.1 Método de cálculo por corriente

Tabla XXI. Datos del circuito del tablero A por el método de corriente

Tablero A		Potencia en VA por unidad	Cantidad de unidades	Carga Instalada	Factor de Demanda	D.M.E. VA	Corriente nominal		Corriente de cable	Cable No.
No.	Descripción	P	UP	$PXUP$	FD	$Carga\ Inst.\ X\ FD$	Vn	$Carga\ Inst./\ Vn$	$Inom.\ X\ 1.25$	AWG
1	Aire acondicionado	1800	3	5400	0.6	3240	208	25.96	32.45	8
2	Iluminación	1000	2	2000	1	2000	120	16.67	20.83	12
3	Iluminación	1000	3	3000	1	3000	120	25.00	31.25	8
4	Cir. Fuerza	180	6	1080	0.6	648	120	9.00	11.25	14
5	Cir. Fuerza	180	8	1440	0.6	864	120	12.00	15.00	14
6	Iluminación	40	16	640	1	640	120	5.33	6.67	14
7	Cir. Fuerza	180	8	1440	0.6	864	120	12.00	15.00	14
8	Iluminación	40	16	640	1	640	120	5.33	6.67	14
9	Motor eléctrico	2750	1	2750	0.6	1650	220	12.50	15.63	12
10	Iluminación	100	2	200	1	200	120	1.67	2.08	14
11	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14
12	Cir. Fuerza	180	6	1080	0.6	648	120	9.00	11.25	14
13	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14
14	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14
15	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14
16	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14
17	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14
18	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14
19	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14

Calculada la demanda máxima estimada para este tablero que sería de 17434 VA, el siguiente paso sería el de calcular el calibre del conductor principal del tablero y su respectiva protección.

$$I_{nom} = \text{Carga Inst.} / \sqrt{3} * V_n$$

$$I_{nom} = 17434 / \sqrt{3} * (208)$$

$$I_{nom} = 48.45 \text{ Amperios}$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = I_{nom} \text{ cable} * 1.25$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = 48.45 * 1.25$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = 60.56 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 6 AWG, con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 3X75 amperios para este tablero.

Tabla XXII. Datos del circuito del tablero B por el método de corriente

Tablero B		Potencia en VA por unidad	Cantidad de unidades	Carga Instalada	Factor de Demanda	D.M.E. VA		Corriente nominal		Corriente de cable	Cable No.
No.	Descripción	<i>P</i>	<i>UP</i>	<i>PXUP</i>	<i>FD</i>	<i>Carga Inst. X FD</i>	<i>Vn</i>	<i>Carga Inst./ Vn</i>	<i>Inom. X 1.25</i>	<i>AWG</i>	
1	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14	
2	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14	
3	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14	
4	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14	
5	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14	
6	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14	
7	Cir. Fuerza	180	8	1440	0.6	864	120	12.00	15.00	14	
8	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14	
9	Iluminación	40	12	480	1	288	208	2.31	2.88	14	
10	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14	

Calculada la demanda máxima estimada para este tablero que sería de 4800 VA, el siguiente paso sería el de calcular el calibre del conductor principal del tablero y su respectiva protección.

$$Inom = \text{Carga Inst.} / Vn$$

$$Inom = 4800 / (208)$$

$$Inom = 23.08 \text{ Amperios}$$

$$Inom \text{ interruptor} = Inom \text{ cable} * 1.25$$

$$Inom \text{ interruptor} = 23.08 * 1.25$$

$$Inom \text{ interruptor} = 28.85 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 10 AWG, con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 2X30 amperios para este tablero.

Tabla XXIII. Datos del circuito del tablero C por el método de corriente

Tablero C		Potencia en VA por unidad	Cantidad de unidades	Carga Instalada	Factor de Demanda	D.M.E. VA	Corriente nominal		Corriente de cable	Cable No.
No.	Descripción	<i>P</i>	<i>UP</i>	<i>PXUP</i>	<i>FD</i>	<i>Carga Inst. X FD</i>	<i>Vn</i>	<i>Carga Inst./ Vn</i>	<i>Inom. X 1.25</i>	<i>AWG</i>
1	Iluminación	40	8	320	1	320	120	2.67	3.33	14
2	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	12
3	Cir. Fuerza	180	5	900	0.6	540	120	7.50	9.38	14
4	Cir. Fuerza	180	12	2160	0.6	1296	120	18.00	22.50	10
5	Iluminación	40	16	640	1	640	120	5.33	6.67	14
6	Iluminación	40	12	480	1	480	120	4.00	5.00	14

Calculada la demanda máxima estimada para este tablero que sería de 3708 VA, el siguiente paso sería el de calcular el calibre del conductor principal del tablero y su respectiva protección.

$$I_{nom} = \text{Carga Inst.} / V_n$$

$$I_{nom} = 3708 / (208)$$

$$I_{nom} = 17.83 \text{ Amperios}$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = I_{nom \text{ cable}} * 1.25$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = 17.83 * 1.25$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = 22.28 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 10 AWG, con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 2X30 amperios para este tablero.

Tabla XXIV. Datos del circuito del tablero D por el método de corriente

Tablero D		Potencia en VA por unidad	Cantidad de unidades	Carga Instalada	Factor de Demanda	D.M.E. VA	Corriente nominal		Corriente de cable	Cable No.
No.	Descripción	<i>P</i>	<i>UP</i>	<i>PXUP</i>	<i>FD</i>	<i>Carga Inst. X FD</i>	<i>Vn</i>	<i>Carga Inst./ Vn</i>	<i>Inom. X 1.25</i>	<i>AWG</i>
1	Iluminación	40	14	560	1	560	120	4.67	5.83	14
2	Iluminación	40	14	560	1	560	120	4.67	5.83	14
3	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14
4	Cir. Fuerza	180	4	720	0.6	432	120	6.00	7.50	14

Calculada la demanda máxima estimada para este tablero que sería de 1984 VA, el siguiente paso sería el de calcular el calibre del conductor principal del tablero y su respectiva protección.

$$Inom = \text{Carga Inst.} / Vn$$

$$Inom = 1984 / (208)$$

$$Inom = 9.53 \text{ Amperios}$$

$$Inom \text{ interruptor} = Inom \text{ cable} * 1.25$$

$$Inom \text{ interruptor} = 9.53 * 1.25$$

$$Inom \text{ interruptor} = 11.92 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 12 AWG, con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 2X20 amperios para este tablero.

Tabla XXV. Datos del circuito del tablero E por el método de corriente

Tablero E		Potencia en VA por unidad	Cantidad de unidades	Carga Instalada	Factor de Demanda	D.M.E. VA	Corriente nominal		Corriente de cable	Cable No.
No.	Descripción	<i>P</i>	<i>UP</i>	<i>PXUP</i>	<i>FD</i>	<i>Carga Inst. X FD</i>	<i>Vn</i>	<i>Carga Inst./ Vn</i>	<i>Inom. X 1.25</i>	<i>AWG</i>
1	Aire acondicionado	1800	2	3600	0.6	2160	120	30.00	37.50	8
2	Iluminación	40	20	800	1	800	120	6.67	8.33	14
3	Circ. Fuerza	180	9	1620	0.6	972	120	13.50	16.88	12

Calculada la demanda máxima estimada para este tablero que sería de 3932 VA, el siguiente paso sería el de calcular el calibre del conductor principal del tablero y su respectiva protección.

$$I_{nom} = \text{Carga Inst.} / V_n$$

$$I_{nom} = 3932 / (208)$$

$$I_{nom} = 18.90 \text{ Amperios}$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = I_{nom \text{ cable}} * 1.25$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = 18.90 * 1.25$$

$$I_{nom \text{ interruptor}} = 23.63 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 10 AWG, con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 2X30 amperios para este tablero.

Para el cálculo de la capacidad de corriente del conductor del tablero principal se calculara de la siguiente forma.

Tablero A	Tablero B	Tablero C	Tablero D	Tablero E	Total de Cargas
17434	4800	3708	1984	3932	31858

Calculamos la corriente nominal del diseño de los conductores generales de alimentación, como también el rango del interruptor principal.

$$I_{nom} = \text{Carga Inst.} / \sqrt{3} * V_n$$

$$I_{nom} = 31858 / \sqrt{3} * (208)$$

$$I_{nom} = 88.53 \text{ Amperios}$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = I_{nom} \text{ cable} * 1.25$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = 88.53 * 1.25$$

$$I_{nom} \text{ interruptor} = 110.67 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un cable 2 AWG con forro aislante THHN y un interruptor de protección con capacidad de 3X125 amperios para este tablero.

4.1.2 Método por cálculo de caída de tensión

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

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

Donde:

V_p = voltaje de pérdida (V)

I = corriente de carga (A)

R_c = resistencia de los conductores

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

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

Donde:

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

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

L = longitud del conductor (m)

A = sección de conductores (mm²)

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

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

La exigencia con respecto al V_p , establece que la pérdida de tensión en la línea no debe exceder a un 3% de la tensión nominal de fase. A continuación se creó una hoja electrónica en programa excel para facilitar el cálculo que se hizo de cada tablero específicamente.

Tabla XXVI. Datos del circuito del tablero A por el método de voltaje

Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Distancia	Caida de tension %	Resistividad	Area del conductor	Area del conductor	Calibre del conductor
	Watts/VA	Voltios	Amperios	Metros	Voltios	Ohm mm ² /m	mm ²	cm ²	AWG
Aire acondicionado	5400	120	45.00	48	3.6	0.018	21.6000	0.216	4
Iluminacion	2000	120	16.67	150	3.6	0.018	25.0000	0.250	4
Iluminacion	3000	120	25.00	175	3.6	0.018	43.7500	0.438	2
Cir. Fuerza	1080	120	9.00	54	3.6	0.018	4.8600	0.049	10
Cir. Fuerza	1440	120	12.00	44	3.6	0.018	5.2800	0.053	8
Iluminacion	640	120	5.33	25	3.6	0.018	1.3333	0.013	14
Cir. Fuerza	1440	120	12.00	18	3.6	0.018	2.1600	0.022	12
Iluminacion	640	120	5.33	25	3.6	0.018	1.3333	0.013	14
Motor electrico	2750	208	13.22	60	3.6	0.018	7.9327	0.079	8
Iluminación	200	120	1.67	175	3.6	0.018	2.9167	0.029	12
Iluminacion	320	120	2.67	34	3.6	0.018	0.9067	0.009	14
Cir. Fuerza	1080	120	9.00	28	3.6	0.018	2.5200	0.025	12
Iluminacion	480	120	4.00	24	3.6	0.018	0.9600	0.010	14
Iluminacion	320	120	2.67	28	3.6	0.018	0.7467	0.007	14
Iluminacion	480	120	4.00	14	3.6	0.018	0.5600	0.006	14
Iluminacion	480	120	4.00	24	3.6	0.018	0.9600	0.010	14
Iluminacion	320	120	2.67	54	3.6	0.018	1.4400	0.014	14
Iluminacion	320	120	2.67	44	3.6	0.018	1.1733	0.012	14
Iluminacion	320	120	2.67	34	3.6	0.018	0.9067	0.009	14

Tabla XXVII. Datos del circuito del tablero B por el método de voltaje

Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Distancia	Caida de tension %	Resistividad	Area del conductor	Area del conductor	Calibre del conductor
	Watts/VA	Voltios	Amperios	Metros	Voltios	Ohm-mm2/m	mm2	cm2	AWG
Iluminacion	480	120	4.00	46	3.6	0.018	1.8400	0.018	14
Iluminacion	480	120	4.00	38	3.6	0.018	1.5200	0.015	14
Iluminacion	480	120	4.00	30	3.6	0.018	1.2000	0.012	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	22	3.6	0.018	1.3200	0.013	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	14	3.6	0.018	0.8400	0.008	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	46	3.6	0.018	2.7600	0.028	12
Cir. Fuerza	1440	120	12.00	22	3.6	0.018	2.6400	0.026	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	30	3.6	0.018	1.8000	0.018	14
Iluminacion	480	120	4.00	22	3.6	0.018	0.8800	0.009	14
Iluminación	480	120	4.00	14	3.6	0.018	0.5600	0.006	14

Tabla XXVIII. Datos del circuito del tablero C por el método de voltaje

Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Distancia	Caida de tension %	Resistividad	Area del conductor	Area del conductor	Calibre del conductor
	Watts/VA	Voltios	Amperios	Metros	Voltios	Ohm-mm2/m	mm2	cm2	AWG
Iluminacion	320	120	2.67	26	3.6	0.018	0.6933	0.007	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	27	3.6	0.018	1.6200	0.016	14
Cir. Fuerza	900	120	7.50	9	3.6	0.018	0.6750	0.007	14
Cir. Fuerza	2160	120	18.00	12	3.6	0.018	2.1600	0.022	12
Iluminación	640	120	5.33	12	3.6	0.018	0.6400	0.006	14
Iluminación	480	120	4.00	15	3.6	0.018	0.6000	0.006	14

Tabla XXIX. Datos del circuito del tablero D por el método de voltaje

Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Distancia	Caida de tensión %	Resistividad	Area del conductor	Area del conductor	Calibre del conductor
	Watts/VA	Voltios	Amperios	Metros	Voltios	Ohm-mm ² /m	mm ²	cm ²	AWG
Iluminación	560	120	4.67	14	3.6	0.018	0.6533	0.007	14
Iluminación	560	120	4.67	21	3.6	0.018	0.9800	0.010	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	14	3.6	0.018	0.8400	0.008	14
Cir. Fuerza	720	120	6.00	21	3.6	0.018	1.2600	0.013	14

Tabla XXX. Datos del circuito del tablero E por el método de voltaje

Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Distancia	Caida de tensión %	Resistividad	Area del conductor	Area del conductor	Calibre del conductor
	Watts/VA	Voltios	Amperios	Metros	Voltios	Ohm-mm ² /m	mm ²	cm ²	AWG
Aire acondicionado	3600	120	30.00	12	3.6	0.018	3.6000	0.036	12
Iluminación	800	120	6.67	15	3.6	0.018	1.0000	0.010	14
Cir. Fuerza	160	120	1.33	18	3.6	0.018	0.2400	0.002	14

4.2 Cálculo de tuberías

Se calcula la sumatoria total de áreas de los conductores que irán alojados en la tubería, dato que se divide dentro del porcentaje que se les asigna a los conductores dentro de dicha tubería (40%), lo que nos dará como resultado el área total (pulg²) de la tubería.

$$A = \frac{a}{F}$$

Donde:

A: área total de la tubería en pulg².

a: sumatoria de las áreas individuales de los conductores en tubo en pulg².

F: porcentaje destinado a los conductores dentro de la tubería.

Dado que los fabricantes de tuberías dan los datos en diámetros y no el área del producto, por lo tanto se calcula el diámetro:

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Donde:

d = Diámetro de la tubería en pulgadas.

A = Área de la tubería en pulgadas².

Módulo 1 y 2

Tubería de conductores principales de alimentación: Se obtuvieron 4 conductores de calibre 2 AWG, destinados para la alimentación principal.

Diámetro de calibre 2 AWG = 7.419 mm = 0.292 "

$$\text{Área de calibre 2 AWG} = \pi * \left(\frac{0.292}{2} \right)^2 = 0.0669 \text{ plg}^2$$

$$a = 4 * 0.0669 = 0.268 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.268}{0.40} = 0.67 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{0.67 * 4}{\pi}} = 0.903 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1" de diámetro.

Tubería de conductores secundarios de alimentación:

Según la tabla XVI, en tubería de $\frac{3}{4}$ " pueden ir alojados 5 conductores de calibre 12 AWG o 3 de calibre 8 AWG, que son los más utilizados tanto para iluminación como para circuitos de fuerza, en las derivaciones de este tablero, la tubería será de material poliducto y estará empotrada en la pared.

Módulo 3

Tubería de conductores principales de alimentación: Se obtuvieron 3 conductores de calibre 2 AWG, destinados para la alimentación principal.

Diámetro de calibre 2 AWG = 7.419 mm = 0.292 "

$$\text{Área de calibre 2 AWG} = \pi * \left(\frac{0.292}{2}\right)^2 = 0.0669 \text{ plg}^2$$

$$a = 3 * 0.0669 = 0.2007 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.2007}{0.40} = 0.502 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{0.502 * 4}{\pi}} = 0.799 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1" de diámetro.

Tubería de conductores secundarios de alimentación:

Según la tabla XVI, en tubería de ¾" pueden ir alojados 5 conductores y en la de 1" pueden ir alojados 8 conductores de calibre 12 AWG, que es el utilizado tanto para iluminación como para circuitos de fuerza, en las derivaciones de este tablero, la tubería será de material poliducto y estará empotrada en la pared.

Módulo 4

Tubería de conductores principales de alimentación: Se obtuvieron 3 conductores de calibre 8 AWG, destinados para la alimentación principal.

Diámetro de calibre 8 AWG = 3.268 mm = 0.129 "

$$\text{Área de calibre 8 AWG} = \pi * \left(\frac{0.129}{2} \right)^2 = 0.013 \text{ plg}^2$$

$$a = 3 * 0.013 = 0.039 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.039}{0.40} = 0.0975 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{0.0975 * 4}{\pi}} = 0.352 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1/2" de diámetro.

Tubería de conductores secundarios de alimentación:

Según la tabla XVI, en tubería de ¾" pueden ir alojados 4 conductores y en la de 1" pueden ir alojados 7 conductores de calibre 10 AWG, que es el utilizado tanto para iluminación como para circuitos de fuerza, en las derivaciones de este tablero, la tubería será de material poliducto y estará empotrada en la pared.

Biblioteca

Tubería de conductores principales de alimentación: Se obtuvieron 3 conductores de calibre 8 AWG, destinados para la alimentación principal.

Diámetro de calibre 8 AWG = 3.268 mm = 0.129 "

$$\text{Área de calibre 2 AWG} = \pi * \left(\frac{0.129}{2} \right)^2 = 0.013 \text{ plg}^2$$

$$a = 3 * 0.013 = 0.039 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.039}{0.40} = 0.0975 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{0.0975 * 4}{\pi}} = 0.352 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1/2" de diámetro.

Tubería de conductores secundarios de alimentación:

Según la tabla XVI, en tubería de ¾" pueden ir alojados 4 conductores de calibre 10 AWG y 6 de calibre 14 AWG y en la de 1" pueden ir alojados 7 conductores de calibre 10 AWG y 10 de calibre 14 AWG, que es el utilizado tanto para iluminación como para circuitos de fuerza, en las derivaciones de este tablero, la tubería será de material poliducto y estará empotrada en la pared.

Administración

Tubería de conductores principales de alimentación: Se obtuvieron 3 conductores de calibre 8 AWG, destinados para la alimentación principal.

Diámetro de calibre 8 AWG = 3.268 mm = 0.129 "

$$\text{Área de calibre 2 AWG} = \pi * \left(\frac{0.129}{2} \right)^2 = 0.013 \text{ plg}^2$$

$$a = 3 * 0.013 = 0.039 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.039}{0.40} = 0.0975 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{0.0975 * 4}{\pi}} = 0.352 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1/2" de diámetro.

Tubería de conductores secundarios de alimentación:

Según la tabla XVI, en tubería de ¾" pueden ir alojados 5 conductores y en la de 1" pueden ir alojados 8 conductores de calibre 12 AWG, que es el utilizado tanto para iluminación como para circuitos de fuerza, en las derivaciones de este tablero, la tubería será de material poliducto y estará empotrada en la pared.

Tablero principal

De este tablero se derivan las alimentaciones en distribución en paralelo para la alimentación de los tablero den CUDEP. Del cual se obtuvieron 4 conductores de calibre 3/0 AWG.

Diámetro de calibre 3/0 AWG = 11.921 mm = 0.469 "

$$\text{Área de calibre 2 AWG} = \pi * \left(\frac{0.469}{2} \right)^2 = 0.173 \text{ plg}^2$$

$$a = 4 * 0.173 = 0.692 \text{ plg}^2$$

$$A = \frac{0.692}{0.40} = 1.73 \text{ plg}^2$$

El siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{1.73 * 4}{\pi}} = 1.484 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería de 1*1/2" de diámetro.

4.3 Cálculo de Iluminación

La iluminación en lo que respecta al área industrial debe tener presente un gran número de luminarias ya que deben abarcar espacios muy grandes y extensos, también deben poseer características distintas a luminarias convencionales o residenciales como poseer mayor potencia, brillo, incandescencia y aceptar los cambios bruscos de voltaje. Estos tipos de luminarias se crearon con el fin de facilitar los procesos producidos de distinto trabajos industriales, además de relacionar la cantidad de luz utilizada con respecto a las obras realizadas. Para esto es necesario analizar la tarea visual a desarrollar y determinar la cantidad y tipo de iluminación que proporcione el máximo rendimiento visual y cumpla con las exigencias de seguridad y comodidad como también seleccionar el equipo de alumbrado que proporcione la luz requerida de la manera satisfactoria, para ello existen diferentes tipos de luz las cuales son:

Luz natural: proporcionada por la misma luminosidad del día, existen diferentes tipos de iluminación y se dividen según la temperatura que consigan.

Luz artificial: proporcionada por la iluminación artificial.

Luz difusa: se obtiene por medio de difusores y no produce sombras, de esta forma consigue un efecto uniforme. Imita o refuerza efectos naturales de la luz ambiente.

Luz directa: produce sombras en los objetos y las sombras proyectadas por éstos. Con esta luz se consigue el modelado de los volúmenes de los objetos, el dibujo de sus contornos y el contraluz de éstos.

Para comprender mejor el método utilizado para el cálculo de luminarias, continuación se darán algunas definiciones:

Coefficiente de utilización: Es la relación entre el flujo luminoso emitidos por una luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas de la luminaria.

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

Flujo luminoso: Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente de iluminación en la unidad de tiempo, su unidad de medida es el lumen.

Nivel de iluminación: Es la cantidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux, se utiliza también el pie-candela (en ingles foot-candle) como unidad del nivel de iluminación, un pie candela equivale a 10.76 luxes.

Factor de mantenimiento (f_m) o conservación: Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Y para todo ello, a continuación se presentan algunos niveles recomendados de luxes para diferentes tipos de iluminación.

Tabla XXXI. Niveles de iluminación

ALGUNOS NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

ZONAS	LUXES RECOMENDADOS
Calles y carreteras	20 - 50
Aparcamientos	40 - 60
Escaleras	50 - 100
Salas de espera, vestíbulos, pasillos	150 - 250
Salones y salas de reuniones	300 - 400
Mesas de despacho	600 - 1.000
Mesas de dibujo	700 - 2.000
Zonas de almacenamiento	100 - 200
Habitaciones y dormitorios	300 - 500
Cocina, Aseos y baños	400 - 600
Cafeterías y restaurantes	250 - 500

Calculo del número de luminarias: Las unidades de iluminación se pueden calcular de la siguiente manera.

$$N = \frac{E * A * L}{\phi * n * Cu * fm}$$

Donde:

- N: Número de luminarias totales.
- E: Nivel luminoso en Lux establecido por normas.
- A: Ancho del local en metros.
- L: Longitud del local en metros.
- Cu: Coeficiente de utilización.
- fm: Factor de mantenimiento.
- ϕ : Flujo luminoso por lámpara.
- n: Número de lámparas por luminarias.

Donde la iluminación resultante una vez determinado el número total de luminarias conforme al plano, se calcula el nivel de iluminación por medio de la siguiente ecuación:

$$Ee = \frac{Ne * Cu * fm * l * \phi}{S}$$

Donde:

Ee: Iluminación resultante en luxes.

Ne: Número de luminarias de la nueva especificación.

La dependencia de las dimensiones del local a iluminar sobre el coeficiente de utilización, se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

K: coeficiente espacial.

A: ancho del local.

L: longitud del local.

h: altura útil entre las luminarias y el plano de trabajo.

Así, según sean las proporciones del local, así será el coeficiente espacial K, estando comprendido normalmente entre 1 y 10.

Módulo 1 y 2

Salones de clase y oficinas de coordinaciones: Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 10 m largo, 4 m ancho y 6 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: 0.35 m

Altura útil: 2.3 m

Nivel de iluminación recomendado: 350 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 2900 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8*4 + 0.2*10}{2.3} = 2.26$$

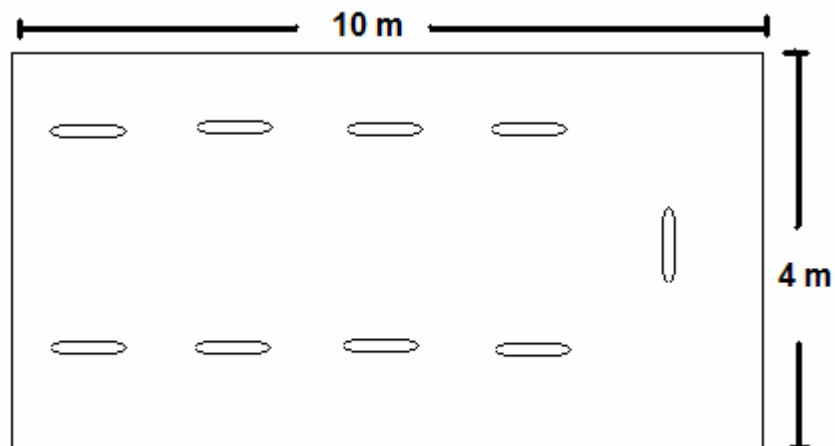
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 38$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos nos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{350 * 4 * 10}{2900 * 2 * 0.38 * 0.7} = 9.07$$

Será un número aproximado de 9 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$Ee = \frac{9 * 0.38 * 0.7 * 2 * 2900}{40} = 347.13$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Módulo 3

Salones de clase: Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 8 m largo, 6 m ancho y 6 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: 0.35 m

Altura útil: 2.5 m

Nivel de iluminación recomendado: 350 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 2900 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8 * 6 + 0.2 * 8}{2.5} = 2.56$$

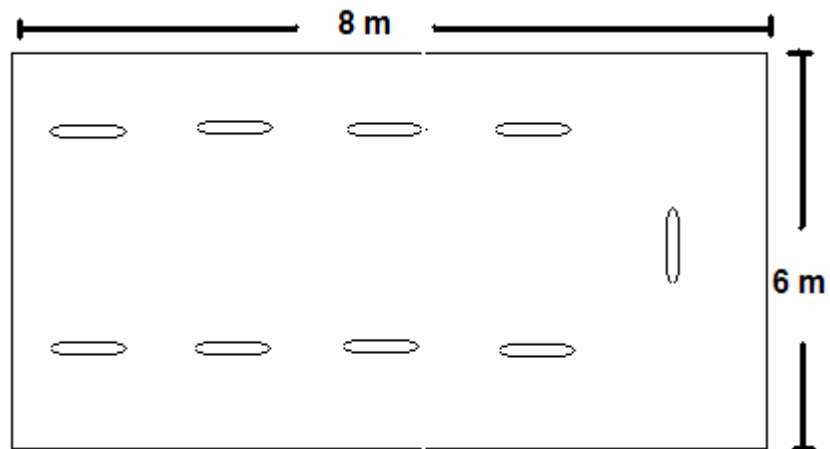
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 47$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{350 * 6 * 8}{2900 * 2 * 0.47 * 0.7} = 8.81$$

Será un número aproximado de 9 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$E_e = \frac{9 * 0.47 * 0.7 * 2 * 2900}{48} = 357.79$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Módulo 4

Salones de clase: Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 7 m largo, 7 m ancho y 5.5 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: 0.35 m

Altura útil: 2.1 m

Nivel de iluminación recomendado: 350 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 3000 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8 * 7 + 0.2 * 7}{2.1} = 3.33$$

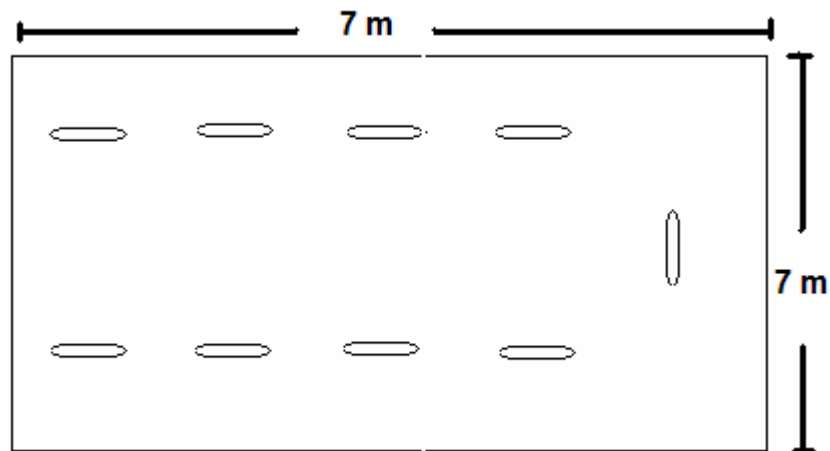
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 47$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{350 * 7 * 7}{3000 * 2 * 0.47 * 0.7} = 8.69$$

Será un número aproximado de 9 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$Ee = \frac{9 * 0.47 * 0.7 * 2 * 3000}{49} = 362.57$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Biblioteca

Salones de clase y laboratorio de internet: Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 23 m largo, 9 m ancho y 5.5 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: no existe

Altura útil: 2.2 m

Nivel de iluminación recomendado: 350 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 3000 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8 * 23 + 0.2 * 9}{2.2} = 9.18$$

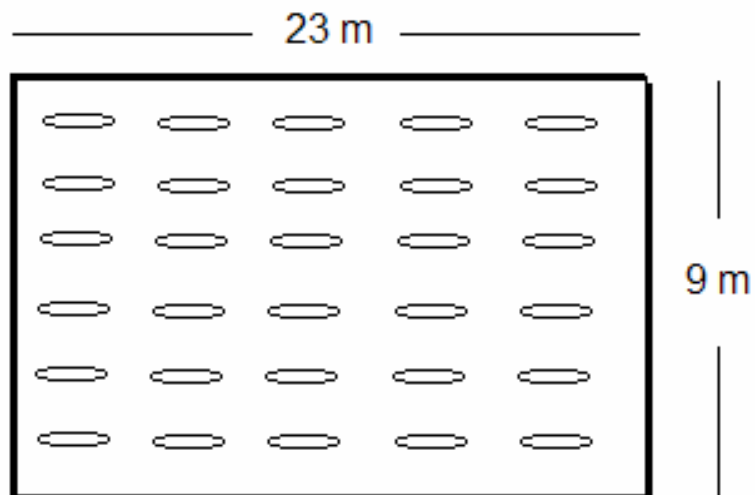
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 57$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{350 * 23 * 9}{3000 * 2 * 0.57 * 0.7} = 30.27$$

Será un número aproximado de 30 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$Ee = \frac{30 * 0.57 * 0.7 * 2 * 3000}{207} = 346.96$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Administración:

Salones de secretaría y dirección: Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 8 m largo, 7 m ancho y 5 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: no existe

Altura útil: 2.3 m

Nivel de iluminación recomendado: 350 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 2800 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8*8 + 0.2*7}{2} = 3.9$$

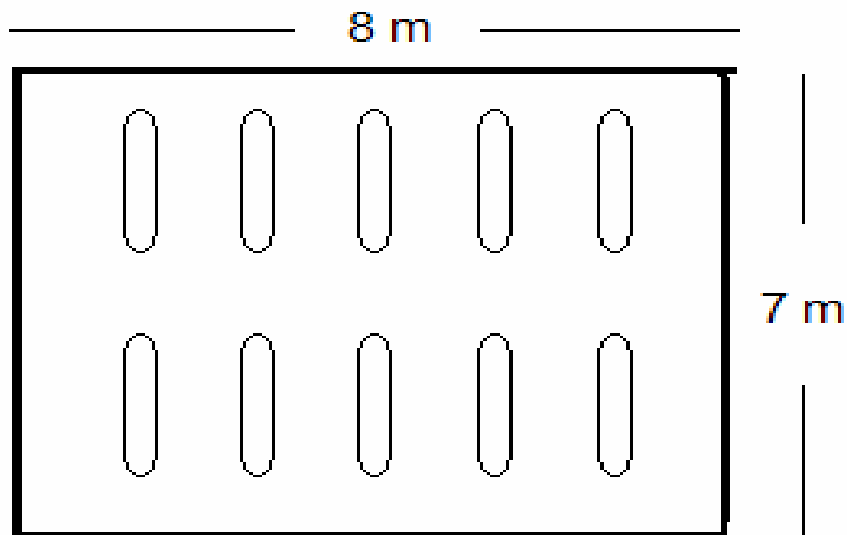
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 50$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{350 * 8 * 7}{2800 * 2 * 0.50 * 0.7} = 10$$

Será un número aproximado de 10 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$Ee = \frac{10 * 0.57 * 0.7 * 2 * 2800}{56} = 399$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Pasillo central:

Se tienen los siguientes datos.

Dimensiones: 50 m largo, 3 m ancho y 3.5 m alto

Plano de trabajo: 0.75 m

Cavidad del techo: 0.35 m

Altura útil: 2.3 m

Nivel de iluminación recomendado: 100 luxes

Reflexiones: 70% techo, 30% pared y 10% suelo

Lámpara elegida: 40 watts, 2800 lúmenes

El siguiente paso es calcular el coeficiente espacial K.

$$K = \frac{0.8 * 3 + 0.2 * 100}{2.3} = 9.74$$

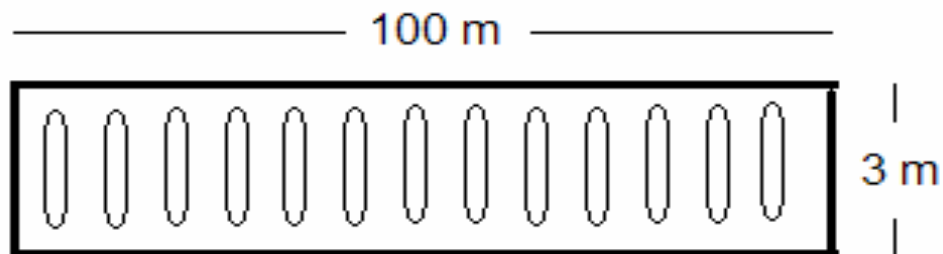
Utilizando lámparas dobles de 40 watts con reflectores, del anexo A, nos da un coeficiente de utilización $C_u = 57$ y un factor de mantenimiento $f_m = 70$. Con estos datos es posible calcular el número de lámparas necesarias para instalar.

$$N = \frac{100 * 3 * 100}{2800 * 2 * 0.57 * 0.7} = 13.43$$

Será un número aproximado de 13 lámparas, ahora se calcula la cantidad luxes que emitirán estas lámparas.

$$Ee = \frac{13 * 0.57 * 0.7 * 2 * 2800}{300} = 96.82$$

La colocación de las luminarias sería de la siguiente forma:



Los parqueos del CUDEP no cuentan con un área establecida ni con iluminación, es debido a ello que no se hizo el cálculo respectivo.

4.4 Cálculo de red de tierras

En los cálculos de redes de tierra se utilizan muchas fórmulas simplificadas, que solo permiten conocer el orden de magnitud de los parámetros que caracterizan la red de tierra. Pero aun cuando se utilizan los mejores modelos, la precisión esta limitada por la gran incertidumbre de ciertos datos. Es fundamental durante la construcción de la red de tierra realizar mediciones que permitan detectar que el comportamiento de la red coincida con el previsto. Con la red construida se deben determinar las tensiones características en los puntos críticos e introducir las correcciones que sean necesarias para lograr tensiones de paso, de contacto y transferidas que no superen los límites de seguridad. A tal fin vale la pena notar que la resistencia total de la puesta a tierra no es un valor fundamental en la definición de su comportamiento.

El objeto es conocer la resistividad del terreno con el fin de determinar la resistencia de la puesta a tierra de la estación eléctrica y los potenciales de paso y de contacto en el área, a través de cálculos dimensionantes y de verificación.

A continuación se presenta un método par hacer la medición y el calculo de la resistividad del terreno en el CUDEP.

4.4.1 Medición de la resistividad del terreno

La medición de la resistividad del terreno es la razón más importante para los diseñadores al diseñar sistemas de puesta a tierra. La resistividad es un factor determinante en el valor de resistencia a tierra que pueda tener un electrodo enterrado, puede determinar a que profundidad debe ser enterrado el mismo para obtener un valor de resistencia bajo.

La resistividad puede variar ampliamente en terrenos que tengan las mismas características, su valor cambia con las estaciones. La misma es determinada grandemente por el contenido de electrolitos, el cual consiste de humedad, minerales y sales disueltas. Un suelo seco tiene un alto valor de resistividad si no contiene sales solubles. La resistencia es también influenciada por la temperatura, la cual debe ser aproximadamente de:

- 10 Ω para sistemas de potencia
- 5 Ω para sistemas de bajo voltaje

Según normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala utilizadas en territorio nacional, el valor de resistencia máximo será de 25 ohmios.

Tabla XXXII. Resistividad del suelo según ANSI/IEEE Std. 142-1982

Tipo de suelo	Resistividad (Ω -m)			Resistencia de una varilla de 5/8" (166mm) x 10 pies (3m) (Ω)		
	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx
Relleno de: Ceniza, carbón, residuos de agua salmuera, agua salada	23.70	5.90	70.00	8.00	2.00	23.00
Arcilla pizarra, barro, tierra negra - mezclado con grava y arena	40.60	3.40	163.00	13	1.1	54
Grava, arena o piedras con arcilla o tierra negra	158.00	10.20	1350.00	52	4	447
	940.00	590.00	4580.00	311.00	195.00	1516.00

Fuente: Instalaciones eléctricas, Bratu & Campero, pag. 191

4.4.2 Cálculo de la resistividad del terreno

Entonces para calcular la resistencia a tierra por el método de varillas se utiliza la siguiente ecuación, teniendo ya definida la resistividad del suelo en que se trabajara. Para el terreno del CUDEP se decide tomar el dato de 940 Ω -m, debido al tipo de terreno existente.

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

Donde:

- R: Resistencia a tierra en ohms.
- ρ : Resistividad especifica del suelo en ohms - m.
- L: Longitud de la varilla en metros.
- a. Diámetro de la varilla en m.

$$R = \frac{940}{2 * \pi * 3} \left(\ln \frac{4 * 3}{0.01588} - 1 \right) = 8.86 \Omega$$

Este nivel de resistencia se mantiene aun durante el invierno, pues ya que en CUDEP se encuentra ubicado a 124 msnm, considerándose esta dentro del rango esperado y normado para su uso. Debiéndose cavar un pozo de 6 X 6 m² de área superficial por 1 m de profundidad, donde en las esquinas del pozo se instalaran varillas o picas de 5/8 de pulgadas por 10 pies de largo, de calibre 2/0 AWG de cobre desnudo por su capacidad de corriente, que es de 189 amperios según tabla.

Las varillas o picas deberán bajo lo superficie del terreno por lo menos 0.30 m, para evitar posibles voltajes de contactos y de paso, tanto con personas como con objetos, debido a la ubicación de las mismas.

4.5 Cálculo de pararrayos

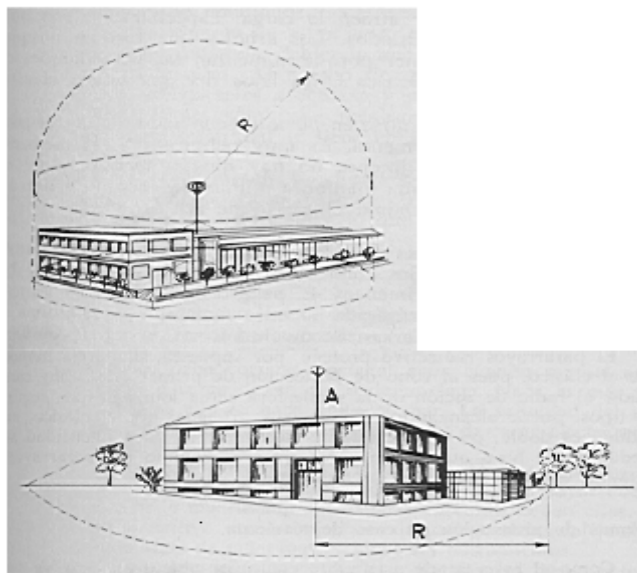
El principio de funcionamiento se basa esencialmente en canalizar por la toma de tierra la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal del pararrayos, la instalación conduce primero hacia arriba, por el cable desnudo de tierra, la tensión eléctrica generada por la tormenta, para compensar la diferencia de potencial en el punto más alto de la instalación. Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión que se concentran en las puntas mas predominantes, a partir de una magnitud del campo eléctrico alrededor de la punta o electrodo, aparece la ionización natural o efecto corona, son mini descargas disruptivas que ionizan el aire, este fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor que facilitara la descarga del fenómeno rayo (Líder).

Algunas de las normas utilizadas para el cálculo de pararrayos son las siguientes:

- a) Deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a un metro del punto mas elevado de la superficie a proteger.
- b) Siempre deberá ir detenido por una antena o columna de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anteriormente mencionado.
- c) Será fijado solidamente a la antena que lo detiene, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- d) Los cables de bajada del pararrayos deberán se de cobre desnudo, de una sección transversal mínima de 50 mm.

- e) El cable o cables de bajada deberán descender en una línea tan recta como sea posible.
- f) Cuando se encuentre enterrado en el suelo el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad de 0.8 m, a partir de este punto se podrá dirigir a la toma de tierra.
- g) Las tomas de tierra del pararrayos se realizara preferiblemente con picas de cobre con alma de acero o placa de cobre y de longitud no inferior a dos metros y medio, con diámetro mínimo de 14 milímetros y serán instaladas a profundidades no menor de 1 metro y separadas entre si por lo menos a una distancia de 4 metros.

Figura 42. Red de pararrayos



Fuente: www.es.wikipedia.org

En el cálculo y diseño de pararrayos se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

1. El ambiente del edificio (coeficiente 1)
2. El tipo de construcción del edificio (coeficiente 2)
3. Contenido estructural (coeficiente 3)
4. Ocupación y uso de la estructura (coeficiente 4)
5. Continuidad del servicio por caída de rayo (coeficiente 5)

A continuación se presentan las diferentes tablas correspondientes a los coeficientes descritos anteriormente.

Tabla XXXIII. Coeficiente ambiental

Coeficiente Ambiental C1 <i>estructura a proteger</i>	C1
Rodeado por estructuras o arboles de la misma altura o superior	0.25
Rodeado por estructuras mas pequeñas	0.5
Aislado: ninguna otra estructura dentro de una distancia igual a 3 veces su altura	1
Aislado encima de una colina	2

Tabla XXXIV. Coeficiente de construcción

Coeficiente Estructural C2			
	Tipo del techo		
Estructura	Metalico	Común	Inflamable
Metalica	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Tabla XXXV. Coeficiente estructural

Contenido de la Estructura C3	C3
Ningun valor o no inflamable	0.5
Valor normal o normalmente inflamable	1
Valor alto o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	3

Tabla XXXVI. Coeficiente de uso estructural

Ocupación de la Estructura C4	
Desocupado	0.5
Normalmente ocupado	1
De evacuación difícil	3

Tabla XXXVII. Coeficiente de continuidad de servicio

Consecuencias del rayo C5	
Continuidad de servicio no requerido	1
Continuidad de servicio requerida sin consecuencias en el ambiente	5
Consecuencia en el ambiente	10

Debiéndose determinar si el sistema calculado es eficiente o no, y para ello se cuentan con las siguientes formulas y datos, según la CIGRE (Conferencia Internacional de las Grandes Redes Eléctricas), donde:

$$Ng = 0.04DT^{1.25}$$

Donde:

DT: Días con tormenta anual.

Y dependiendo de la actividad atmosférica en el lugar DT se deberá elegir dentro de los siguientes parámetros:

5 – 15 Nivel bajo

15 – 30 Nivel medio

30 – 90 Nivel alto

Mayor de 90 Nivel muy alto

Luego Nd debe de ser calculado y es la frecuencia promedio anual de caídas directas de rayo a una estructura.

$$Nd = 2 * Ng * Ae * C1 \times 10^{-6}$$

Donde:

Ae: Es el área equivalente de la estructura a proteger.

El área equivalente a proteger se calcula de la siguiente manera:

$$Ae = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2$$

Donde:

L: Longitud de la estructura

W: Ancho de la estructura

H: Altura de la estructura

El siguiente paso es calcular N_c . Ésta es la frecuencia del rayo aceptada por la estructura estudiada:

$$N_c = \frac{5.5 * 10^{-3}}{C2C3C4C5}$$

Se comprueba la eficiencia de la instalación, y se da un resultado para la misma. La expresión de eficiencia se calcula de la siguiente forma:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$N_d \leq N_c$ = **Protección opcional**

$N_d \geq N_c$ = **Protección requerida**

Módulo 1 y 2

Se calcula el área equivalente a proteger, con los siguientes datos: 100 m largo, 4 m ancho y 6 m altura y el número de rayos a tierra por km² (Ng) este dato para toda la instalación.

$$Ng = 0.04(75)^{1.25} = 8.83$$

$$Ae = 100 * 4 + 6 * 6(100 + 4) + 9\pi(6)^2 = 5161.88m^2$$

Después el cálculo se deberá hacer tanto para Nd que es la frecuencia anual de caídas directas del rayo a una estructura y también Nc que es la frecuencia de rayo aceptada por la estructura.

$$Nd = 2 * 75 * 5161.88 * 0.25 \times 10^{-6} = 0.1936$$

$$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{(1)(1)(3)(10)} = 0.000183$$

Como notamos según los cálculos que $Nd \geq Nc$ en gran tamaño, se llega a la conclusión que la protección es requerida, entonces se calcula la eficiencia de la instalación a realizarse.

$$E = 1 - \frac{0.000183}{0.1936} = 0.999$$

Dándonos una eficiencia de 99.9 % requerida para el edificio.

Módulo 3

Se calcula el área equivalente a proteger, con los siguientes datos: 40 m largo, 6 m ancho y 6 m altura y el número de rayos a tierra por km² (Ng) este dato para toda la instalación.

$$Ng = 0.04(75)^{1.25} = 8.83$$

$$Ae = 40 * 6 + 6 * 8(40 + 6) + 9\pi(6)^2 = 3465.88m^2$$

Después el cálculo se deberá hacer tanto para Nd que es la frecuencia anual de caídas directas del rayo a una estructura y también Nc que es la frecuencia de rayo aceptada por la estructura.

$$Nd = 2 * 75 * 3465.88 * 0.25 \times 10^{-6} = 0.1299$$

$$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{(1)(1)(3)(10)} = 0.000183$$

Como notamos según los cálculos que $Nd \geq Nc$ en gran tamaño, se llega a la conclusión que la protección es requerida, entonces se calcula la eficiencia de la instalación a realizarse.

$$E = 1 - \frac{0.000183}{0.1299} = 0.9986$$

Dándonos una eficiencia de 99.86 % requerida para el edificio.

Módulo 4

Se calcula el área equivalente a proteger, con los siguientes datos: 14 m largo, 7 m ancho y 5.5 m altura y el número de rayos a tierra por km² (Ng) este dato para toda la instalación.

$$Ng = 0.04(75)^{1.25} = 8.83$$

$$Ae = 14 * 7 + 6 * 5.5(14 + 7) + 9\pi(7)^2 = 2176.45m^2$$

Después el cálculo se deberá hacer tanto para Nd que es la frecuencia anual de caídas directas del rayo a una estructura y también Nc que es la frecuencia de rayo aceptada por la estructura.

$$Nd = 2 * 75 * 2176.45 * 0.25 \times 10^{-6} = 0.0816$$

$$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{(1)(1)(3)(10)} = 0.000183$$

Como notamos según los cálculos que $Nd \geq Nc$ en gran tamaño, se llega a la conclusión que la protección es requerida, entonces se calcula la eficiencia de la instalación a realizarse.

$$E = 1 - \frac{0.000183}{0.0816} = 0.9978$$

Dándonos una eficiencia de 99.78 % requerida para el edificio.

Biblioteca

Se calcula el área equivalente a proteger, con los siguientes datos: 23 m largo, 9 m ancho y 5.5 m altura y el número de rayos a tierra por km² (Ng) este dato para toda la instalación.

$$Ng = 0.04(75)^{1.25} = 8.83$$

$$Ae = 23 * 9 + 6 * 5.5(23 + 9) + 9\pi(5.5)^2 = 2118.30m^2$$

Después el cálculo se deberá hacer tanto para Nd que es la frecuencia anual de caídas directas del rayo a una estructura y también Nc que es la frecuencia de rayo aceptada por la estructura.

$$Nd = 2 * 75 * 2118.3 * 0.25 \times 10^{-6} = 0.0794$$

$$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{(1)(1)(3)(10)} = 0.000183$$

Como notamos según los cálculos que $Nd \geq Nc$ en gran tamaño, se llega a la conclusión que la protección es requerida, entonces se calcula la eficiencia de la instalación a realizarse.

$$E = 1 - \frac{0.000183}{0.0794} = 0.9977$$

Dándonos una eficiencia de 99.77 % requerida para el edificio.

Administración

Se calcula el área equivalente a proteger, con los siguientes datos: 8 m largo, 7 m ancho y 5 m altura y el número de rayos a tierra por km² (Ng) este dato para toda la instalación.

$$Ng = 0.04(75)^{1.25} = 8.83$$

$$Ae = 8 * 7 + 6 * 5(8 + 7) + 9\pi(5)^2 = 1212.86m^2$$

Después el cálculo se deberá hacer tanto para Nd que es la frecuencia anual de caídas directas del rayo a una estructura y también Nc que es la frecuencia de rayo aceptada por la estructura.

$$Nd = 2 * 75 * 1212.86 * 0.25 \times 10^{-6} = 0.0455$$

$$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{(1)(1)(3)(10)} = 0.000183$$

Como notamos según los cálculos que $Nd \geq Nc$ en gran tamaño, se llega a la conclusión que la protección es requerida, entonces se calcula la eficiencia de la instalación a realizarse.

$$E = 1 - \frac{0.000183}{0.0455} = 0.996$$

Dándonos una eficiencia de 99.60 % requerida para el edificio.

4.6 Cálculo de corto circuito

Una falla de corto circuito es un evento que interfiere con el flujo normal de corriente. La alta tensión entre un conductor y su torre de aterrizamiento origina la ionización que provee de una trayectoria a tierra para la carga inducida. Una vez establecida la trayectoria de la ionización a tierra, la baja impedancia a tierra permite el flujo de corriente de potencia desde el conductor hasta la tierra, y a través de la tierra al neutro aterrizado del transformador.

La experiencia ha mostrado que entre el 70 y 80% de las fallas son del tipo monofásicas a tierra (o línea a tierra), que se originan en el Flameo de una línea a tierra. Aproximadamente en 5% de las fallas intervienen las tres fases, estas son las llamadas fallas trifásicas simétricas.

Algunas de las suposiciones que se deben de hacer para simplificar el trabajo del cálculo de fallas de cortocircuito trifásicas simétricas son:

- Se pueden despreciar todas las conexiones en paralelo desde las barras del sistema al nodo de referencia (neutro), en los circuitos equivalentes que representan a los transformadores.
- Las impedancias de carga del sistema a estudiar son mucho mayores a las componentes de la red y así, pueden despreciarse al momento de la construcción del sistema de potencia.

- El sistema de potencia tiene un voltaje nominal de 1.0 con un desfase de 0° pu, de forma que no fluyan corrientes de pretalla en la red.
- El circuito equivalente es formado por una impedancia, con excepción de que si se trata de una maquina se representara como una fuente de voltaje con una impedancia en serie.

Una enorme cantidad de instalaciones eléctricas, por no decir casi todas las de importancia, son trifásicas, y deben ser estudiadas teniendo en cuenta esa condición. En funcionamiento normal la red es equilibrada de manera que se presentan en todas las fases las mismas corrientes desfasadas 120 grados eléctricos.

La falla trifásica simétrica se trata con un circuito equivalente monofasico que representa una sola fase del sistema, con este equivalente se puede determinar la corriente alterna fácilmente.

4.6.1 Efectos de la corriente trifásica de corto circuito

El dimensionamiento de las instalaciones y de sus componentes no se hace para soportar el estado de cortocircuito permanente, en rigor estas condiciones pueden ser soportadas por tiempos relativamente modestos, y con frecuencia también modesta. Los efectos que se presentan cuando se produce un cortocircuito en la instalación deben ser conocidos y controlados.

Efectos térmicos

La circulación de corriente en un conductor cualquiera produce calor por efecto Joule. Si se desea conocer los efectos de este fenómeno se debe realizar la integral que permite evaluarlo, por el tiempo que interesa. Es útil para cuantificar la cantidad de calor definir una corriente de valor constante equivalente que produce el mismo efecto térmico; para el caso que no hubiera componente continua, y para períodos enteros se tiene, el valor por la definición misma de valor eficaz.

Efectos dinámicos

Los esfuerzos de cortocircuito que se presentan entre dos conductores dependen del cuadrado de la corriente que por ellos circula, en rigor dependen del producto de las corrientes, pero si la corriente es la misma en ambos conductores la primera afirmación es correcta.

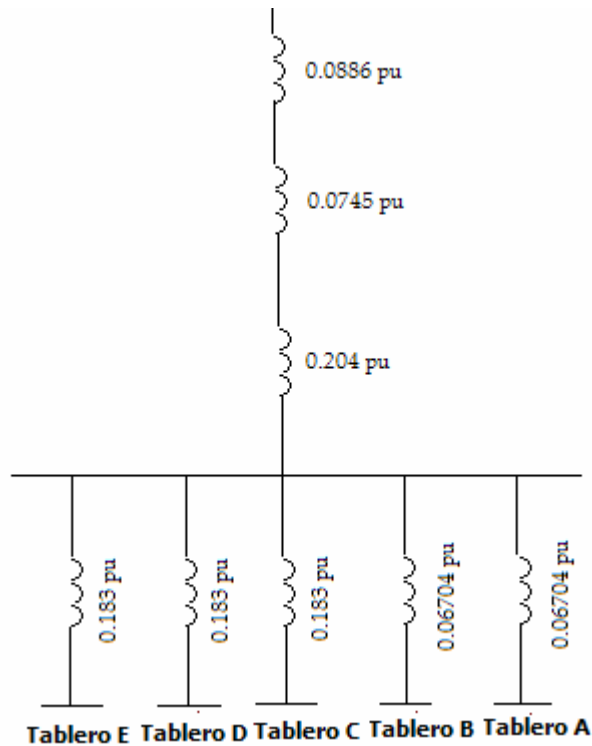
El cuadrado de la corriente instantánea que varía es una función de frecuencia doble, si la corriente es con componente continua se observar un valor medio de la corriente, una componente fundamental que desaparece a medida que desaparece la componente continua y que depende de ella, y una segunda armónica que depende de la componente alterna fundamental de la corriente.

Las tres componentes alternas de fase en la falla trifásica están desfasadas entre si 120 grados, por lo que sus tres valores iniciales, suman algebraicamente cero, pero al menos dos son distintos de cero y siempre hay componente continua al menos en dos fases. Debido a lo anterior mente descrito, el estudio en el sistema se desarrollara para una falla trifásica simétrica, que es la que causa un mayor daño a las cargas instaladas, conductores, etc.

Se procede ha realizar el diagrama unifilar del sistema de potencia a analizar y después el diagrama de impedancias en valores por unidad del mismo. Los datos tanto de reactancias e impedancias de los diferentes tipos de conductores fueron tomados de la tabla del anexo A. Para el cálculo de este tipo de corto circuito se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{KVAbase}{Z_{eq.pu} * \sqrt{3} * KVbase}$$

Figura 43. Diagrama de impedancias



Teniendo ya calculada la impedancia equivalente del circuito, apoyándonos en el anexo B, y definidos los diferentes parámetros tanto de potencia como de voltaje base, se realiza la siguiente operación, que da como resultado la corriente trifásica simétrica de corto circuito.

$$I_{cc} = \frac{1000}{0.3887 * \sqrt{3} * 0.208} = 7150 \text{ Amp}$$

El dato obtenido de 7150 amperios, es la corriente que fluirá durante los primeros ciclos del corto circuito trifásico entre las líneas.

5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS

Debido a la importancia de la comparación entre el trabajo de estudio teórico y la realización de la práctica en el caso de las instalaciones eléctricas, pues el diseño de las instalaciones eléctricas se basa primero en el cálculo y la teoría y después en la práctica, tanto para seguridad, eficiencia y así como costos de la misma, por ello a continuación se hará una comparación tanto de los datos prácticos tomados en el CUDEP, como de los teóricos realizados por este estudio.

El uso del forro aislante THHN para los conductores es debido tanto a la temperatura ambiente, calor, humedad y capacidad de corriente, que se acopla a las necesidades del Centro Universitario de Peten.

- **Módulo 1 y 2**

Los datos que se presentan a continuación, son tanto los valores teóricos como prácticos de las instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla XXXVIII. Comparación de conductores del módulo 1 y 2

	CONDUCTORES	
	Calibre Instalado	Calibre Teórico
Alimentación principal	2 AWG con forro THHN	6 AWG con forro THHN
Aire acondicionado	6 AWG con forro THHN	4 AWG con forro THHN
Iluminación cancha	8 AWG con forro THHN	4 AWG con forro THHN
Motor eléctrico	8 AWG con forro THHN	8 AWG con forro THHN
Circuitos de fuerza	12 AWG con forro THHN	12 AWG con forro THHN
Circuitos de iluminación	12 AWG con forro THHN	12 AWG con forro THHN

Figura 44. Diagrama unifilar final del tablero A (Módulos 1 y 2)



Tabla XXXIX. Comparación de tubería del módulo 1 y 2

	TUBERIAS	
	Diámetro Instalado	Diámetro Teórico
Alimentación principal	1" tubo eléctrico PVC	1 " tubo galvanizado
Circuitos de fuerza	3/4" tubo poliducto	3/4" tubo poliducto
Circuitos de iluminación	3/4" tubo poliducto	3/4" tubo poliducto

Tabla XL. Comparación de luxes del módulo 1 y 2

	LÚMENES	
	Luxes promedio (practico)	Luxes promedio (teórico)
Salón de clases	294.14	347.13
Pasillo central	158	96.82

- **Módulo 3**

Los datos que se presentan a continuación, son tanto los valores teóricos como prácticos de las instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla XLI. Comparación de conductores del módulo 3

	CONDUCTORES	
	Calibre Instalado	Calibre Teórico
Alimentación principal	2 AWG con forro THHN	10 AWG con forro THHN
Circuitos de fuerza	12 AWG con forro THHN	14 / 12 AWG con forro THHN
Circuitos de iluminación	12 AWG con forro THHN	14 AWG con forro THHN

Figura 45. Diagrama unifilar final del tablero B (Módulo 3)

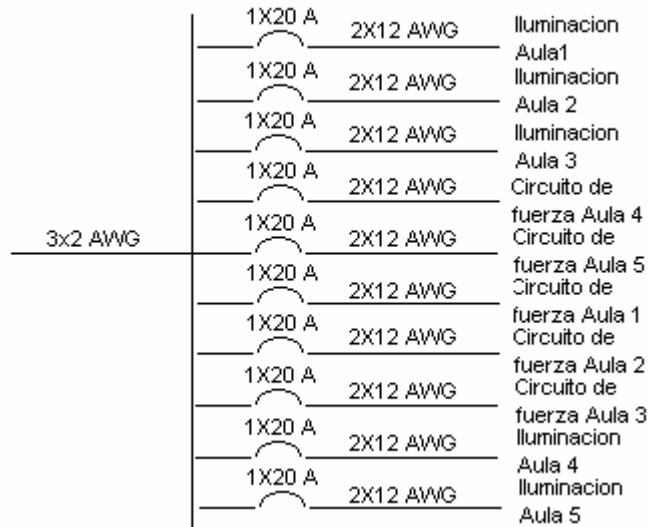


Tabla XLII. Comparación de tubería del módulo 3

	TUBERIAS	
	Diámetro Instalado	Diámetro Teórico
Alimentación principal	1" tubo eléctrico PVC	1 " tubo galvanizado
Circuitos de fuerza	3/4" tubo poliducto	3/4 y 1" tubo poliducto
Circuitos de iluminación	3/4" tubo eléctrico PVC	3/4" tubo eléctrico PVC

Tabla XLIII. Comparación de luxes del módulo 3

	LÚMENES	
	Luxes promedio (práctico)	Luxes promedio (teórico)
Salón de clases	214.2	357.79

- **Módulo 4**

Los datos que se presentan a continuación, son tanto los valores teóricos como prácticos de las instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla XLIV. Comparación de conductores del módulo 4

	CONDUCTORES	
	Calibre Instalado	Calibre Teórico
Alimentación principal	8 AWG con forro THHN	14 / 12 AWG con forro THHN
Circuitos de fuerza	10 AWG con forro THHN	14 AWG con forro THHN
Circuitos de iluminación	10 AWG con forro THHN	14 AWG con forro THHN

Figura 46. Diagrama unifilar final del tablero D (Módulo 4)

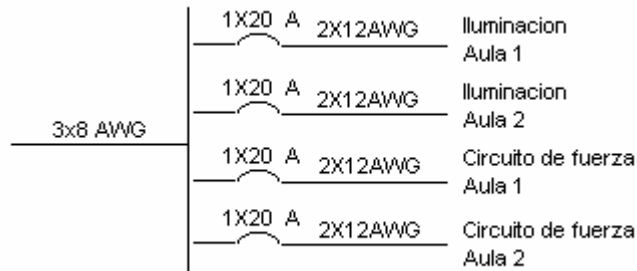


Tabla XLV. Comparación de tubería del módulo 4

	TUBERIAS	
	Diámetro Instalado	Diámetro Teórico
Alimentación principal	3/4" tubo eléctrico PVC	1/2 " tubo eléctrico PVC
Circuitos de fuerza	3/4" tubo eléctrico PVC	3/4 y 1" tubo poliducto
Circuitos de iluminación	3/4" tubo eléctrico PVC	3/4" tubo eléctrico PVC

Tabla XLVI. Comparación de luxes del módulo 4

	LÚMENES	
	Luxes promedio (practico)	Luxes promedio (teórico)
Salón de clases	320.5	362.57

- **Biblioteca**

Los datos que se presentan a continuación, son tanto los valores teóricos como prácticos de las instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla XLVII. Comparación de conductores de la biblioteca

	CONDUCTORES	
	Calibre Instalado	Calibre Teórico
Alimentación principal	8 AWG con forro THHN	10 AWG con forro THHN
Alimentación internet	10 AWG con forro THHN	10 AWG con forro THHN
Circuitos de fuerza	14 AWG con forro THHN	12 AWG con forro THHN
Circuitos de iluminación	10 AWG con forro THHN	14 AWG con forro THHN

Figura 47. Diagrama unifilar final del tablero C (biblioteca)

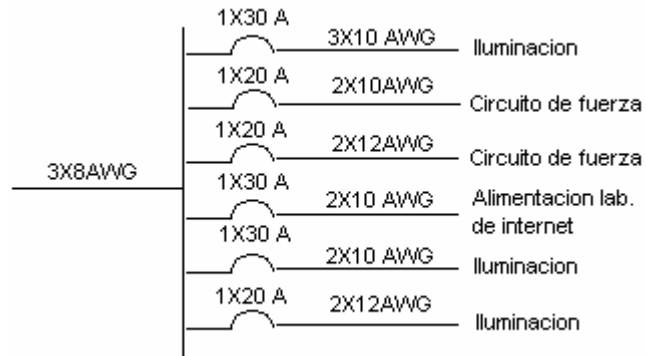


Tabla XLVIII. Comparación de tubería de la biblioteca

	TUBERIAS	
	Diámetro Instalado	Diámetro Teórico
Alimentación principal	1" tubo poliducto	1/2 " tubo eléctrico PVC
Circuitos de fuerza	3/4" tubo poliducto	3/4 y 1" tubo poliducto
Circuitos de iluminación	3/4" tubo poliducto	3/4y 1" tubo poliducto

Tabla XLIX. Comparación de luxes de la biblioteca

	LÚMENES	
	Luxes promedio (practico)	Luxes promedio (teórico)
Salón de clases y estudio	371	346.96

- **Administración**

Los datos que se presentan a continuación, son tanto los valores teóricos como prácticos de las instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla L. Comparación de conductores de la administración

	CONDUCTORES	
	Calibre Instalado	Calibre Teórico
Alimentación principal	8 AWG con forro THHN	10 AWG con forro THHN
Aire acondicionado	12 AWG con forro THHN	8 AWG con forro THHN
Circuitos de fuerza	12 AWG con forro THHN	12 AWG con forro THHN
Circuitos de iluminación	12 AWG con forro THHN	14 AWG con forro THHN

Figura 48. Diagrama unifilar final del tablero E (administración)

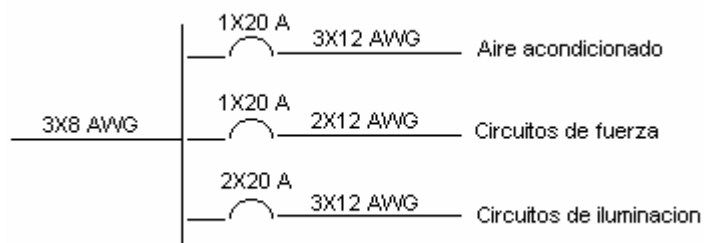


Tabla LI. Comparación de tubería de la administración

	TUBERIAS	
	Diámetro Instalado	Diámetro Teórico
Alimentación principal	1/2 " tubo eléctrico PVC	1 " tubo galvanizado
Circuitos de fuerza	3/4" tubo poliducto	3/4 y 1" tubo poliducto
Circuitos de iluminación	3/4" tubo poliducto	3/4 y 1" tubo eléctrico PVC

Tabla LII. Comparación de luxes de la administración

	LUMENS	
	Luxes promedio (practico)	Luxes promedio (teórico)
Salón administrativos	128	399

La comparación de resultados de red de tierras no se realizó por edificio, pues ya que esta es una sola instalación para todo el Centro Universitario. Al igual que la comparación del cálculo de pararrayos no se realizó pues el Centro Universitario no cuenta con este tipo de protecciones, quedando a consideración la implementación y necesidad del mismo.

6. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

6.1 Red de distribución eléctrica

Actualmente la red de distribución de energía eléctrica del departamento de Petén, no se encuentra interconectada al SIN (Sistema Nacional Interconectada), así que la operación y manejo de energía eléctrica se hace en forma de isla. Plantas generadoras venden su energía y esta es trasladada hacia la subestación central del INDE (Instituto Nacional de Electrificación), de allí se desprende el ramal que en una de sus derivaciones alimenta el Centro Universitario de Peten.

El CUDEP se encuentra localizado en santa elena, municipio de flores, y por las graficas recabada la variación de voltaje, corriente y potencias en el mismo se da en horario vespertino y nocturno, pues es cuando el Centro Universitario inicia sus actividades diarias con los estudiantes y debido a que el sistema de energía en general sufre las mismas variaciones en estos horarios por los aumentos de cargas, por una mala regulación de voltaje los daños como calentamiento, armónicos, flickers, etc., se ven reflejados en las instalaciones eléctricas y aparatos eléctricos.

El ramal que alimenta el CUDEP cuenta con un voltaje nominal de 13.8 KV y 1.3 MVA de potencia nominal respectivamente.

Dicho ramal no presenta una gran cantidad de problemas en lo que se refiere a carga y distribución debido a la pequeña demanda de potencia que requiere el ramal a comparación de otros.

6.2 Impacto técnico recíproco

Actualmente la localización del Centro Universitario de Petén es una zona de consumo moderado a alto, debido a que en el ramal que se encuentra están también cargas como hoteles, restaurantes, etc., y tomando en cuenta que la alimentación del CUDEP se hace por medio de un banco de transformadores monofásicos en conexión trifásica estrella aterrizada – estrella aterrizada y que esta conexión es para cargas mayoritariamente monofásicas nos da una idea que no existen cargas importantes en el aspecto de consumo de corriente debido a la configuración del banco de transformadores.

Debido a que en la red de distribución eléctrica del departamento de Petén no existen elementos que regulen tanto el voltaje, la corriente, potencia y el factor de potencia, el servicio es muy deficiente y pobre en calidad de energía y sumado a esto, el crecimiento exponencial de carga que ha tenido el CUDEP en los últimos años, esto podría causar sobrecargas, deterioro tanto de aislamiento en conductores como lo hemos visto, daños a los equipos de laboratorio, disparos de los dispositivos de protección, etc.

7. EVALUACIÓN DE LA INCOPORACIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN AL MERCADO MAYORISTAS

Los requisitos para participar la Asociación de Mercado de Mayoristas (AMM) son básicamente los siguientes:

- Una solicitud indicando que se desea incorporar al Mercado a Término (Se llama mercado a término aquél que está constituido por contratos entre Participantes de precios, cantidades y duración pactadas entre las partes), un contrato o modificación a algún contrato vigente.
- 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.
- 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 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 AMM, 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.
- 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.

Por los requisitos anteriormente establecidos, el Centro Universitario de Petén no lo muestran como un gran consumidor, pues ya que el consumo promedio es de 46.262 Kw mensual, además si el CUDEP decidiera participar en el AMM sería de mucha dificultad, pues ya que la empresa distribuidora de energía eléctrica en el departamento no cuenta con normas establecidas para esta función.

8. PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

Los planes de mantenimiento se hacen básicamente, con el fin de tener por el mayor tiempo posible en buen estado y funcionamiento las instalaciones eléctricas, pues ya que no hay un electricista encargado del mismo.

En el caso del Centro Universitario de Petén, lo principal sería capacitar al área respectiva o las personas que se encargaran del mantenimiento a las instalaciones:

- Evitando así, daños al personal que lo ejecuta sin ninguna preparación en el tema.
- Una mala ejecución del mantenimiento eléctrico y por lo tanto, gastos inesperados al aplicar su criterio.
- Mal uso y aplicación del equipo para realizarlo.

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN



<i>Descripción del trabajo a realizar</i>	<i>Procedimientos que aplican</i>	<i>Período</i>	<i>Fecha de realización</i>
Iluminación			
Limpieza y revision de lámparas de iluminación modulo 1y 2	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Quincenal</i>	_____
Limpieza y revision de lámparas de iluminación modulo 3	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Quincenal</i>	_____
Limpieza y revision de lámparas de iluminación modulo 4	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Quincenal</i>	_____
Limpieza y revision de lámparas de iluminación biblioteca	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Quincenal</i>	_____
Limpieza y revision de lámparas de iluminación administración	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Quincenal</i>	_____
Limpieza y revision de lámparas de iluminación otros (cancha, iluminación exterior, etc)	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar lámparas en mal estado y revisar conexiones internas	<i>Mensual</i>	_____

Protecciones Eléctricas

Limpieza y revision de tablero principal	Limpiarlo interior y exteriormente, medición de fusibles, voltaje de entrada 208Y/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	
Limpieza y revision de tablero A	Limpiarlo interior y exteriormente, prueba de disparo de flipones, medición de voltaje de entrada 208/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	<hr/>
Limpieza y revision de tablero B	Limpiarlo interior y exteriormente, prueba de disparo de flipones, medición de voltaje de entrada 208/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	<hr/>
Limpieza y revision de tablero C	Limpiarlo interior y exteriormente, prueba de disparo de flipones, medición de voltaje de entrada 208/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	<hr/>
Limpieza y revision de tablero D	Limpiarlo interior y exteriormente, prueba de disparo de flipones, medición de voltaje de entrada 208/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	<hr/>
Limpieza y revision de tablero E	Limpiarlo interior y exteriormente, prueba de disparo de flipones, medición de voltaje de entrada 208/120 VAC y corriente por fase.	<i>Mensual</i>	<hr/>

Componentes Eléctricos

Limpieza y revision de interruptores y tomacorrientes modulo 1 y 2	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en tomacorrientes	<i>Quincenal</i>	<hr/>
Limpieza y revision de interruptores y tomacorrientes modulo 3	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en tomacorrientes	<i>Mensual</i>	<hr/>

Limpieza y revision de interruptores y tomacorrientes modulo 4	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en tomacorrientes	<i>Mensual</i>	<hr/>
Limpieza y revision de interruptores y tomacorrientes biblioteca	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en tomacorrientes	<i>Quincenal</i>	<hr/>
Limpieza y revisión interruptores y de tomacorrientes administración	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en tomacorrientes	<i>Quincenal</i>	<hr/>

Observaciones

Persona encargada de la ejecución del mantenimiento: _____

CONCLUSIONES

1. Las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas del CUDEP, no son las adecuadas para el buen funcionamiento, tanto de conductores eléctricos como de los accesorios que las componen. Debido al uso de los edificios es necesario la reestructuración de sus circuitos de iluminación y fuerza.
2. Es necesario reestructurar la distribución de luminarias, tanto de áreas internas como externas, según la utilización de cada módulo, además de redimensionar los calibres de conductores eléctricos de cada circuito e instituir el plan de mantenimiento eléctrico que consiste en mantenimiento preventivo y correctivo de manera periódica.
3. Con base a los resultados obtenidos y la comparación con los cálculos teóricos, se determina que es necesario redimensionar tuberías, protecciones termomagnéticas, conductores eléctricos, etc. para cumplir con la demanda actual de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Elaborar una planificación de los cambios propuestos en los circuitos eléctricos, estableciendo prioridades, adaptándolos presupuesto asignado para su implementación.
2. Llevar a cabo un plan de mantenimiento y operación de los circuitos eléctricos acorde a un presupuesto asignado
3. Considerar cualquier cambio de cargas eléctricas de tamaño considerable, pues afectará el funcionamiento adecuado de los circuitos involucrados.

BIBLIOGRAFÍA


1. Edminister, Joseph A. **Circuitos eléctricos**. Editorial Limusa. Tercera edición, 1998. 569 pp.
2. Harper, Enrique Gilberto. **El ABC de las instalaciones eléctricas**. Editorial Limusa. Tercera edición, 1994.
3. Koenisberger, Rodolfo. **Instalaciones eléctricas**. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1982.
4. Méndez, Luis. **Guía para el manual de las instalaciones eléctricas**. Facultad de Ingeniería, 2000.
5. Stevenson, William D. y Grainger, John J. **Análisis de sistemas eléctricos de potencia**. Editorial McGraw-Hill. Primera edición, 1996. 740 pp.

ANEXOS

ANEXO A

Niveles de coeficiente de utilización y factor de mantenimiento

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

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

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

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas.

Niveles de reflexión de colores

	Color	Factor de reflexión (%)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas.

Niveles de factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: Carlos Arriaga, Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas.

ANEXO B

Impedancias de los conductores

Calibre AWG o MCM	Conductor de cobre						Conductor de aluminio					
	Tubería magnética			Tubería no magnética			Tubería magnética			Tubería no magnética		
	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z
14	.131	.070	.313	.313	.006	.131	--	--	--	--	--	--
12	.196	.089	.196	.196	.005	.196	--	--	--	--	--	--
10	.123	.067	.123	.123	.005	.123	--	--	--	--	--	--
8	.078	.066	.079	.079	.005	.079	--	--	--	--	--	--
6	.049	.065	.049	.049	.005	.049	.083	.005	.063	.063	.004	.063
4	.031	.005	.032	.031	.004	.032	.053	.005	.053	.053	.004	.053
2	.020	.005	.021	.020	.004	.029	.033	.004	.031	.033	.004	.034
1	.016	.005	.017	.016	.004	.016	.027	.004	.027	.027	.003	.027
1/0	.013	.005	.013	.012	.004	.013	.021	.004	.021	.027	.003	.021
2/0	.010	.005	.011	.010	.004	.011	.017	.004	.021	.017	.003	.017
3/0	.008	.005	.009	.009	.004	.009	.014	.004	.011	.014	.003	.014
4/0	.007	.004	.008	.007	.003	.007	.011	.004	.011	.011	.003	.011
250	.005	.004	.007	.005	.003	.007	.009	.004	.009	.009	.003	.010
300	.005	.004	.007	.005	.003	.006	.009	.004	.008	.008	.003	.009
350	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.006	.004	.007	.007	.003	.007
400	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.005	.003	.006	.006	.003	.007
450	.003	.004	.006	.003	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.006
500	.003	.004	.005	.002	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.005
600	.002	.004	.005	.002	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.003	.005

Luis Méndez, Guía para el manual de las instalaciones eléctricas

