



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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO
CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA**

Juan Pablo Morales Castellanos
Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN PABLO MORALES CASTELLANOS
ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 4 de octubre de 2017.

Juan Pablo Morales Castellanos

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 23 de febrero de 2021.
Ref.EPS.DOC.67.02.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Pablo Morales Castellanos** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **201222586** y CUI **2226 11774 1401**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA”**.

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”

Una firma manuscrita en tinta negra que parece decir 'Kenneth Estrada Ruiz', con una línea horizontal que cruza la firma.

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

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 23 de febrero de 2021.
Ref.EPS.D.40.02.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Juan Pablo Morales Castellanos**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz.

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 - Supervisor de EPS, 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"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA



REF. EIME 111. 2021.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JUAN PABLO MORALES CASTELLANOS titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing.  Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 3 DE AGOSTO 2,021.

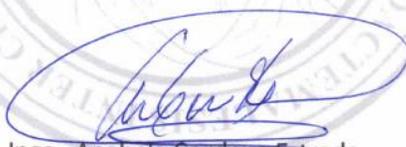


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 – 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 607-2021

La Decana 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: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO CULTURAL REAL PALACIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Pablo Morales Castellanos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Por ser ejemplo de esfuerzo y dedicación, por todos sus sacrificios hechos para darme la oportunidad de alcanzar esta meta, que esto sea una recompensa hacia todos sus esfuerzos.

Mi esposa

Por ser la fuerza que y el motor para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi madre

Ana Castellanos, por darme la vida, cuidarme, confiar en mí, por todos sus sacrificios, buenos ejemplos y amor, eternamente agradecido.

Mi padre

William Morales, por ser ejemplo de trabajo, esfuerzo y dedicación, por sus buenos consejos y ayudarme a ser una mejor persona, eternamente agradecido.

Mis amigos

Por toda la ayuda que me han brindado siempre tanto en lo académico como en lo personal.

Mi asesor

Kenneth Estrada, por su valiosa asesoría en todo el desarrollo del presente trabajo, mi mayor gratitud y respeto por todo el apoyo brindado

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
1. GENERALIDADES REAL PALACIO DE LOS CAPITANES	
GENERALES	1
1.1. Historia	1
1.2. Misión	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Estructura	3
1.5. Organigrama.....	4
2. GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	5
2.1. Instalación eléctrica	5
2.2. Tipos de instalaciones eléctricas	6
2.2.1. Alta tensión	6
2.2.2. Media tensión	6
2.2.3. Baja tensión	8
2.3. Temporalidad.....	9
2.3.1. Permanentes	9
2.3.2. Temporales.....	10
2.4. Instalaciones.....	11
2.4.1. Instalaciones eléctricas domiciliarias	11

2.4.2.	Instalaciones eléctricas comerciales	12
2.4.3.	Instalaciones eléctricas industriales	14
2.5.	Componentes de una instalación eléctrica.....	15
2.6.	Acometida eléctrica	15
2.6.1.	Tipos de acometida eléctrica.....	15
2.7.	Sistemas de acometidas en secundario.....	17
2.7.1.	Sistema monofásico 120/240 voltios 1 fase 3 alambres.....	18
2.7.2.	Sistema trifásico 120/208 voltios 2 fases 3 alambres.....	18
2.7.3.	Sistema delta con fase motriz120/240 voltios 3 fases 4 alambres	19
2.7.4.	Servicio eléctrico de edificios comerciales 120/208 voltios 3 fases 4 alambres	20
2.7.5.	Delta trifásico normal 240/480 voltios 3 fases 4 alambres.....	21
2.8.	Banco de transformadores	22
2.9.	Flipon principal	24
2.10.	Centro de carga o gabinete de distribución.....	25
2.11.	Tubería eléctrica	26
2.11.1.	Tubería EMT	26
2.11.2.	Tubería flexible.....	27
2.12.	Número máximo de cables por tubería	28
2.13.	Cajas y accesorios	30
2.14.	Conductores eléctricos.....	35
2.15.	Calibre del conductor eléctrico	37
2.15.1.	Capacidad de conducción de corriente eléctrica	37
2.15.2.	Tamaño del conductor.....	38
2.16.	Selección de conductores	39

2.16.1.	Cálculo de caída de voltaje.....	39
2.17.	Tipos de aislamiento.....	44
2.17.1.	Aislamiento termoplástico.....	44
2.18.	Aislamiento termoestable.....	45
2.19.	Dispositivos de protección.....	45
2.20.	Tableros eléctricos.....	49
2.21.	Interruptores o apagadores.....	51
2.22.	Lámparas y luminarias.....	51
2.23.	Cálculo de luminarias.....	53
2.23.1.	Método de lumen.....	54
2.24.	Método punto a punto.....	58
2.25.	Tomacorrientes.....	61
2.26.	Sistemas de puesta a tierra.....	62
2.27.	Sistema de pararrayos.....	63
2.28.	Cargas especiales.....	65
2.29.	Diagramas unifilares.....	65
2.30.	Mantenimiento en instalaciones eléctricas.....	66
2.31.	Instrumentos de medición.....	68
2.31.1.	Equipo de calidad de energía.....	68
2.32.	Cámara termográfica.....	69
2.33.	Multímetro.....	70
2.34.	Amperímetro de gancho.....	71
2.35.	<i>Megger</i>	72
2.36.	Normas técnicas eléctricas.....	74
2.36.1.	Normas ANSI e IEC.....	74
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	77
3.1.	Delimitación del campo de estudio.....	77
3.2.	Recursos humanos disponibles.....	77

3.3.	Recursos materiales disponibles.....	77
3.4.	Modelo teórico para las plantillas de cálculo de las instalaciones eléctricas	78
3.4.1.	Luminarias.....	78
3.4.2.	Tableros	78
3.4.3.	Cálculo de conductores por caída de tensión.....	80
3.4.4.	Cálculo de conductores por ampacidad	80
3.4.5.	Tuberías	81
4.	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	83
4.1.	Generalidades.....	83
4.2.	Descripción del edificio.....	84
4.3.	Medidores	85
4.4.	Acometida eléctrica	86
4.5.	Tableros de distribución y protecciones	87
4.5.1.	Canalización y cajas de registro.....	90
4.6.	Conductores.....	92
4.7.	Sistema de iluminación	92
4.8.	Prueba de disparo	93
4.9.	Sobrecarga.....	94
4.10.	Capacidad de cortocircuito.....	94
4.11.	Puesta a tierra.....	94
4.12.	Apartarrayos.....	95
4.13.	Supresor de transientes	96
4.14.	Medición y análisis de consumos.....	96
4.15.	Calidad de energía.....	96
4.16.	Análisis de corrientes	98
4.17.	Análisis de voltaje	100

4.18.	Análisis de factor de potencia.....	101
4.19.	Mediciones térmicas.....	101
5.	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	103
5.1.	Selección del calibre del conductor	103
5.2.	Cálculo de conductores por regulación	103
5.3.	Cálculo por la capacidad de conducción de corriente	105
5.4.	Cálculo de protecciones	108
5.5.	Cálculo tablero.....	108
5.6.	Número de conductores en tubería	109
5.7.	Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre	110
5.8.	Iluminación	112
5.9.	Pararrayos.....	114
5.10.	Supresores de transientes.....	115
5.11.	Cálculos matemáticos de las instalaciones eléctricas del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.....	116
5.12.	Cálculo de conductores	116
5.13.	Circuitos de fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos de fuerza C1, C2, D1, D2 acometida Segundo nivel tableros de distribución C,D.	117
5.14.	Circuitos fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos fuerza C3, C4, D3, D4 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D.	118
5.15.	Circuitos de iluminación A5, A6, B5, B6, C5, C6, C7, D5, D6, D7, D8 de acometida primer nivel y acometida segundo	

	nivel. tableros secundarios de distribución de acometidas A, B, C, D.....	120
5.16.	Cálculo de protecciones de cada circuito	131
	5.16.1. Cálculo de tableros de distribución.....	131
5.17.	Tablero secundario A	135
5.18.	Tablero secundario B	137
	5.18.1. Tablero principal TP 2	141
5.19.	Tablero secundario C	143
5.20.	Tablero secundario D	145
5.21.	Sistema de tierras	148
5.22.	Supresores de transientes	150
6.	DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES	151
6.1.	Diagrama unifilar acometidas Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	151
7.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	153
7.1.	Criterios básicos.....	153
	7.1.1. Descripción de sistema eléctrico	153
	7.1.2. Mantenimiento del sistema eléctrico	153
	7.1.2.1. Técnicas de manejo	154
7.2.	Localización de fallas	155
7.3.	Contactos defectuosos.....	155
7.4.	Técnicas de mantenimiento y conservación.....	157
7.5.	Pautas generales para el mantenimiento	157
7.6.	Mantenimiento de alumbrado y de interruptores	158
7.7.	Mantenimiento de tomacorrientes	158
7.8.	Revisión de circuitos	159
7.9.	Programa de mantenimiento	159

CONCLUSIONES	163
RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFIA.....	167
APÉNDICES	169
ANEXOS	185

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama actual.....	4
2.	Instalación eléctrica en industria	5
3.	Instalación en entrada de servicio en media tensión, voltaje nominal 13 200 VAC.....	7
4.	Cuadro control eléctrico baja tensión, alimentación 240 voltios AC	8
5.	Instalación permanente, panel de servicio y distribución	9
6.	Generador para alimentación provisional en construcción.....	10
7.	Instalación residencial, centro de carga para distribución	12
8.	Instalación comercial, entrada de alimentación de servicio.....	13
9.	Instalación industrial, anillo interno de media tensión	14
10.	Acometida trifásica, medición primaria en 13 800 voltios AC.....	16
11.	Acometida monofásica, medición secundaria 120/240 voltios AC	17
12.	Esquema de conexión sistema monofásico 120/240 voltios AC	18
13.	Diagrama de sistema trifásico 240 voltios AC delta con fase motriz	20
14.	Diagrama de sistema trifásico 120/208 v AC estrella con neutro	21
15.	Diagrama de sistema trifásico 240/480 voltios AC delta con neutro	22
16.	Banco de transformadores de 225 KVA.....	23
17.	Flipon principal, línea general de	24
18.	Centro carga	25
19.	Tubería eléctrica	26
20.	Tubo EMT	27
21.	Tubo flexible.....	28
22.	Cajas de conexiones.....	30

23.	Acoplamientos	31
24.	Conectores	32
25.	Abrazadera Struth.....	33
26.	Codos conduit.....	34
27.	Cuerpos condulet.....	35
28.	Conductor eléctrico	36
29.	Fusible, 13 amperios.....	46
30.	Disyuntor eléctrico	47
31.	Protector contra sobretensiones	48
32.	Pararrayo	49
33.	Tablero eléctrico	50
34.	Apagador eléctrico	51
35.	Tipos de lámparas	53
36.	Tomacorriente.....	62
37.	Sistema de puesta a tierra	63
38.	Sistema de pararrayos.....	65
39.	Ejemplo diagrama unifilar	66
40.	Medidor de calidad de energía	69
41.	Cámara termográfica	70
42.	Multímetro.....	71
43.	Amperímetro gancho	72
44.	Megger	73
45.	Plantilla para cálculo de conductores por caída de tensión	80
46.	Plantilla cálculo de canalización de conductores	82
47.	Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	84
48.	Ubicación del Real Palacio de los Capitanes.....	85
49.	Cajas tipo <i>socket</i> en acometidas Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	86
50.	Acometida eléctrica Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	87

51.	Flipon principal 1	88
52.	Flipon principal acometida 2.....	88
53.	Tableros de distribución secundarios	89
54.	Tableros de distribución secundarios bloqueados con estanterías	90
55.	Cajas de registro	91
56.	Conductores de circuitos de distribución del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.....	92
57.	Iluminación Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	93
58.	Centro de carga sin conexión a tierra del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.....	95
59.	AEMC PEL 105	97
60.	Toma de muestras con equipo AEMC PEL 105 en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	99
61.	Niveles de corriente hora diaria.....	99
62.	Toma de voltajes con equipo AEMC PEL 105 en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes	100
63.	Niveles de voltaje hora diaria	101
64.	Fotografía térmica de tableros de distribución	102
65.	Cálculo de conductor por caída de tensión de los circuitos de Fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos Fuerza C1, C2, D1, D2 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D.....	117
66.	Cálculo de conductor por caída de tensión Fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer Nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos fuerza C3, C4, D3, D4 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D	119
67.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito A5.....	121
68.	Cálculo de conductor por caída de tensión del circuito A6.....	121
69.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito B5.....	122

70.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito B6	122
71.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C5	123
72.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C6	123
73.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C7	124
74.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D5	124
75.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D6	125
76.	Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D7	125
77.	Cálculo de conductores de tablero de distribución principal TP1 por el método de caída de voltaje	134
78.	Cálculo de conductores de tablero de distribución TP1 por el método de ampacidad	134
79.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario A	135
80.	Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria A	136
81.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario B	138
82.	Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria B	139
83.	Cálculo de conductores de alimentación del tablero principal TP2 por el método de caída de tensión.....	142
84.	Cálculo de canalización de conductores de alimentación del tablero principal TP2.....	142
85.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario C	143
86.	Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria C	144
87.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario D	146

88.	Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria D	147
89.	Varilla química kit, capacidad: hasta 600 A. Altura: 78 cm.....	149
90.	Diagrama unifilar acometida 1.....	151
91.	Diagrama unifilar de la instalación eléctrica en la acometida 2.....	152

TABLAS

I.	Número de conductores por tamaño de conduit	29
II.	Factor de derrateo en conductores agrupados	39
III.	Ecuaciones para cálculo de conductor por caída de tensión	40
IV.	Conductividad del material según temperatura	41
V.	Ecuaciones para cálculo de conductor por caída de tensión	42
VI.	Levantamiento de luminarias	78
VII.	Plantilla de diseño de tableros de distribución	79
VIII.	Plantilla cálculo de conductores por ampacidad	81
IX.	Ampacidad de conductores.....	107
X.	Número de conductores de acuerdo al diámetro de tubería	110
XI.	Área para conductores TW o THW	112
XII.	Cálculo de conductores por ampacidad de los circuitos de fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer Nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos fuerza C1, C2, D1, D2 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D	118
XIII.	Cálculo de conductores por ampacidad de los circuitos de fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos fuerza C3, C4, D3, D4 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D	119

XIV.	Circuitos de iluminación A5, A6, B5, B6, C5, C6, C7, D5, D6, D7 de los tableros secundarios de distribución A, B, C, D de acometida 1 y 2 del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.....	120
XV.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito A5.....	126
XVI.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito A6.....	126
XVII.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito B5.....	127
XVIII.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito B6.....	127
XIX.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito C5.....	128
XX.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito C6.....	128
XXI.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito C7.....	129
XXII.	Cálculo de conductor por ampacidad Circuito D5.....	129
XXIII.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito D6.....	130
XXIV.	Cálculo de conductor por ampacidad circuito D7.....	130
XXV.	Característica tablero de distribución tipo NLAB.....	132
XXVI.	Tablero de distribución principal TP1.....	133
XXVII.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario A.....	136
XXVIII.	Tablero de distribución A.....	137
XXIX.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario B.....	138
XXX.	Tablero de distribución B.....	140
XXXI.	Tablero de distribución principal TP2.....	141
XXXII.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario C.....	143
XXXIII.	Tablero de distribución C.....	145
XXXIV.	Cálculo de conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario D.....	146
XXXV.	Tablero de distribución D.....	148
XXXVI.	Programa de mantenimiento.....	160

XXXVII. Propuesta para sistema basico de mantenimietno..... 161

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Φ	Ángulo formado del desfase entre los valores Efectivos de voltaje y corriente
NEC	Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos de Norte América
Fp	Factor de potencia
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
THW	Material termoplástico resistente al calor y Humedad
AZ	Nivel azoteca
Q	Quetzales

GLOSARIO

Acometida	Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega, estas pueden ser aéreas o subterráneas, según sean los requerimientos.
Altura de montaje	Distancia desde la parte inferior del aplique al suelo o el plano de trabajo, en función del uso previsto.
Amperios	Medida de corriente eléctrica. En las lámparas incandescentes, la corriente está relacionada con el voltaje y la potencia de la siguiente forma: vatios (potencia) = voltios x amperios (corriente).
Apartarrayos	Dispositivo de protección que limita las sobretensiones transitorias en los circuitos y equipos eléctricos, descargando las posibles sobre corriente debidas a un rayo a tierra.
Arco	Término general utilizado para una descarga eléctrica de intensidad alta producida entre dos electrodos en un medio gaseoso, normalmente acompañada por la generación de calor y la emisión de luz.

Balastro	Pieza auxiliar del equipo necesaria para encender y controlar correctamente el flujo de la corriente a las fuentes de luz por descarga de gas, como las lámparas y las de descarga de alta intensidad.
Base o zócalo	El zócalo es el receptáculo conectado al suministro eléctrico; la base es el extremo de la lámpara que ajusta en el zócalo.
Consumo	Cantidad de energía eléctrica utilizada por una instalación durante un tiempo determinado.
Demanda	Suma total de la carga y las pérdidas de potencia correspondientes en un instante determinado de un cliente o usuario, sector de usuarios o un sistema en su totalidad.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
Empalme	La conexión de un cable a otro de manera que la conductividad y el aislamiento en la unión sean de la misma calidad que la de los cables que intervienen.
Energía	La capacidad de un sistema para realizar un trabajo, es medida en kilovatios, la energía lleva implícita la variable tiempo y se mide en kilovatios por hora y la potencia demanda en kilovatios, kW.

Factor de potencia	Relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa.
<i>Flicker</i>	Fenómeno de variación de la intensidad luminosa que afecta la visión humana
Flipon	Interruptor termomagnético que está diseñado para protección de cortocircuitos y sobrecargas de un circuito eléctrico, desempeña funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento.
Iluminación	Cantidad de luz que alcanza un área unitaria de superficie, se mide en luxes.
Instituto Nacional Americano de Estándares ANSI y Códigos ANSI	Organización basada en el consenso que coordina estándares voluntarios para las características tanto físicos, eléctricos y de rendimiento de lámparas, balastos, balastos, luminarias y otro equipo de iluminación eléctrico.
Interruptor	Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.
NTSD	Norma técnica del servicio de distribución, publicada por la CNEE.

Ohm	Unidad de medida de la resistencia eléctrica.
Red eléctrica	Interconexión de dispositivos que transportan la energía.
Tablero	Un panel o paneles individuales en donde se incluyen barras, dispositivos de protección contra sobre corrientes e interruptores, para controlar circuitos eléctricos u otras cargas.
Vatio	Unidad de medida de la potencia eléctrica, W.

RESUMEN

Se llevó a cabo el rediseño de las instalaciones eléctricas del Real Palacio de los Capitanes Generales mediante el levantamiento en campo, diagnóstico del estado actual y su contraste con los cálculos de dimensionamiento teórico, además se propone una estructura para programa de mantenimiento de las instalaciones en cuestión.

Se efectuó la caracterización de cargas teniendo respectivamente circuitos fuerza, luminarias y circuitos especiales, adicionalmente se ilustran los elementos de protección, soporte y conducción de las instalaciones, todo mediante levantamiento en sitio. Se incluye también el análisis de los conductores de cada circuito, ilustrándose tanto su nivel de tensión como su ampacidad.

Toda la información de campo es sometida a análisis y se contrasta con cálculos teóricos. Cada uno de los cálculos teóricos en el presente trabajo fue realizado acorde a criterios de ingeniería, brindando como resultado el planteo de las posibles opciones para dar soluciones a las problemáticas halladas.

OBJETIVOS

General

Diagnosticar y rediseñar las instalaciones eléctricas del Edificio Real Palacio de los Capitanes Generales, Antigua Guatemala, Guatemala.

Específicos

1. Estructurar un manual técnico de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
2. Realizar los diagramas unifilares de la instalación eléctrica.
3. Ver el comportamiento eléctrico a través de un estudio eléctrico.
4. Actualizar la tecnología utilizada en las instalaciones eléctricas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad poder garantizar la correcta distribución de energía mediante instalaciones eléctricas que cumplan con normativas de seguridad y eficiencia es fundamental en las actividades diarias, tanto residenciales y comercial como industriales

El edificio Real Palacio de los Capitanes Generales es de los monumentos históricos de mayor abolengo para la ciudad de Antigua Guatemala, tanto que a lo largo de la historia ha sido objeto de preservación y mejoramiento. Uno de los puntos críticos para tener en cuenta es el diseño de las instalaciones eléctricas del suministro eléctrico, ya que, siendo este monumento crítico, se hace necesario tener la certeza de que el suministro eléctrico se distribuirá de forma segura y que el diseño eléctrico está basado en normativas para prevenir siniestros.

Con base en esto, se realizará el diagnóstico y rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio Real Palacio de los Capitanes Generales en Antigua Guatemala, esto mediante la comparación de las instalaciones actuales en contraposición a los cálculos teóricos de ingeniería, y adicionalmente se planteará un manual para el mantenimiento de las mismas.

1. GENERALIDADES REAL PALACIO DE LOS CAPITANES GENERALES

1.1. Historia

El Real Palacio de Los Capitanes Generales está ubicado en el departamento de Sacatepéquez, específicamente forma parte de La Antigua Guatemala, Patrimonio de la Humanidad desde el año 1984 y Patrimonio Nacional a partir del año 1969.

Fue construido en el perímetro de la vivienda del Obispo Francisco Marroquín, derivado de la venta de la residencia a la Real Audiencia corriendo el año 1549.

En el siglo XVII, el aumento en la actividad sísmica provocó varios daños al Real Palacio ya que al ser una edificación compuesta sufrió de sobre manera las fuerzas. En este mismo periodo se llevaron a cabo obras de aboengo en el Real Palacio ayudaron a hacer mejor la construcción, acentuando la cara a la Plaza Mayor.

En el siglo XVIII tres grandes terremotos provocaron destrucción sin precedentes en la ciudad, por lo que el edificio sufrió modificaciones más pronunciadas posteriormente.

Corriendo el año 1850 se realiza la reconstrucción de muchas edificaciones de La Antigua Guatemala. En esta época se reconstruyó el portal

del Real Palacio, poniendo énfasis a la sección oeste que estaba más destruida.

Para el año 1936 fue declarado sede de la Gobernación por el presidente Jorge Ubico.

El progreso en los últimos años ha demandado el desarrollo de industrias comerciales y hoteleras siendo estos los principales factores que afectan a la ciudad en términos de un adecuado manejo integral.

El Real Palacio ha seguido con su tendencia histórica sido objeto de intervención para conservación y recuperación. Actualmente se ha creado un Plan de Gestión, propuesto para cumplir con los requisitos de las pautas propias de la edificación y de su aptitud para dar lugar como Centro Cultural de la Ciudad. Este plan está en desarrollo, gestionándose mediante el Ministerio de Cultura y Deportes a través del Viceministerio del Patrimonio Cultural y Natural.

1.2. Misión

Promover y difundir la cultura y las artes de La Antigua Guatemala, propiciando de un espacio de encuentro y convivencia, para la promoción, capacitación y formación cultural de alta calidad a las generaciones presentes y futuras de la ciudad de La Antigua y sus alrededores y para el disfrute y desarrollo humano y espiritual de residentes locales y visitantes.

1.3. Visión

Ser ícono histórico patrimonial en óptimas condiciones de conservación, que alberga al Centro Cultural y Museo de Santiago de los Caballeros,

promoviendo, asimismo, la conservación y desarrollo de las expresiones artísticas y culturales, locales, nacionales y regionales, ilustrando la historia local desde la época prehispánica, colonial y contemporánea.

1.4. Estructura

A continuación, se realiza la descripción del Ministerio de cultura y deportes:

Ministerio de Cultura y Deportes: ente nacional con ámbito de acción nacional, tiene injerencia directa en la ciudad por ser declarada patrimonio de la humanidad y patrimonio nacional.

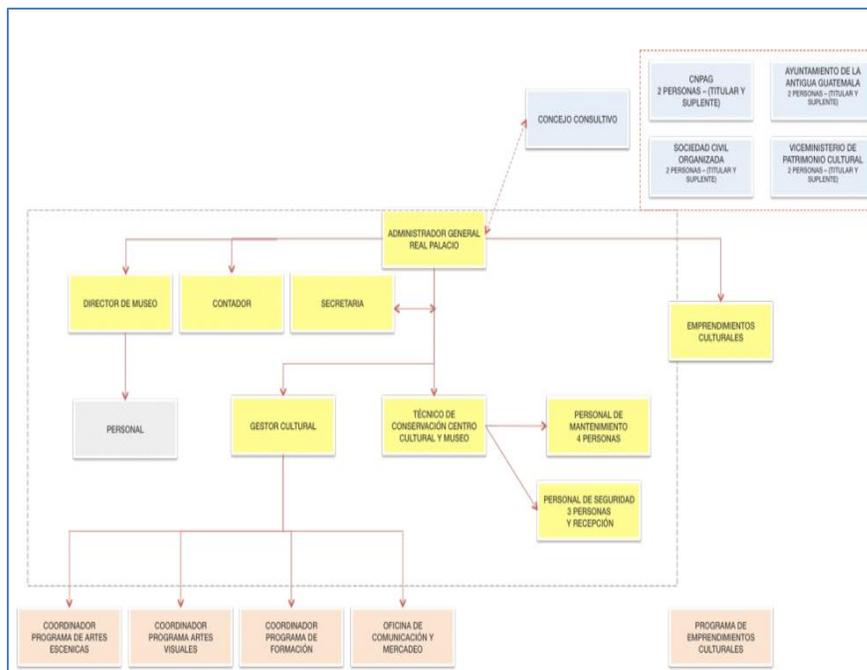
Ayuntamiento de La Antigua Guatemala: ente encargado de la gestión y operación del municipio de La Antigua Guatemala, funge como concentración primaria para adecuación del territorio y participación ciudadana en los asuntos públicos. Es una institución creada para promover y cuidar el bien común.

Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala: Asociación nacional con participación local, se encarga de la preservación y conservación de los bienes que se establezcan en La Antigua Guatemala, así como de sus áreas aledañas. incentiva acción para fomentar el conocimiento en valorización del patrimonio cultural de la ciudad de La Antigua Guatemala, involucrando en esta misión a los lugareños logrando así conciencia de valor al patrimonio. Se crea tras el decreto 60-69 o Ley Protectora de la Ciudad de La Antigua.

1.5. Organigrama

Actualmente el Ministerio de Cultura y Deportes mediante la participación del Viceministerio de Patrimonio Cultural y Natural, se encuentra diseñando la versión final del organigrama del equipo administrativo del Centro Cultural, esto adiciona diversas dificultades en la implementación

Figura 1. Organigrama actual



Fuente: *Organigrama actual*. <https://cnpag.com/quienes-somos.html>. Consulta: 28 de mayo de 2020.

2. GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. Instalación eléctrica

Una instalación eléctrica es el conjunto de conductores, equipos, materiales y máquinas que conforman las redes eléctricas cumpliendo como objetivo primordial distribuir y trasladar la potencia eléctrica hasta el lugar de su utilización.

Figura 2. **Instalación eléctrica en industria**



Fuente: Distun Guatemala.

2.2. Tipos de instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas pueden ser clasificadas según su temporalidad, su nivel de voltaje o según su uso.

2.2.1. Alta tensión

En general una instalación de alto voltaje es un grupo de elementos de equipos eléctricos conectados permanentemente que puede suministrar electricidad, de una entidad eléctrica o de una fuente generadora, voltajes superiores a 1 000 voltios AC RMS o 1 500 voltios CC sin ondulaciones.

Las instalaciones de alto voltaje requieren un mantenimiento continuo planificado y, a menudo, están diseñadas como parte del sistema de transmisión de electricidad a gran escala.

En Guatemala los niveles de alta tensión que establece la Ley General de la Electricidad en su acuerdo gubernativo N° 256-97, es todo aquel nivel de tensión que supere los 60 000 voltios, siendo las aplicaciones más comunes líneas de transmisión eléctrica y subestaciones transformadoras con una clasificación de voltaje de 69 000, 138 000 y 230 000 voltios AC.

2.2.2. Media tensión

Media tensión: el término media tensión se usa comúnmente para sistemas de distribución con voltajes superiores a 1 000 voltios ac o 1 500 voltios cc y generalmente se aplica hasta los 52 000 voltios ac, sin embargo, por razones técnicas y económicas, la tensión de servicio de las redes de distribución de media tensión rara vez supera los 35 000 voltios ac.

En Guatemala los niveles de alta tensión que establece la Ley General de la electricidad en su acuerdo gubernativo NMERO 256-97, es todo aquel nivel de tensión que supere los 1 000 voltios AC y sea menor a los 69 000 voltios AC, siendo las aplicaciones más comunes líneas de distribución eléctrica, entradas de servicio subestaciones transformadoras operando dentro de una clasificación de voltaje de 35 000 y 15 000 voltios AC, sin embargo, este nivel de tensión es utilizado también en líneas de alimentación para industria pesada, como ingenios azucareros, petroleras y explotación minera, en una clasificación de tensión de 5 000 voltios AC.

Figura 3. **Instalación en entrada de servicio en media tensión, voltaje nominal 13 200 VAC**



Fuente: edificio Micoope Huehuetenango, Guatemala.

2.2.3. Baja tensión

El bajo voltaje tiene múltiples significados en el mundo eléctrico y electrónico. Una regla general es que cualquier cosa por debajo de 600 voltios AC o DC se considera de bajo voltaje. Este nivel de voltaje es el más conocido en el uso cotidiano ya que se utiliza para suministrar energía directamente a los sistemas de distribución comerciales, industriales y residenciales.

Ley General de la Electricidad para Guatemala define en su acuerdo gubernativo N° 256-97, baja tensión como un nivel de tensión igual o menor a 1 000 voltios AC. Las clases de tensión varían de acuerdo con la aplicación y el tipo de instalación a alimentar, en el ramo industrial son comunes valores de tensión de 480 y 600 voltios AC para el suministro de potencia y valores de 24, 48, 250 voltios CC para circuitos de control e instrumentación

En el caso de los sistemas comerciales y residenciales, valores de tensión de 120/240, 120/208 voltios AC.

Figura 4. **Cuadro de control eléctrico en baja tensión, alimentación 240 voltios AC**



Fuente: empresa Alimentos Maravilla.

2.3. Temporalidad

Las instalaciones eléctricas pueden clasificarse según su temporalidad en dos grupos, instalaciones temporales e instalaciones permanentes.

2.3.1. Permanentes

Una instalación eléctrica permanente se diseña con el propósito de suministrar energía eléctrica por un periodo indefinido de tiempo sin intención de ser eliminada luego de cumplir una función particular definida. Estas instalaciones son utilizadas para suplir comercios, residencias e industria en donde se espera las cargas eléctricas y los puntos de alimentación se mantengan en el tiempo. Algunas cargas típicas son motores para líneas de producción, circuitos de iluminación y fuerza, paneles de distribución de servicio y centros de control de motores.

Figura 5. Instalación permanente, panel de servicio y distribución



Fuente: empresa Industrias KENT.

2.3.2. Temporales

Una instalación eléctrica temporal es diseñada para un propósito particular y será eliminada cuando cumpla su propósito. Ese propósito puede ser un concierto único, una filmación, una pista de hielo en invierno o un festival de verano. No hay un período definido de cuánto tiempo vuelve una instalación temporal, más bien se refiere a toda aquella instalación que no será permanente. Las cargas típicas para estos servicios son máquinas de soldar, herramientas eléctricas y dispositivos de construcción similares.

Figura 6. **Generador para alimentación provisional en construcción**



Fuente: FILON, Alexander. *Jade Learning*. <https://www.jadelearning.com/blog/grounding-requirements-for-portable-generators/>. Consulta: 28 de mayo de 2020.

2.4. Instalaciones

Por su uso pueden clasificarse en instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales

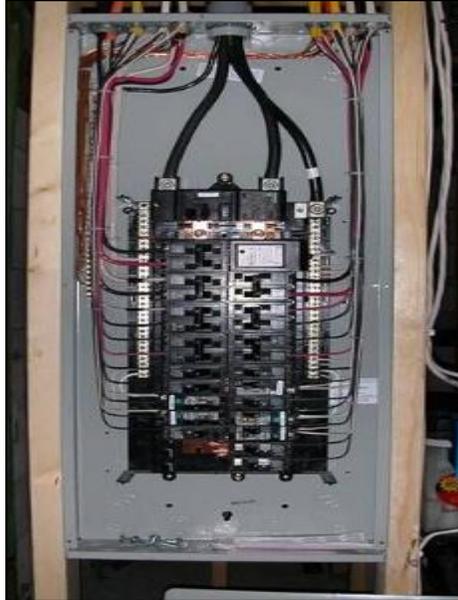
2.4.1. Instalaciones eléctricas domiciliarias

Se refiere a instalaciones eléctricas para suministrar energía a locales diseñados y construidos para vivienda privada. En este tipo de instalaciones cableado delgado y estrecho está encerrado en un revestimiento de plástico. Este revestimiento se utiliza para proteger los cables y las áreas circundantes porque generalmente está más expuesto a las personas y al medio ambiente. Está integrado en espacios abiertos, donde cualquier persona tiene acceso a él.

Las construcciones residenciales utilizan regularmente energía monofásica, que consiste en energía suministrada con un nivel de tensión de 120 voltios AC, proporcionando tres cables: una línea energizada, un neutro y una tierra física. Sin embargo, algunos electrodomésticos más exigentes, como refrigeradores, secadoras o aires acondicionados, es necesario el suministro de un sistema monofásico de 240 voltios AC.

En Guatemala la clasificación residencial se hace abajo de 11 kilowatts de potencia consumida y el suministro se basa en un sistema monofásica con derivación de tensión, siendo el nivel de tensión utilizado 120/240 voltios AC, proporcionando: dos líneas energizadas, un neutro y una tierra física.

Figura 7. **Instalación residencial, centro de carga para distribución**



Fuente: Edificio Soho, Colonia Santa Elisa II, zona 12 Guatemala.

2.4.2. Instalaciones eléctricas comerciales

Se refiere a instalaciones eléctricas para suministrar energía a construcciones diseñadas para operación comercial como condominios, comercios y proyectos verticales. En una instalación comercial, el cableado está contenido en conductos tipo tubo o en vigas del techo para protección y facilidad de paso. Debido a que las ubicaciones comerciales cambian con más frecuencia, el cableado generalmente se realiza en áreas donde es accesible el servicio.

El suministro normalmente utiliza un sistema trifásico, usualmente se utiliza una conexión de 120/208Y, 480/277Y y 240 delta voltios AC, esta distribución ayuda a que cada tramo opere con una carga de trabajo menor mientras se suministra más energía en total. Esto conduce a una mayor eficiencia en general y ayuda a que los equipos comerciales grandes duren más.

Debido a la gran demanda que se estos sistemas suplen, el cableado par aplicación comercia a menudo tiene más aislamiento y cuenta con recubrimiento para proteger el cableado eléctrico de gases y líquidos corrosivos.

En Guatemala el suministro de energía comercial se hace típicamente con un sistema trifásico en conexión estrella con un nivel de tensión de 120/208Y voltios AC.

Figura 8. **Instalación comercial, entrada de alimentación de servicio**



Fuente: Condominio El Paraíso, San Cristóbal, Guatemala.

2.4.3. Instalaciones eléctricas industriales

Se refiere a instalaciones eléctricas para suministrar locales diseñados y construidos para los procesos de fabricación y operaciones de procesamiento. Normalmente las plantas de fabricación e instalaciones de producción trabajan con maquinaria y sistemas eléctricos complejos, sensibles y costosos, además el consumo energético es bastante elevado.

El suministro en este tipo de instalaciones se hace mediante un sistema trifásico, la conexión y el nivel de tensión de servicio puede variar dependiendo la aplicación pueden hacerse distribuciones en baja, media y alta tensión dependiendo del caso.

En Guatemala los niveles de tensión más comunes para distribución industrial son 480 delta, 240 delta, 600 delta, 120/208Y, 480/77Y, 2,400/4,160Y, 7,620/13,200Y, entre otros.

Figura 9. **Instalación industrial, anillo interno de media tensión**



Fuente: empresa CBC La Mariposa.

2.5. Componentes de una instalación eléctrica

Para que una instalación eléctrica pueda llevar de forma eficiente y segura el suministro energético hasta el punto de utilización, es necesario que se integren varios componentes, tanto de alimentación, conducción, protección, soporte mecánico y calidad energética.

2.6. Acometida eléctrica

Es punto de conexión por donde ingresa la energía a la entrada de servicio. La entrada de servicio incluye el medidor eléctrico que mide la cantidad de energía entregada al hogar y el panel de servicio que alberga los interruptores o fusibles. El panel de servicio también es responsable de distribuir la energía a los diversos circuitos de la construcción.

2.6.1. Tipos de acometida eléctrica

La forma más común de acometida es con mediciones secundarias efectuados en el lado de baja tensión tanto para sistemas trifásico como para monofásicos, sin embargo, también existen acometidas de medición primaria, efectuadas en el lado de media tensión en sistemas trifásicos para aplicaciones industriales o comerciales en donde los consumos de energéticos son muy elevados y tiende a haber más pérdidas en el proceso de transformación.

Figura 10. **Acometida trifásica, medición primaria en 13 800 voltios AC**



Fuente: empresa ENERGUATE.

Figura 11. **Acometida monofásica, medición secundaria
120/240 voltios AC**



Fuente: empresa ENERGUATE.

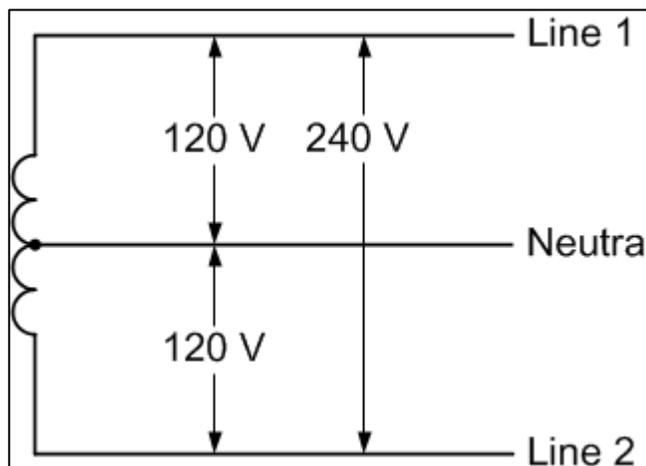
2.7. Sistemas de acometidas en secundario

Los sistemas de acometidas en secundario se dividen según su conexión y en el lado de baja del transformador, se estudiarán cada una de estas conexiones por separado.

2.7.1. Sistema monofásico 120/240 voltios 1 fase 3 alambres

Los sistemas monofásicos de 3 cables tienen 2 cables de línea energizados y un cable neutro. Este es el sistema residencial más común. Si mide de cable de línea 1 a cable de línea 2 se obtendrán 240 voltios AC y si mide línea 1 o línea 2 a neutro obtendrá 120 voltios AC.

Figura 12. Esquema de conexión sistema monofásico 120/240 voltios AC



Fuente: *Calculators Conversión*. <https://www.calculatorsconversion.com/linea-a-linea-neutro-fase-fase/>. Consulta 28 de mayo de 2020.

2.7.2. Sistema trifásico 120/208 voltios 2 fases 3 alambres

Este es un sistema derivado de utilizar dos fases y el neutro de un sistema trifásico para llevar la alimentación a tableros principales de distribución, sucede típicamente en algunos edificios de apartamentos y comercios que tienen 120 y 208 voltios AC suministrados por el servicio trifásico general del edificio. Esto

significa que es más probable que encuentre 208 voltios AC en un edificio o negocio, pero no en una casa residencial.

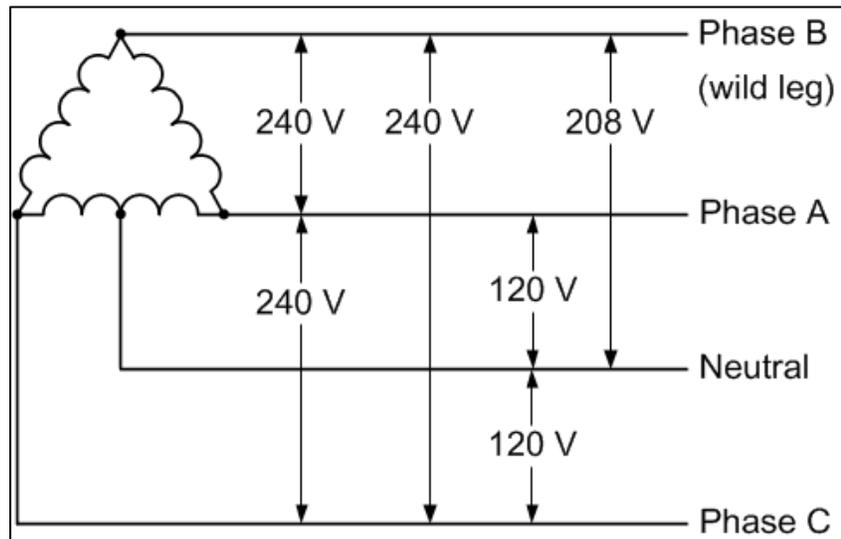
Este tipo de servicio debe de tener un trato especial ya que se necesita un medidor especial para poder cuantificar la energía consumida en el sistema, si se utiliza un medidor monofásico convencional la medida será errónea. Otra de las complicaciones de este sistema está en su utilización para cargas resistivas para calefacción, la mayoría de las veces los calentadores de agua y estufas eléctricas están especificados para una alimentación de 240 voltios AC, y al ser conectados a un voltaje más bajo, 208 voltios AC, por ejemplo, no se genera la potencia necesaria para que trabajen al 100 por ciento de su capacidad.

2.7.3. Sistema delta con fase motriz 120/240 voltios 3 fases 4 alambres

También conocido como sistema delta con fase motriz. Se utiliza en instalaciones de fabricación antiguas con cargas de motores trifásicos en su mayoría y algunas cargas de iluminación y tomacorrientes monofásicos que funcionan con 120 voltios AC.

Es similar al sistema delta trifásico, pero con una toma central en uno de los devanados del transformador con lo que se crea un neutro para cargas monofásicas de 120 voltios AC. Los motores están conectados a la fase A, B y C, mientras que las cargas monofásicas están conectadas a la fase A o C y al neutro. La fase B, es la línea diferencial con un valor respecto de neutro de 208 voltios AC, por lo que no debe ser utilizada para alimentar las cargas monofásicas de 120 voltios AC.

Figura 13. **Diagrama de sistema trifásico 240 voltios AC delta con fase motriz**



Fuente: *Continental Control Systems*. https://ctlsys.com/support/electrical_service_types_and_voltages/. Consulta: 28 de mayo de 2020.

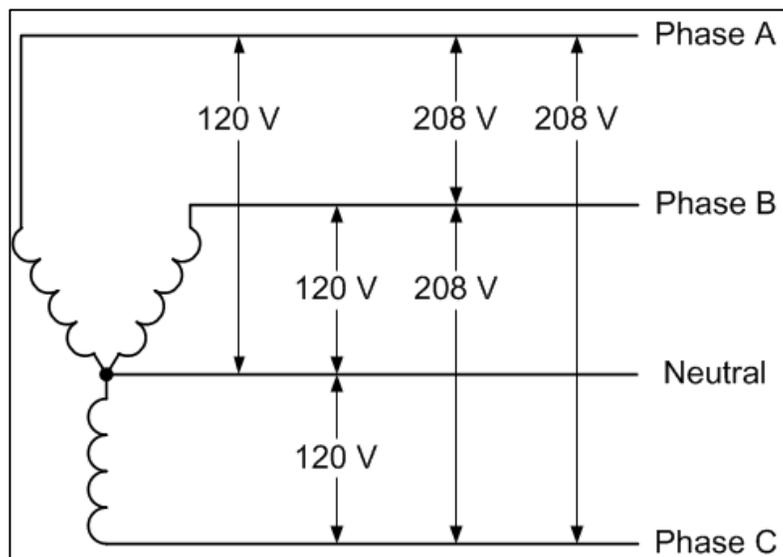
2.7.4. Servicio eléctrico de edificios comerciales 120/208 voltios 3 fases 4 alambres

El servicio eléctrico de edificios comerciales más común es el de 120/208 voltios en estrella, que se utiliza para alimentar cargas de monofásicas de 120 voltios AC, iluminación, tomas de energía y sistemas de climatización pequeños. En instalaciones más grandes, el voltaje utilizado es de 277/480 voltios y se utiliza para alimentar iluminación monofásica de 277 voltios y cargas de climatización más grandes.

Una de las grandes ventajas de esta conexión es que cada una de las tres líneas de línea a neutro irá a una parte de la planta. Cuando se instalan las líneas, la planta se divide en aproximadamente 3 áreas iguales desde el punto

de vista del uso de energía, con una línea yendo a cada área. De esta manera, se logra un mejor balance de cargas.

Figura 14. **Diagrama de sistema trifásico 120/208 voltios AC estrella con neutro**

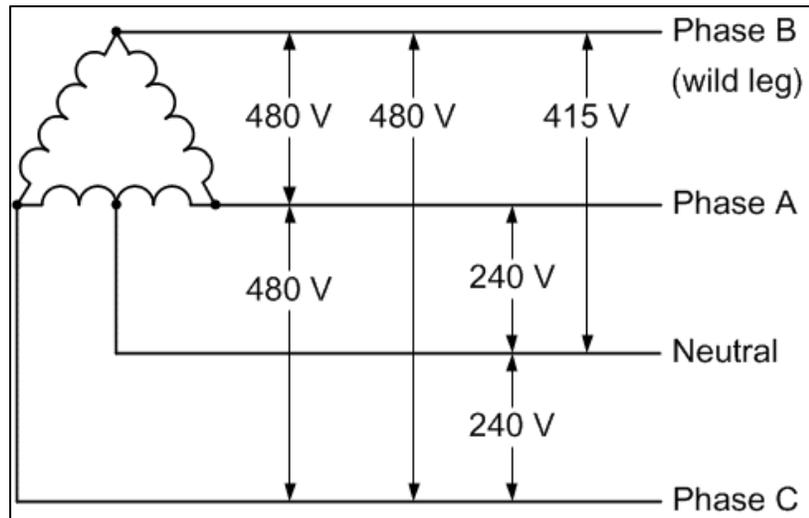


Fuente: *Continental Control Systems*. https://ctlsys.com/support/electrical_service_types_and_voltages/. Consulta: 28 de mayo de 2020.

2.7.5. Delta trifásico normal 240/480 voltios 3 fases 4 alambres

Es un sistema menos común, pero ocasionalmente se encuentra este tipo de servicios en industrias y talleres, es esencialmente idéntico a un servicio 120/208/240 VAC, pero con todos los voltajes duplicados. En un delta trifásico normal, la tierra será el voltaje central, pero un delta trifásico derivado delta de cuatro cables se tendrá un punto medio entre dos tramos de una bobina.

Figura 15. **Diagrama de sistema trifásico 240/480 voltios AC delta con neutro**



Fuente: *Continental Control Systems*. https://ctlsys.com/support/electrical_service_types_and_voltages/. Consulta: 28 de mayo de 2020.

2.8. Banco de transformadores

Se les denomina banco a dos o más transformadores ubicados en el mismo recinto, como en una bóveda de transformadores. Los bancos de transformadores trifásicos tienen el mismo propósito en los circuitos trifásicos como los transformadores de potencia monofásicos en circuitos monofásicos, esto significa que los bancos de transformadores trifásicos se utilizan principalmente para aumentar o disminuir el voltaje de los devanados primarios a los devanados secundarios.

Dado que la alimentación de CA trifásica se usa ampliamente en todo el mundo para transmisión y distribución de energía, bancos de transformadores

trifásicos son uno de los componentes eléctricos más comunes y son esenciales para cualquier red trifásica de corriente alterna.

Estos transformadores están unidos entre sí a través de la red secundaria y son alimentados por el mismo alimentador primario. Los transformadores en banco pueden reducir el parpadeo de la lámpara causado por el arranque de los motores, producir un mejor voltaje promedio a lo largo del secundario y tener una mayor flexibilidad para el crecimiento de la carga. El valor de kVA (kilovoltios-amperios) del transformador describe su capacidad para soportar una carga a un voltaje dado. El kVA nominal de los bancos de transformadores es la suma del kVA nominal de sus unidades relacionadas.

Figura 16. **Banco de transformadores de 225 KVA**



Fuente: Acometida Celasa, zona 12, Guatemala.

2.9. Flipon principal

El flipon principal controla el flujo de electricidad proveniente del suministro de los cables de servicio que alimentan las barras del bus principal. Este elemento es el encargado de proteger los conductores principales contra fallas por corto circuito y sobre carga

El flipon principal debe tener la capacidad de soportar la carga total que consume la instalación y además ser suficientemente robusto para poder desconectar el circuito sin destruirse o fundirse.

Figura 17. **Flipon principal, línea general de alimentación**



Fuente: empresa Sigma Q.

2.10. Centro de carga o gabinete de distribución

El gabinete de distribución es el principal sistema para suministro eléctrico para cualquier entidad comercial o residencial. El alimentador principal entra en el tablero de distribución y luego alimenta los flipones ramales en los circuitos secundarios. En el sentido estricto una la construcción de un centro de carga está limitada a un voltaje de 240 voltios AC con una capacidad en barras de 225 amperios y puede cargarse con hasta 42 circuitos ramales.

Figura 18. Centro carga



Fuente: Industria La Popular.

2.11. Tubería eléctrica

Un conducto eléctrico es un tubo utilizado para proteger y enrutar el cableado eléctrico en un edificio o estructura. El conducto eléctrico puede estar hecho de metal, plástico, fibra o arcilla cocida. La mayoría del conducto es rígido, pero el conducto flexible se utiliza para algunos fines.

Figura 19. Tubería eléctrica



Fuente: *I Can Fix Up My Home*. [http://www.icanf
ixupmyhome.com/Types_Of_Residential_Conduits.html](http://www.icanf
ixupmyhome.com/Types_Of_Residential_Conduits.html).

Consulta: 29 de mayo de 2020.

2.11.1. Tubería EMT

La tubería EMT, conocida comúnmente como tubería de pared delgada es un cilindro de acero sin roscado en sus bordes con un largo habitual de 10 ' por pieza. Exteriormente está recubierta por una cubierta galvanizada, la cual cumple una función de protección contra corrosión y el interior tiene un recubrimiento orgánico resistente a la corrosión.

Figura 20. **Tubo EMT**



Fuente: *Tubo EMT*. http://www.icanfixupmyhome.com/Types_Of_Residential_Conduits.html.

Consulta: 29 de mayo de 2020.

2.11.2. Tubería flexible

Normalmente, los tipos flexibles están hechos de un material corrugado que encierra cables y alambres para protegerlos del agua, la vibración, el aceite y otros corrosivos en largas distancias. Por lo general, está hecho de materiales como PVC, aluminio o acero. Es ideal para áreas que requieren curvas cerradas y los espacios reducidos dificultarían doblar conductos regulares. Los calentadores de agua, las latas de luz y las rejillas de ventilación del ático son excelentes ejemplos de instalación típica de conductos flexibles.

Figura 21. **Tubo flexible**



Fuente: *Tubo flexible*. <https://www.novex.com.gt/catalogo/20120104/FLEXIBLES.html>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

2.12. **Número máximo de cables por tubería**

- Las especificaciones NEC para espacio en conduit son:
 - Para un cable: el llenado máximo es el 53 % del espacio dentro de un conducto.
 - Para dos cables: el llenado máximo es del 31 %.
 - Para tres cables o más: el llenado máximo es el 40 % del espacio total disponible del conducto.

Usando las áreas de la sección transversal del cable, puede determinarse el tamaño mínimo de conducto que necesita.

- La tabla I para el tamaño de los conductos para cables se basa en el NEC de 2017 y utiliza tipos de conductos y cables comunes:
 - Las filas que lo atraviesan describen el tamaño del conducto y el tipo
 - Las columnas que bajan dan el calibre de cable que estás usando
 - Los resultados son el número de cables de ese calibre, que pueden pasar a través del tamaño de ese tipo de conducto.

Tabla I. **Número de conductores por tamaño de conduit**

Trade size in inches	Wire sizes (THWN, THHN) conductor size AWG/kcmil																				
	14	12	10	8	6	4	3	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	250	300	350	400	500	600	700	750
1/2	EMT	12	9	5	3	2	1	1	1	1											
	IMC	14	10	6	3	2	1	1	1	1	1										
	GALV	13	9	6	3	2	1	1	1	1											
3/4	EMT	22	16	10	6	4	2	1	1	1	1	1	1								
	IMC	24	17	11	6	4	3	2	1	1	1	1	1	1							
	GALV	22	16	10	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1							
1	EMT	35	29	16	9	7	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1					
	IMC	39	26	18	10	7	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1				
	GALV	36	29	17	9	7	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
1 1/4	EMI	61	45	28	16	12	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	IMC	68	49	31	18	13	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	GALV	63	46	29	16	12	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 1/2	EMT	84	61	38	22	16	10	8	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
	IMC	91	67	42	24	17	11	9	7	5	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1
	GALV	85	62	39	22	16	10	8	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
2	EMT	138	101	63	36	26	16	13	11	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1
	IMC	149	109	69	39	28	17	15	12	8	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1
	GALV	140	102	64	37	27	16	14	11	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1
2 1/2	EMT	241	176	111	64	46	28	24	20	15	12	10	8	7	6	5	4	4	3	2	2
	IMC	211	154	97	56	40	25	21	17	13	11	9	7	6	5	4	4	3	3	2	1
	GALV	200	146	92	53	38	23	20	17	12	10	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1
3	EMT	364	266	167	96	69	43	36	30	22	19	16	13	11	9	7	6	6	5	4	3
	IMC	326	238	150	86	62	38	32	27	20	17	14	12	9	8	7	6	5	4	3	3
	GALV	309	225	142	82	59	36	31	26	19	16	13	11	9	7	6	5	5	4	3	3
3 1/2	EMT	476	347	219	126	91	56	47	40	29	25	20	17	14	11	10	9	8	6	5	4
	IMC	436	318	200	115	83	51	43	36	27	23	19	16	13	10	9	8	7	6	5	4
	GALV	412	301	189	109	79	48	41	34	25	21	18	15	12	10	8	7	7	5	4	4
4	EMT	608	443	279	161	116	71	60	51	37	32	26	22	18	15	13	11	10	8	7	6
	IMC	562	410	258	149	107	66	56	47	35	29	24	20	17	13	12	10	9	7	6	5
	GALV	531	387	244	140	101	62	53	44	33	27	23	19	16	13	11	10	8	7	6	5

Fuente: Tabla C3 NEC 2017.

2.13. Cajas y accesorios

Las cajas de conexiones son una parte esencial de los sistemas de cableado eléctrico para hogares y edificios por igual. El propósito de estas cajas, que a menudo están hechas de metal o plástico, es alojar y proteger de forma segura las conexiones eléctricas de una estructura.

La caja de conexiones sirve como punto de encuentro para el cableado eléctrico antes de continuar. Todas las cajas de conexiones deben estar cubiertas, instaladas correctamente y de conformidad con los códigos de construcción aplicables. La cubierta protege los cables, evita la entrada de suciedad y polvo y evita que la humedad ingrese a la caja.

Figura 22. **Cajas de conexiones**



Fuente: Conexión. <https://www.connexiones.com/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>.

Consulta: 29 de mayo de 2020.

- Acoplamientos

Los acoplamientos se usan cuando necesita conectar segmentos de conductos metálicos separados en el mismo circuito.

Los acoplamientos de tornillo de presión y de compresión están destinados a conductos sin rosca. Los acoplamientos de compresión son más caros, pero sujetan el conducto alrededor de su diámetro, y no en un solo lugar como lo hacen los accesorios de tornillo de fijación.

Sin embargo, los accesorios de tornillo de fijación tienen un costo menor y son más fáciles de instalar, ya que se adaptan a más ubicaciones porque están ajustados con un destornillador, mientras los acoplamientos de compresión necesitan una llave y pueden ser difíciles de instalar cuando se reduce el espacio. Es importante tener en cuenta que los acoplamientos deben estar clasificados para el tipo de conducto; por ejemplo, los acoplamientos EMT son solo para tuberías EMT.

Figura 23. **Acoplamientos**



Fuente: *Conexión*. <https://www.connexiones.com/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- **Conectores**

Los conectores se utilizan para unir conductos metálicos con cajas de extracción, cajas de conexiones y otras cajas eléctricas. Las cajas metálicas generalmente vienen con orificios ciegos, que están diseñados para insertar conectores.

Figura 24. **Conectores**



Fuente: *Conexión*. <https://www.conexion.com/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- **Abrazadera Struth**

Se utilizan para fijar el conducto a las superficies, tienen un cuerpo en forma de U que les permite engancharse alrededor del conducto y tienen una o dos extensiones con agujeros para tornillos. Dado que el conducto viene en una

amplia gama de diámetros, que normalmente varían de ½ " hasta 6 ", las correas también están disponibles en los tamaños correspondientes.

Figura 25. **Abrazadera Struth**



Fuente: *Conexión*. <https://www.conexiones.com/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- Codos y curvas

Los codos son segmentos de conducto cortos que se fabrican con un ángulo de giro específico, generalmente de 90 ° o 45 °. Al ser conductos ellos mismos, normalmente están conectados a conductos rectos mediante acoplamientos roscados, de tornillo o compresión.

Figura 26. **Codos conduit**



Fuente: *Conexión*. <https://www.conexion.es/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- **Cuerpos condulet**

Los condulet se encuentran entre los accesorios eléctricos más versátiles y útiles, ya que pueden abrirse para servir como caja de extracción, mientras permiten un cambio de dirección si es necesario. También hay cajas de conductos en forma de T con dos aberturas a lo largo del mismo eje, más otra abertura en un ángulo de 90 ° en caso de que dos circuitos deben correr en diferentes direcciones.

Figura 27. **Cuerpos condulet**



Fuente: *Conexión*. <https://www.conexion.com/129331/Category/Electrical-Boxes-&-Enclosures>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

2.14. **Conductores eléctricos**

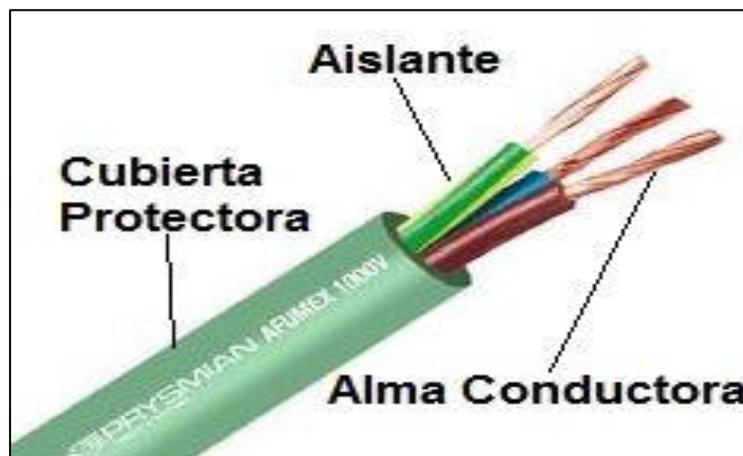
El conductor eléctrico generalmente está compuesto de metales como cobre, aluminio y sus aleaciones. En un conductor eléctrico, las cargas eléctricas se mueven de átomo a átomo cuando la diferencia de potencial se aplica a través de ellas. Los conductores eléctricos se utilizan en forma de cable.

Para la elección del conductor se puede tener en cuenta diversos factores como la resistencia a la abrasión, el nivel de aislamiento, la temperatura de operación, la aplicación y el costo.

El conductor eléctrico que se usa para la transmisión de energía generalmente es trenzado. Los conductores trenzados tienen una gran flexibilidad y resistencia mecánica en comparación con un solo hilo de cable de la misma área de sección transversal. En un conductor trenzado, el cable central está rodeado por sucesivas capas que contienen 6, 12, 18, 24 cables.

- En general los componentes de un conductor eléctrico son los siguientes:
 - Conductor
 - Aislamiento del conductor
 - Chaqueta de protección externa

Figura 28. **Conductor eléctrico**



Fuente: *Área tecnología*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>.

Consulta: 29 de mayo de 2020.

2.15. Calibre del conductor eléctrico

El tamaño del conductor está determinado por su área de sección transversal de cobre equivalente y el número de hilos con el diámetro de cada hilo. La sección transversal equivalente de un conductor trenzado es el área de una sección transversal del conductor sólido del mismo material y longitud que el conductor trenzado.

El calibre de cable AWG, es un sistema estandarizado para los diámetros de cable redondo, sólido, no ferroso y conductor de electricidad. Cuanto mayor sea el número de AWG o el calibre del cable, menor será el tamaño físico del cable. El tamaño AWG más pequeño es 40 y el más grande es 0000 (4/0).

2.15.1. Capacidad de conducción de corriente eléctrica

La capacidad de conducción se define como el amperaje que puede llevar un conductor antes de fundir el conductor o el aislamiento. El calor causado por la corriente eléctrica que fluye a través de un conductor determinará la cantidad de corriente que manejará un cable.

Teóricamente, la cantidad de corriente que puede pasar a través de un solo cable conductor de cobre desnudo puede aumentarse hasta que el calor generado alcance la temperatura de fusión del cobre. Hay muchos factores que limitarán la cantidad de corriente que puede pasar a través de un cable.

2.15.2. Tamaño del conductor

Cuanto mayor es el área circular mil, mayor es la capacidad de conducción. La cantidad de calor generado nunca debe exceder la clasificación de temperatura máxima del aislamiento.

- Temperatura ambiente:

Cuanto mayor es la temperatura ambiente, menos calor se necesita para alcanzar la temperatura máxima del aislamiento, por lo que la conducción disminuye.

- Número de conductor:

La disipación de calor disminuye a medida que aumenta el número de conductores aislados individualmente agrupados, por lo que a mayor número de conductores habrá menor conducción.

La restricción de la disipación de calor mediante la instalación de los conductores en conductos, conductos, bandejas o conductos disminuye la capacidad de carga actual. Esta restricción también puede aliviarse un poco mediante el uso de métodos de ventilación adecuados, enfriamiento por aire forzado, entre otros.

La figura 30 proporciona un factor de reducción que se utilizará cuando los conductores estén agrupados. Estas tablas solo deben usarse como guía cuando se intenta establecer clasificaciones actuales en el conductor y el cable.

Tabla II. **Factor de derrateo en conductores agrupados**

Factor de derrateo por grupo de conductores	
# De hilos	Factor de derrateo (X Amps)
2-5	0,8
6-15	0,7
16-30	0,5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

2.16. Selección de conductores

Para la selección de conductores existen varios métodos de aplicación, los dos más comunes son el cálculo por caída de tensión y el cálculo por capacidad de conducción de corriente.

2.16.1. Cálculo de caída de voltaje

El término utilizado para describir la reducción en el voltaje que ocurre a medida que fluye la electricidad a través de una resistencia. La caída de voltaje ocurre porque los materiales resisten el flujo de electricidad.

El problema fundamental es garantizar que no se vuelva excesivo. La cantidad de caída de voltaje está determinada por la cantidad de corriente y la resistencia total en el circuito. Se determina el tamaño de un conductor requerido para una carga eléctrica por la caída de voltaje permitida para el circuito, el tamaño de la carga y la longitud de cable desde la fuente de electricidad a la carga.

La caída de voltaje se calcula utilizando la ley de Ohm. Para circuitos de uso general, la caída de tensión debe limitarse al 2 %. El NEC permite una caída del 3 % para algunos circuitos individuales. Al calcular la caída de voltaje, la longitud del conductor generalmente se medirá como la longitud del cable desde la fuente hasta la carga y viceversa o el recorrido.

Las expresiones matemáticas para el cálculo del tamaño del cable eléctrico por este método son las siguientes:

Tabla III. **Ecuaciones para cálculo de conductor por caída de tensión**

Monofásico	$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot e}$
Trifásico	$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot e}$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Donde:

S= sección transversal en mm².

P= potencia eléctrica en watts.

L= longitud del tramo en metros.

γ= conductividad del material.

U= nivel de voltaje de aplicación.

e= máxima caída de voltaje permitida en voltios.

- Los valores de conductividad varían de acuerdo al material, lo que se puede observar en la figura 32.

Tabla IV. **Conductividad del material según temperatura**

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20 °C	70 °C	90 °C

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

- Cálculo por capacidad de conducción de corriente:

Ampacidad es la capacidad de transporte actual de un cable. En otras palabras, cuántos amperios puede transmitir. Como puede suponerse para un cálculo fino debe tenerse en cuenta la caída de voltaje, el límite de temperatura de aislamiento, el grosor, la conductividad térmica y temperatura del aire. La corriente máxima para la transmisión de potencia utiliza la regla de 700 milésimas circulares por amperio, que es una medida muy conservadora.

Mientras que los cables están en funcionamiento, las pérdidas eléctricas que se manifiestan como calor en el conductor, aislamiento y otros componentes metálicos del sistema. La clasificación actual dependerá de cómo este calor se disipe a través de la superficie del cable y hacia las áreas circundantes.

Para el cálculo de la corriente admisible se tienen, que se pueden observar en la figura 33.

Tabla V. Ecuaciones para cálculo de conductor por caída de tensión

Intensidad en corriente continua	$I = \frac{P}{U}$
Intensidad en corriente alterna monofásica	$I = \frac{P}{U * \cos \varphi}$
Intensidad en corriente alterna trifásica	$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi}$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

P= potencia eléctrica en watts.

U= nivel de voltaje de aplicación.

Cosφ= factor de potencia.

Luego buscar el valor de calibre correspondiente en tabla de ampacidades, ver anexo 2.

- Aislamiento del conductor:

Para ser útil y segura, la corriente eléctrica debe ser forzada a fluir solo donde se necesita. Debe canalizarse desde la fuente de alimentación a una carga útil. En general no se debe permitir que los conductores que transportan corriente entren en contacto entre sí, entre la soportaría o el personal que

trabaja cerca de ellos. Para lograr esto, los conductores están recubiertos o envueltos con varios materiales. Estos materiales tienen una resistencia tan alta que son, para efectos prácticos, no conductores. Los no conductores generalmente se denominan aislantes.

Se aplica solamente la cantidad mínima necesaria de aislamiento a cualquier tipo particular de conductor diseñado para realizar un trabajo en específico. Esto se hace debido a varios factores. Se deben tener en cuenta los gastos, el efecto de rigidez mecánica y una variedad de condiciones físicas y eléctricas bajo las cuales se operan los conductores. Por lo tanto, hay una variedad de conductores aislados disponibles para cumplir con los requisitos de cualquier trabajo.

Dos propiedades fundamentales de los materiales aislantes son la resistencia de aislamiento y la resistencia dieléctrica siendo estas propiedades completamente diferentes.

- Resistencia de aislamiento:

La resistencia de aislamiento es la resistencia a las fugas de corriente a través de los materiales de aislamiento. La resistencia de aislamiento se puede medir con un megger sin dañar el aislamiento. La información así obtenida es una guía útil para evaluar el estado general del aislamiento. El aislamiento limpio y seco con grietas u otras fallas puede mostrar un alto valor de resistencia de aislamiento, sin embargo, no sería adecuado para uso.

- Resistencia dieléctrica:

La resistencia dieléctrica es la capacidad de un aislante para soportar la diferencia de potencial. Por lo general, se expresa en términos del voltaje en el que falla el aislamiento debido a la tensión electrostática. Los valores máximos de rigidez dieléctrica solo se pueden medir elevando el voltaje de una muestra de prueba hasta que se rompe el aislamiento.

2.17. Tipos de aislamiento

Existen en general dos tipos de materiales para aislamiento según su contricción, termoplásticos y termoestables.

2.17.1. Aislamiento termoplástico

El aislamiento termoplástico se define como una clasificación para un material de aislamiento sólido que se puede ablandar y es extruido sobre el cable y enfriado en agua fría para volver a ser sólido. Se puede ablandar y reabastecer fácilmente mediante calentamiento repetido y permanece en una forma sólida que se puede usar de forma segura cuando se opera dentro de los límites de temperatura nominal.

Este material comúnmente etiquetado como THHN / THWN es ignífugo y resistente al calor, y se puede instalar en lugares secos y húmedos con una temperatura máxima de funcionamiento de 90 °C y en lugares húmedos con una temperatura máxima de funcionamiento de 75 °C.

2.18. Aislamiento termoestable

El aislamiento termoestable consiste en estructuras de polímeros que se curan o vulcanizan para convertirse en materiales de caucho natural o sintético. Se puede usar irradiación, calor o reacciones químicas para curar el material. Durante el proceso de curado, las cadenas de polímero se reticular con otras moléculas y a menudo se denominan polietileno reticulado. Una vez curados los materiales termoestables se moldean irreversiblemente.

Los materiales termoestables tienen un punto de fusión muy alto y se degradan y descomponen antes de alcanzar su punto de fusión. El aislamiento termoestable es mucho más grueso que el aislamiento termoplástico y puede ser más difícil de manejar ya que los conductores termoestables tienen un relleno mayor que THHN. El aislamiento XHHW es resistente a productos químicos, ozono, abrasiones y tiene más resistencia mecánica, pero no es tan flexible como THHN / THWN. Dado que XHHW tiene un aislamiento más grueso que THHN / THWN y tiene la reticulación de polímero adicional, hay menos fugas dieléctricas en el aislamiento. Tanto XHHW como THHN / THWN se ven afectados negativamente por las ubicaciones húmedas y el agua, por lo que ambos tipos de aislamiento deben tener una clasificación de 75C, a menos que se utilicen XHHW-2 o THWN-2, que tienen una clasificación de 90C para ubicaciones húmedas y secas.

2.19. Dispositivos de protección

El dispositivo de protección eléctrico es un dispositivo utilizado para evitar que una cantidad desmesurada de corriente fluya por el circuito. Para garantizar la máxima seguridad, hay muchos dispositivos de protección disponibles que

ofrecen una gama total de protección para circuitos como fusibles, disyuntores, interruptor diferencia, tubos de descarga de gas, tiristores y más.

Ejemplos de los diferentes tipos de dispositivos de protección de circuitos incluyen los siguientes: fusibles, disyuntos, varistor de óxido de metal, pararrayox, entre otros.

- Fusible:

En los circuitos eléctricos, un fusible es un dispositivo eléctrico utilizado para proteger el circuito contra sobrecorriente. Consiste en una tira de metal que se rompe cuando el flujo de corriente a través de ella es alto. Las características de los fusibles, como el tiempo y la corriente, se seleccionan para brindar protección suficiente sin interrupciones innecesarias.

Figura 29. **Fusible, 13 amperios**



Fuente: *El Procus*. <https://www.elprocus.com/what-is-a-protection-device-different-types-of-protection-devices/>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- Disyuntor:

Es un tipo de interruptor eléctrico que se usa para proteger un circuito eléctrico contra cortocircuitos evitando que se produzca una sobrecarga que provocará un exceso de suministro de corriente. La función básica de un interruptor de circuito es detener el flujo de corriente una vez que se ha producido una falla. Este elemento se diferencia del fusible ya que un interruptor automático puede funcionar de forma automática o manual para reiniciar el funcionamiento normal.

Figura 30. **Disyuntor eléctrico**



Fuente: *El Procus*. <https://www.elprocus.com/what-is-a-protection-device-different-types-of-protection-devices/>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- Varistor de óxido de metal:

Un varistor es un componente electrónico, la resistencia de este dispositivo es variable y depende del voltaje aplicado. El término varistor se ha tomado de la resistencia variable. Cuando el voltaje de este componente

aumenta la resistencia disminuye, del mismo modo al experimentar un aumento extremo de tensión la resistencia disminuirá significativamente.

Esta característica vuelve estos elementos apropiados para proteger los circuitos eléctricos contra picos de tensión. Libera fallas que se originan por descargas electrostáticas, así como rayos.

El término SPD significa Dispositivo de protección contra sobretensiones y es un tipo de componente utilizado en un sistema de seguridad de equipos eléctricos. El dispositivo SPD se conecta en paralelo al circuito de suministro de energía.

Figura 31. **Protector contra sobre tensiones**



Fuente: *El Procus*. <https://www.elprocus.com/what-is-a-protection-device-different-types-of-protection-devices/>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

- Pararrayos:

Un pararrayos es un dispositivo de protección para limitar el voltaje en el equipo descargando a tierra la corriente de sobrevoltajes. Impide que el flujo continuo siga la corriente a tierra y es capaz de repetir estas funciones y mantener su integridad.

Figura 32. **Pararrayo**



Fuente: *El Procus*. <https://www.elprocus.com/what-is-a-protection-device-different-types-of-protection-devices/>. Consulta: 29 de mayo de 2020.

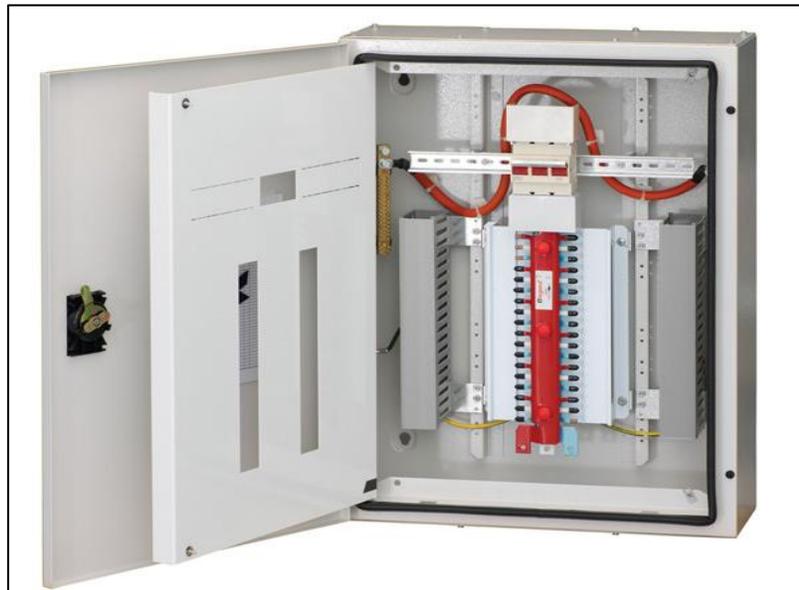
2.20. Tableros eléctricos

El panel es una parte integral de cada instalación eléctrica. Como su propio nombre lo indica, los tableros de distribución eléctrica sirven para distribuir uniformemente la fuente de alimentación a través de diferentes

circuitos, suministrando a varios puntos de consumo en los edificios residenciales, comerciales e industriales.

Los cuadros de distribución eléctrica tienen la función principal de dividir la cantidad total de energía eléctrica en monofásica o trifásica y distribuirla a un cierto número de interruptores automáticos. Cada uno de los interruptores está conectado a un cable específico que conduce a una toma de corriente individual, punto de máquina o circuito de luz, opuesto del cable de alimentación principal.

Figura 33. **Tablero eléctrico**



Fuente: *How important*. <https://www.howimportant.com/electrical-distribution-boards/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

2.21. Interruptores o apagadores

Un interruptor eléctrico es cualquier dispositivo utilizado para interrumpir el flujo de electrones en un circuito. Los interruptores son esencialmente dispositivos binarios: están completamente encendidos o completamente apagados.

Figura 34. **Apagador eléctrico**



Fuente: *How important*. <https://www.howimportant.com/electrical-distribution-boards/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

2.22. Lámparas y luminarias

Una lámpara eléctrica es un componente emisor de luz convencional utilizado en diferentes circuitos, principalmente con fines de iluminación e indicación. La construcción de la lámpara es bastante simple, tiene un filamento

que lo rodea y se proporciona una cubierta esférica hecha de vidrio transparente. Entre los tipos que existen están:

Una luminaria es una unidad de iluminación completa, compuesta de una fuente de luz con partes que distribuyen la luz, colocan y protegen las lámparas y las conectan a la fuente de alimentación. La función de la luminaria es dirigir la luz a lugares apropiados, sin causar deslumbramiento ni molestias.

- Tecnología halógena:

La bombilla o lámpara halógena es un tipo de lámpara incandescente que utiliza un gas halógeno para aumentar tanto la salida de luz como la vida útil. Son conocidos por su eficiencia moderadamente alta, calidad de luz y vida útil alta en comparación con las lámparas incandescentes normales.

- Tecnología led:

Las luminarias led tienen un rendimiento de hasta un 90 % en contraposición a las bombillas incandescentes. Estas funcionan mediante una corriente eléctrica que pasa a través de un microchip, que ilumina los semiconductores emisores de luz que llamamos led teniendo como resultado luz visible. Para evitar problemas de rendimiento, el calor que producen los led se absorbe en un disipador de calor.

- Tecnología incandescente:

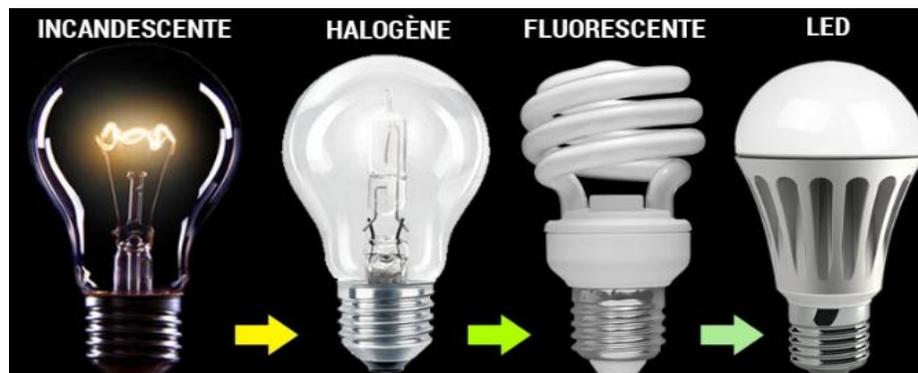
La bombilla o lámpara incandescente es una fuente de luz eléctrica que funciona por incandescencia, que es la emisión de luz provocada por el

calentamiento del filamento. Se fabrican en una gama extremadamente amplia de tamaños, potencias y voltajes.

- Tecnología fluorescente:

La iluminación fluorescente depende de una reacción química dentro de un tubo de vidrio para crear luz. Esta reacción química involucra la interacción de gases y vapor de mercurio, lo que produce una luz ultravioleta invisible. Esa luz ultravioleta invisible ilumina el polvo de fósforo que recubre el interior del tubo de vidrio, emitiendo una luz fluorescente blanca.

Figura 35. Tipos de lámparas



Fuente: *Bled*. <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/porque-cambiarse-a-la-iluminacion-led/>. Consulta 30 de mayo de 2020.

2.23. Cálculo de luminarias

Para el cálculo de luminarias se realiza la descripción que se describe a continuación:

2.23.1. Método de lumen

También llamado factor de utilización o coeficiente de utilización. Puede definirse como la relación entre el total de lúmenes recibidos en el plano de trabajo y el total de lúmenes emitidos por la fuente de luz.

$$\text{Factor de utilización} = \frac{\text{Lúmenes recibidos en el plano de trabajo}}{\text{Lúmenes emitidos por la lámpara}}$$

Su valor se encuentra entre 0,4 y 0,6 para accesorios directos, varía de 0,1 a 0,35 para accesorios indirectos. Algunos factores que afectan al factor de utilización son el tipo de luz, luminaria, Color de la superficie de las paredes y el techo, altura de montaje de las lámparas, área a iluminar.

- Factor de depreciación o mantenimiento:

Puede definirse como relación entre la iluminación en condiciones normales de trabajo y la iluminación cuando todo está limpio o nuevo, es decir:

$$D.F = \frac{\text{Iluminación en condiciones normales de trabajo}}{\text{Iluminación cuando todo está limpio.}}$$

El factor de mantenimiento se basa en la frecuencia con la que se limpian y reemplazan las luces. Tiene en cuenta factores como la disminución de la eficiencia con el tiempo, la acumulación de polvo dentro del propio accesorio y la depreciación de la reflectancia a medida que envejecen las paredes y los techos. Por conveniencia, generalmente se presenta en tres opciones:

- Bueno = 0,70.
- Medio = 0,65.
- Pobre = 0,55.

A continuación se realiza una descripción de los factores de luz residual, de reflexión, absorción, eficiencia luminosa, entre otros.

- Factor de luz residual:

Cuando una superficie está iluminada por varias lámparas, existe cierta cantidad de desperdicio debido a la superposición de ondas de luz. Su valor estará entre 1,2 a 1,5.

- Factor de reflexión:

Puede definirse como la relación entre el flujo luminoso que sale de la superficie y el flujo luminoso que incide sobre la superficie. Su valor será siempre menor que 1.

- Factor de absorción:

Cuando la atmósfera está llena de nieve o humo, absorbe algo de luz. Por tanto, el factor de absorción puede definirse como la relación entre los lúmenes netos disponibles en el plano de trabajo después de la absorción y los lúmenes totales emitidos por la lámpara. Su valor varía de 0,5 a 1.

- Eficiencia luminosa o resultados específicos:

Puede definirse como la relación entre el número de lúmenes emitidos y la energía eléctrica en la toma de una fuente, su unidad es lumen / vatio (lm / W)

- Relación de espacio a la altura de montaje, SHR:

La relación entre el espacio y la altura de montaje es el espacio entre las luminarias dividido por su altura sobre el plano de referencia horizontal.

- Índice de habitaciones:

El índice de habitación es una proporción que describe cómo se compara la altura de la habitación con su largo y ancho. Está dado por:

$$RI = \frac{L \times W}{H_m \times (L + W)}$$

Donde:

L = longitud de la habitación.

W = ancho.

H_m = altura de montaje sobre el plano de trabajo.

- Los pasos para el método lumen son los siguientes:
 - Encuentre el nivel de lux requerido.
 - Seleccionar luminaria.

- Determinar el índice de habitaciones.
- Determine la cantidad de equipos con la siguiente expresión.

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times MF}$$

Donde:

N = número de lámparas necesarias.

E = nivel de iluminancia requerido, lux.

A = área a la altura del plano de trabajo, m²

F = flujo luminoso medio de cada lámpara, lm.

UF = factor de utilización.

MF = factor de mantenimiento.

- Determine la separación mínima entre luminarias:
 - Espaciado mínimo = SHR x Hm, en donde:
 - Hm = altura de montaje
 - SHR = Relación espacio-altura.
- Determine la cantidad de filas requeridas de luminarias a lo largo del ancho de la habitación:
 - Número de filas requeridas = ancho de habitación / espacio mínimo
- Determine el número de luminarias en cada fila:

$$\text{Número de luminarias en cada fila} = \frac{\text{Luminaria total}}{\text{Número de filas}}$$

- Separación axial a lo largo de la luminaria:

$$\text{Espaciamiento axial} = \frac{\text{Longitud de la habitación}}{\text{Número de luminarias en cada fila}}$$

- Espaciado transversal entre luminarias:

$$\text{Espaciado transversal} = \frac{\text{Ancho de la habitación}}{\text{Número de luminarias en cada fila}}$$

2.24. Método punto a punto

Se deben considerar tres factores para aplicar el método punto por punto que son intensidad luminosa, distancia y orientación de la superficie, los cuales se describen a continuación:

- Intensidad luminosa:

La intensidad luminosa I , es medida en candelas y representa la fuerza de intensidad de la luz producida en una dirección específica.

$$I = \frac{\phi}{W}$$

Donde:

I = intensidad luminosa.

Φ = flujo luminoso.

W = ángulo sólido.

La intensidad luminosa de cualquier fuente de luz se compila gráficamente en diagramas conocidos como curvas de distribución de candelas. Tanto los gráficos polares como los cartesianos se utilizan en la industria de la iluminación para este propósito. Esta información también está disponible en forma tabular numérica.

Una curva, generalmente polar, representa la variación de la intensidad luminosa de una lámpara o luminaria en un plano a través del centro de luz.

La intensidad luminosa I , se determina utilizando los datos fotométricos para la luminaria específica utilizada y la relación angular entre la dirección de orientación de la luminaria y la dirección desde la luminaria hasta el punto de cálculo.

- Hay tres tipos de curvas de distribución de la potencia de las velas:
 - Simétrico rotacional: distribución de luz igual en todos los planos. Normalmente luminaria circular o en forma de cuenca.
 - Plano simétrico: la distribución de luminarias se limita a dos planos verticales por separado. Distribución típica para luminarias de lámpara fluorescente e iluminación vial.
 - Asimétrico: asimetría presente en uno de los Planos de medida.

- Distancia:

La distancia entre una superficie y la fuente afecta la iluminancia o flujo luminoso por unidad de área que golpea esa superficie. La superficie de un área dada que está más cerca de la fuente captura una porción más grande del flujo en el cono que una superficie de la misma área dada que está más lejos.

Considerando la intensidad luminosa como el flujo luminoso que sale de una fuente en un cono que viaja en una dirección específica, a medida que aumenta el área, la iluminancia disminuye mientras que el flujo luminoso permanece igual.

- Ley del cuadrado inverso: afirma que el área de la sección transversal del cono aumenta con el cuadrado de la distancia desde la fuente. Por lo tanto, la iluminancia en esta superficie varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la fuente.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Donde:

E = iluminancia en la superficie

I = intensidad luminosa de la fuente en la dirección de la superficie

d = distancia desde la fuente a la superficie

- Orientación de la superficie:

La orientación de la superficie se incluye en la ley del cuadrado inverso al agregar un término $\cos \theta$:

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \theta$$

Finalmente desglosando en términos de altura se tienen:

$$E_h = \frac{I \times \cos^3 \theta}{H^2}; \quad E_v = \frac{I \times \cos^2 \theta \times \sin \theta}{H^2}$$

Donde:

E_h = nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal en Lux.

E_v = nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical en Lux.

H = altura del plano a la lámpara en metros.

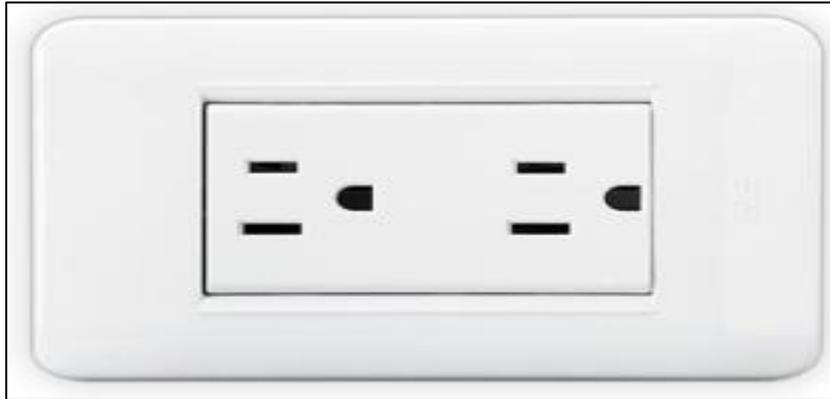
I = intensidad de flujo luminoso.

θ = ángulo entre el rayo de luz que viene de la fuente al punto y una línea que es perpendicular al plano en el que se mide o calcula la iluminancia.

2.25. Tomacorrientes

Los tomacorrientes eléctricos permiten que los equipos eléctricos se conecten a la red eléctrica. La red eléctrica proporciona corriente alterna a la salida. Hay dos tipos principales: domésticos e industriales.

Figura 36. **Tomacorriente**



Fuente: *How important*. <https://www.howimportant.com/electrical-distribution-boards/>.

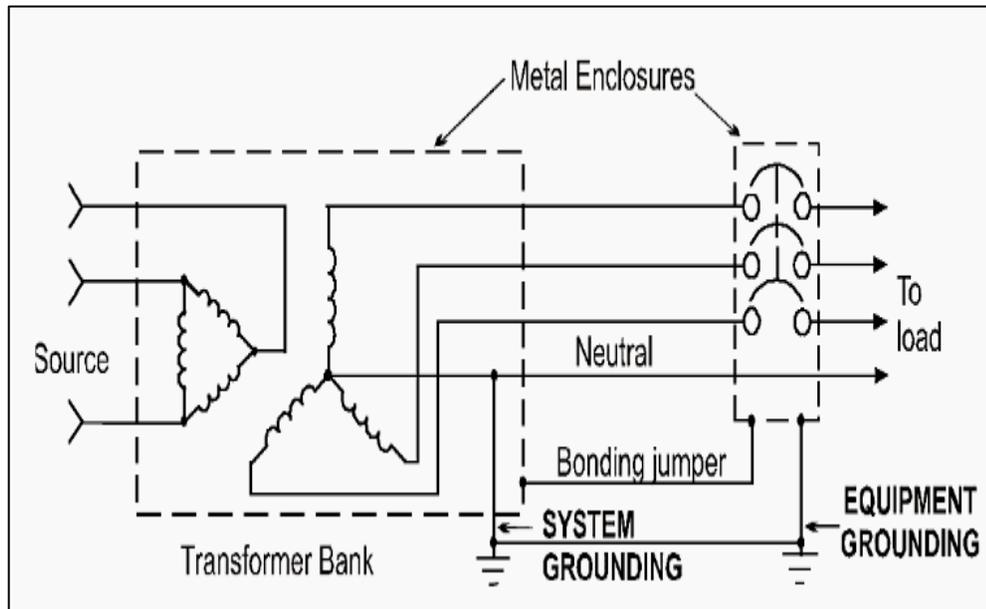
Consulta: 20 de mayo de 2020.

2.26. Sistemas de puesta a tierra

Significa establecer una conexión de tierra a los puntos neutros de los conductores que transportan corriente, como un transformador, maquinaria rotativa o partes metálicas, ya sea de manera sólida o con un dispositivo limitador de corriente

Tiene el propósito de controlar el voltaje a tierra dentro de límites predecibles. También proporciona un camino para el paso de corriente de cualquier conexión no deseada entre los conductores del sistema y tierra.

Figura 37. Sistema de puesta a tierra



Fuente: *Electrical Engineer Portal*. <https://electrical-engineering-portal.com/grounding-ground-system>. Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.27. Sistema de pararrayos

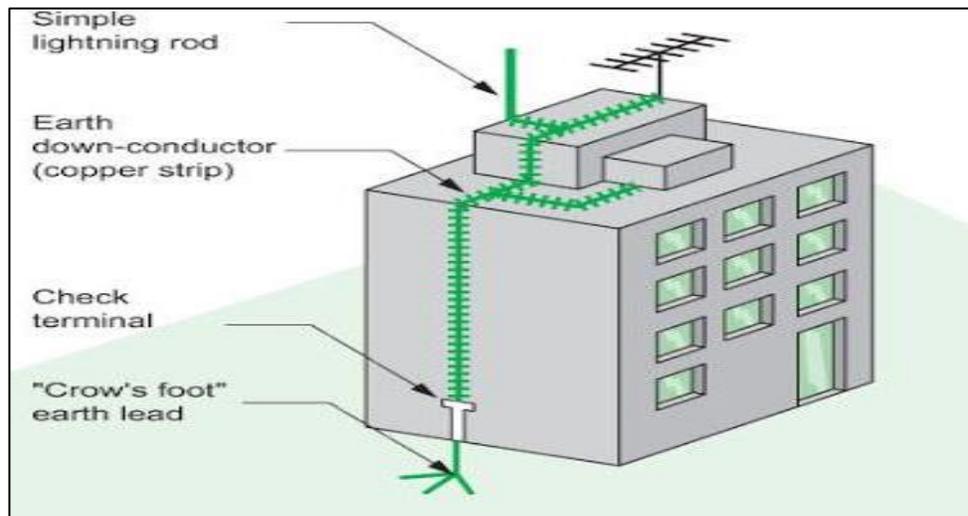
La función de un sistema de protección contra rayos es proteger las estructuras del fuego o la destrucción mecánica y evitar que las personas en los edificios resulten heridas o incluso mueran. Un sistema general de protección contra rayos consiste en protección externa contra rayos, protección contrarayos / puesta a tierra y protección contra rayos interna, protección contra sobretensiones.

- Las funciones de un sistema externo de protección contra rayos:
 - Intercepción de rayos directos a través de un sistema de terminación de aire.
 - Descarga segura de la corriente del rayo a tierra a través de un sistema de bajante.
 - Distribución de la corriente del rayo en el suelo a través de un sistema de terminación a tierra.

- Las funciones de un sistema interno de protección contra rayos.
 - Prevención de chispas peligrosas en la estructura al establecer una conexión equipotencial o mantener una distancia de separación entre los componentes de elementos conductores de electricidad.
 - Conexión equipotencial de rayos.

La conexión equipotencial de rayos reduce las diferencias potenciales causadas por las corrientes de rayos. Esto se logra interconectando todas las partes conductoras aisladas de la instalación por medio de conductores o dispositivos de protección contra sobretensiones.

Figura 38. Sistema de pararrayos



Fuente: *Electrical Engineer Portal*. <https://electrical-engineering-portal.com/grounding-ground-system>. Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.28. Cargas especiales

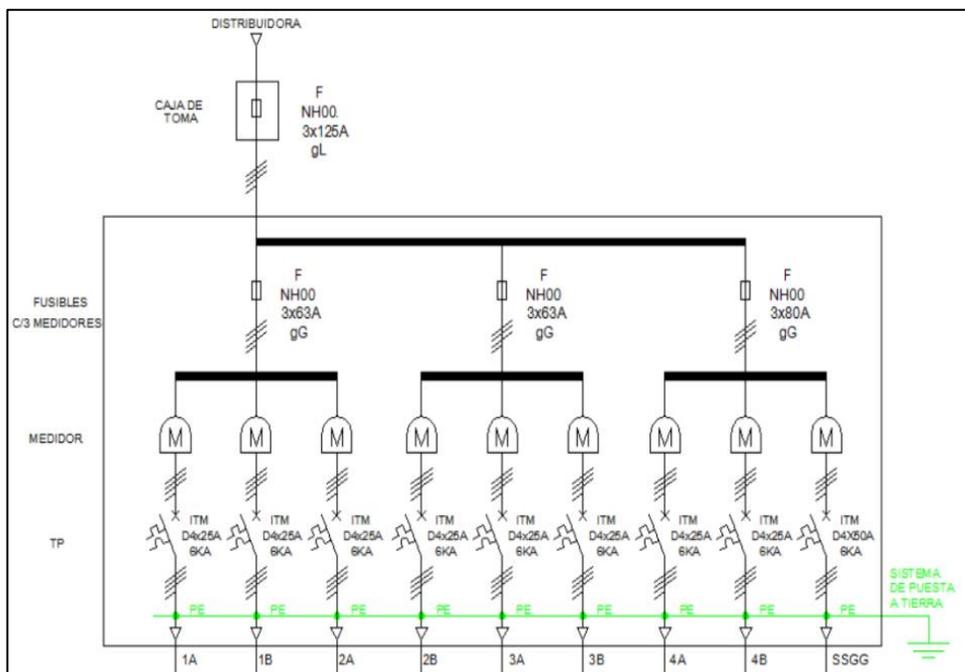
Son equipos que se valen de motores para realizar su operación, estos demandan una instalación característica. Los puntos de conexión destinados para un uso específico el consumo eléctrico será más elevado que en las cargas para servicios generales. La demanda de las cargas especiales se determina en función de la carga instalada al aplicar los factores de demanda especificados.

2.29. Diagramas unifilares

Un diagrama eléctrico unifilar es una representación de un complicado sistema de distribución eléctrica a una descripción simplificada usando una sola línea, que representa los conductores que conectan los componentes. Los

componentes principales como transformadores, *switch* e interruptores se indican mediante su símbolo gráfico estándar. El diagrama general proporciona información sobre cómo se conectan los componentes y cómo fluye la energía a través del sistema.

Figura 39. Ejemplo diagrama unifilar



Fuente: *Instalaciones Electromecánicas*. <https://ie2mmo.wordpress.com/2017/09/12/p38-22-esquema-unifilar-tp-y-general-instalacion/>. Consulta 30 de mayo de 2020.

2.30. Mantenimiento en instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas necesitan mantenimiento para mantener la planta en condiciones aceptables. El mantenimiento de este tipo debe revisarse sobre una base económica y de eficiencia energética.

Si bien el deterioro de la red de distribución puede ocasionar la interrupción costosa de la operación normal del edificios o industrias, también se debe tener en cuenta que detener una planta para el mantenimiento también puede causar una pérdida en la producción.

Por tanto, hay que tener en cuenta un plan para poder atender los requerimientos de servicio de los elementos críticos en la instalación.

Para proteger el equipo eléctrico y el personal, se debe realizar un mantenimiento preventivo adecuado del equipo eléctrico. Las instrucciones del fabricante, o los estándares de consenso de la industria, existen para ayudar a los usuarios con el mantenimiento y las pruebas de equipos eléctricos. Cuando los dispositivos de protección contra sobrecorriente se mantienen adecuadamente y se prueban para ajustes y operación adecuados, el daño del equipo y los riesgos de arco eléctrico pueden limitarse como se esperaba.

Desafortunadamente, muchos en la industria piensan que solo porque las luces están encendidas o las máquinas están funcionando, todo está bien y que no se necesita mantenimiento. El mantenimiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente es crítico para la confiabilidad de los equipos y sistemas eléctricos, así como para la seguridad del personal.

En el uso de plantas y equipos eléctricos, obviamente, hay fuentes de peligro reconocidas en regulaciones y procesos estandarizados. Estas regulaciones son obligatorias y sirven para garantizar que todas las plantas y equipos eléctricos se mantengan y prueben adecuadamente para evitar cualquier situación peligrosa que pueda dañar a los usuarios de dichos equipos o a los ocupantes del edificio.

El mantenimiento de emergencia difícilmente puede considerarse como mantenimiento en el sentido de que, en muchos casos, consiste en una reparación urgente o reemplazo de equipos eléctricos que han dejado de funcionar de manera efectiva.

2.31. Instrumentos de medición

A continuación, se describen los instrumentos de medición.

2.31.1. Equipo de calidad de energía

El equipo de calidad de energía se utiliza para analizar las características de la electricidad entrante que interactúa con los equipos y dispositivos eléctricos. Aunque no existe un puntaje de calidad integral, existen varios componentes diferentes que se pueden medir individualmente para un análisis en profundidad de la calidad general de la energía, incluidos; tensiones y corrientes transitorias, captura de forma de onda individual, distorsión armónica, monitoreo de hundimiento y oleaje, variaciones de frecuencia y factor de potencia.

Figura 40. **Medidor de calidad de energía**



Fuente: S.E. <https://www.se.com/us/en/product-category/52500-power-monitoring-%26-control/>.
Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.32. **Cámara termográfica**

Las cámaras termográficas producen imágenes de energía infrarroja o térmica invisible y proporcionan capacidades precisas de medición de temperatura sin contacto. El calor detectado por una cámara termográfica puede cuantificarse o medirse con mucha precisión, lo que le permite controlar el rendimiento térmico e identificar y evaluar la gravedad del problema.

Figura 41. **Cámara termográfica**



Fuente: *Industrial Supply*. <https://www.gz-supplies.com/testo-875-thermal-imager-thermographic-camera/>. Consulta: 30 de mayo de 2020

2.33. Multímetro

Un multímetro es un medidor de mano que se usa para medir voltaje eléctrico, corriente, resistencia y otros valores. Los multímetros vienen en versiones analógicas y digitales y son útiles para varias operaciones, desde pruebas simples, como medir el voltaje de la batería, hasta detectar fallas y diagnósticos complejos. Son una de las herramientas preferidas para solucionar problemas eléctricos en motores, electrodomésticos, circuitos, fuentes de alimentación y sistemas de cableado.

Figura 42. **Multímetro**



Fuente: *Franell*. <https://cpc.farnell.com/duratool/d03124/digital-multimeter-autoranging/dp/IN07444>. Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.34. **Amperímetro de gancho**

Un medidor de gancho es un probador eléctrico que combina un multímetro digital básico con un sensor de corriente. Las pinzas miden la corriente. Tener una mordaza de abrazadera integrada en un medidor eléctrico permite a los usuarios simplemente sujetarlo alrededor de cables en cualquier punto del sistema eléctrico y medir su corriente, sin desconectar.

Figura 43. **Amperímetro gancho**



Fuente: *Farnell*. <https://cpc.farnell.com/duratool/d03124/digital-multimeter-autoranging/dp/IN07444>. Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.35. **Megger**

Un *megger* es un instrumento que utiliza un voltaje de CC de alto valor para medir la resistencia de aislamiento.

Para medir la efectividad de la resistencia de alto voltaje, se utilizan técnicas de medición de baja corriente. Se aplica una fuente de voltaje constante a un aislante, cuya resistencia se debe medir, y la corriente resultante se lee en un circuito amperímetro altamente sensible que puede mostrar el valor de resistencia en $M\Omega$, $G\Omega$ o $T\Omega$.

Figura 44. **Megger**



Fuente: Sigma Instruments.<http://www.sigmainstruments.com/megohmmeter-sigma-autorange-p-14.html>. Consulta: 30 de mayo de 2020.

2.36. Normas técnicas eléctricas

En la mayoría de los países, las instalaciones eléctricas deben cumplir con más de un conjunto de regulaciones, emitidas por Autoridades Nacionales o por organismos privados reconocidos. Es esencial tener en cuenta estas restricciones locales antes de comenzar el diseño de una instalación eléctrica

Las normas son un conjunto de reglas que fabricantes, diseñadores e ingenieros deben cumplir al producir, instalar o construir una red eléctrica.

2.36.1. Normas ANSI e IEC

Hay dos grandes organismos de normalización en todo el mundo: el American National Standards Institute, ANSI y la International Electrotechnical Commission IEC. ANSI es el organismo de normas predominante en América del Norte y algunas regiones de América Latina, mientras que IEC predomina en gran parte del resto del mundo. Cada uno adopta un enfoque diferente para desarrollar y aprobar estándares que, cuando se aplican a diferentes etapas del desarrollo de sistemas eléctricos, el uso de cada una altera drásticamente el diseño y las pruebas finales de los equipos región por región.

Al tomar equipos fabricados en una región e instalarlos en otra, es probable que el equipo se haya diseñado con un estándar que no es aplicable al nuevo entorno. Como tal, hay varios detalles que deben tenerse en cuenta.

Los estándares ANSI están basados en el diseño. Debido a que la organización debe cumplir con el estricto código legal y de responsabilidad de América del Norte, a menudo vinculado a la seguridad de los edificios, tienen que seguir un conjunto de reglas más rigurosas en la etapa de diseño de

fabricación. Como resultado, habrá poca variación en el equipo de un fabricante a otro. Esta estandarización llega al extremo de incluir el grosor de la chapa, el color de la pintura, las barreras y otras características.

Alternativamente, debido a que los estándares IEC son aplicables en todo el mundo, en muchos países donde las prácticas locales, los códigos y los entornos legales varían drásticamente, los estándares establecidos están más basados en el rendimiento. Esto permite una mayor flexibilidad a nivel de diseño, al tiempo que hace que las pruebas y los requisitos de rendimiento sean más estrictos.

También es importante tener en cuenta que las clasificaciones entre IEC y ANSI no son necesariamente iguales o equivalentes y el equipo puede no pasar las pruebas respectivas. Este es el caso de las pruebas de aumento de temperatura y las clasificaciones de envoltorio.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Delimitación del campo de estudio

El presente estudio se realizó en el Edificio Real Palacio de los Capitanes Generales, Antigua Guatemala, Guatemala, en donde se efectuó un diagnóstico de las instalaciones eléctricas y el rediseño de estas.

3.2. Recursos humanos disponibles

La realización del estudio y análisis para las instalaciones eléctricas del Edificio Real Palacio de los Capitanes, estuvieron a cargo del estudiante investigador, teniendo apoyo en su asesor y personal propio del edificio.

3.3. Recursos materiales disponibles

- Los recursos materiales necesarios fueron:
 - Multímetro digital
 - Amperímetro de gancho
 - Desarmadores punta Phillips
 - Desarmadores punta estrella
 - Analizador de red modelo AEMC PEL 105
 - Guantes *comfortgrip gloves wx-3009-24031* talla XL
 - Casco TRUPER clase G
 - Libreta de campo
 - Alicata

3.4. Modelo teórico para las plantillas de cálculo de las instalaciones eléctricas

A continuación se realiza una descripción del modelo teórico de las plantillas de cálculo.

3.4.1. Luminarias

Para la cuantificación de luminarias se utilizará es esquema de la figura 50

Tabla VI. Levantamiento de luminarias

Sector:			
No. de Luminarias	Potencia unitaria, W	Potencia Total, W	Observaciones

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

3.4.2. Tableros

Para la plantilla de diseño de tableros de distribución donde se caracterizará la carga instalada en el tablero como la canalización, protección balance de cargas entre otros se utilizará el formato de la tabla IV:

3.4.3. Cálculo de conductores por caída de tensión

Para la plantilla de diseño de cálculo de conductores por caída de tensión se utilizará la plantilla de la figura 45:

Figura 45. Plantilla para cálculo de conductores por caída de tensión

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)			
Carga:	VA	0 kVA	
Longitud del circuito:	m		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
Tensión del sistema	V		
FP:			
Calibre del Cable:	2	< >	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC		#D1V0!
R:	0.62 OHM/kM		
X:	0.148 OHM/kM		$\Delta V(\%) = (kV \times m) \times k$
Caída de tensión:			
Voltaje Final:			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

3.4.4. Cálculo de conductores por ampacidad

Para la plantilla de diseño de cálculo de conductores por ampacidad se utilizará el esquema de la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Plantilla cálculo de conductores por ampacidad**

Calculo de Alimentador		
<i>Datos de la Carga</i>		
Carga nominal:		W
Tension del sistema:		V
	Fp:	
	Eff:	%
Factor de diseño:		%
	Corriente:	A
<i>Datos del Conductor</i>		
	Calibre:	AWG/MCM
Capacidad nominal:		A
Factor correcion Temp:		
Conductores por fase:		
Capacidad Total:		A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

3.4.5. Tuberías

Para la plantilla de diseño de cálculo de canalización de conductores se utilizará la plantilla de la figura 46:

Figura 46. Plantilla cálculo de canalización de conductores

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	▼	THW 600 V ▼				
2	▼	THW 600 V ▼				
3	▼	THW 600 V ▼				
4	▼	THW 600 V ▼				
5	▼	THW 600 V ▼				
					Area Total	0.00 mm2
Tipo de Ducto:						
Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD ▼						
Diametro:						
▼ Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	Area Total
Max. Ocupacion				40.00%	Ocupación	0.00%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.1. Generalidades

Se realizaron vistas de campo para recopilar los datos requeridos para realizar los diagnósticos eléctricos del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

En las visitas de campo se efectuó el recorrido necesario para realizar la inspección visual e instrumental de las instalaciones eléctricas del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes, con énfasis en los aspectos eléctricos principales necesarios para la operación normal de las oficinas administrativas, y otros espacios del edificio realizando la inspección y evaluación de las acometidas eléctricas, cableado general aéreo y subterráneo de los circuitos independientes, cajas de registro, determinación del consumo de corriente eléctrica de acuerdo al tipo y cantidad de equipo en uso en todas las áreas.

Se realizaron entrevistas con los encargados de las instalaciones eléctricas para conocer detalles sobre consumos de energía eléctrica, sistemas principales de operación, sistemas secundarios de operación y distribución general de energía eléctrica dentro del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes y aspectos que afectan la operación del sistema eléctrico actual.

Figura 47. **Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**

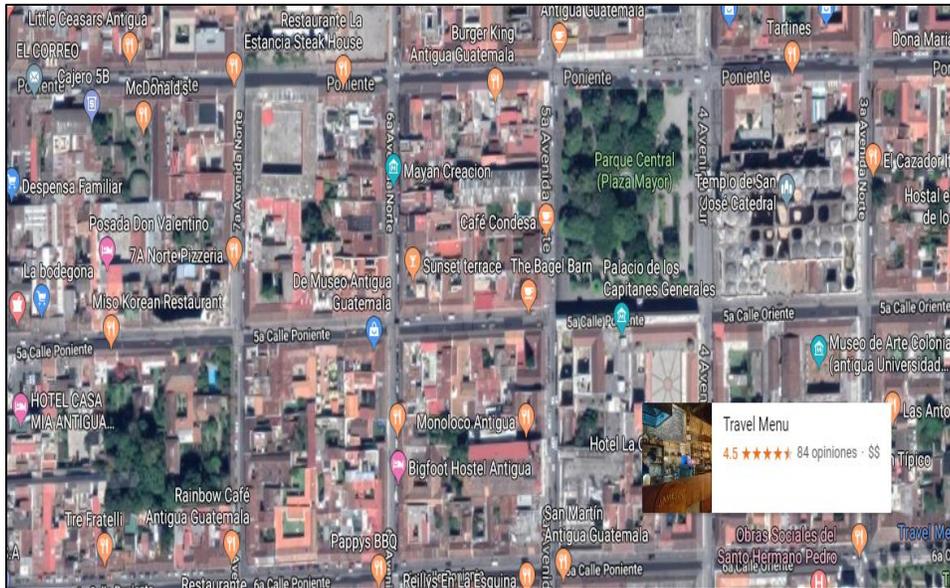


Fuente: fotografía del Centro Cultural Palacio de los Capitanes.

4.2. Descripción del edificio

El Real Palacio de los Capitanes está ubicado en el departamento de Sacatepéquez, de Guatemala. En el mapa de la figura siguiente, se muestra la ubicación del Real Palacio de los Capitanes en hoja cartográfica.

Figura 48. Ubicación del Real Palacio de los Capitanes



Fuente: Ubicación del Real palacio de los Capitanes.

4.3. Medidores

En las visitas de campo se encontró un dos medidores tipo socket 120/240 con un flipon principal de 2x100 amperios con caja para exteriores.

Figura 49. **Cajas tipo socket en acometidas Centro Cultural Real
Palacio de los Capitanes**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

4.4. Acometida eléctrica

Acometidas principales, lado secundario del transformador, instalación exterior a la intemperie, cableado principal de alimentación accesible a particulares.

En la caja de registro debajo de acometida eléctrica con deterioro en las tuberías y conductores eléctricos se encontró lodos con material corrosivo para los conductores.

Figura 50. **Acometidas eléctricas Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Cómo se observa en la figura 50 existe desgaste de aislantes de conductores de acometida y hay riesgo de corto circuito.

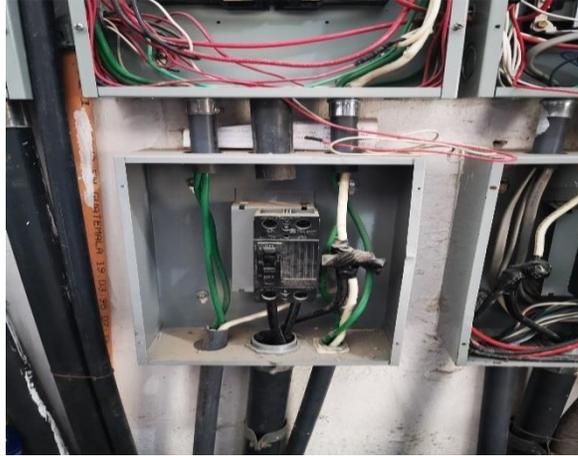
4.5. Tableros de distribución y protecciones

A continuación, se describen los tableros de distribución y protecciones encontrados en las acometidas del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Los tableros de distribución y protecciones no cumplen con la National Electrical Code® 2014, NEC 2014 artículo 110 240.

El flipon principal de la acometida 1 se encuentra deshabilitado no tiene conexión con la acometida ni con el centro de carga.

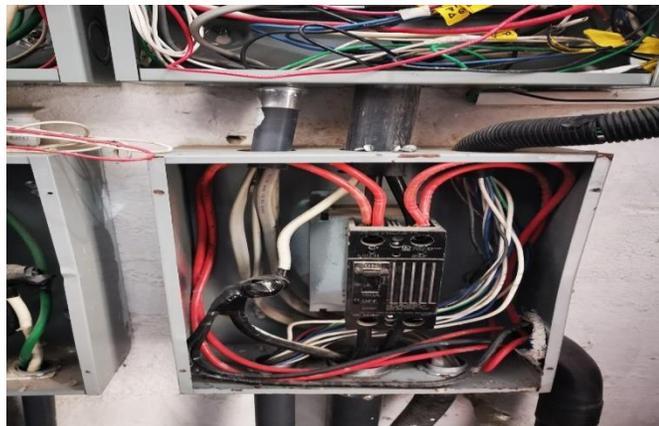
Figura 51. **Flipon principal 1**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

El flipon principal de la acometida 2 con varios circuitos derivados sin conexión adecuada de neutral y no aterrizada.

Figura 52. **Flipon principal acometida 2**

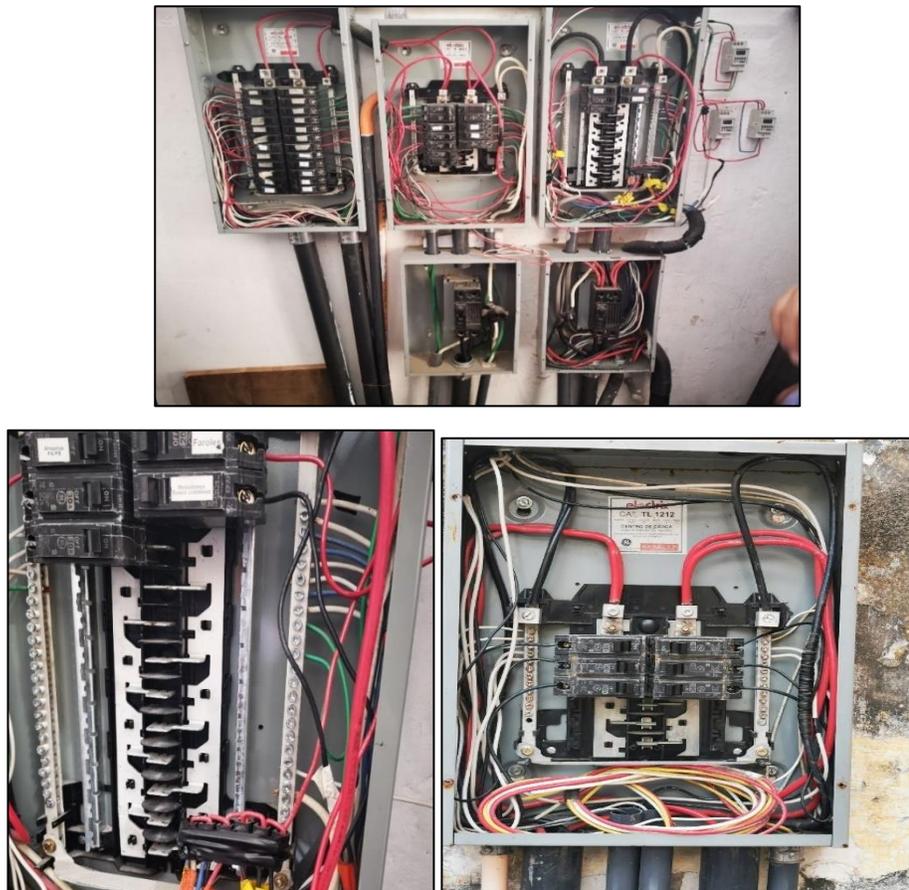


Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Se necesita cambio total del cableado eléctrico del medidor de cada acometida hacia los flipones principales se debe sellar caja de registro para evitar circuitos derivados, cambio de cableado del flipon principal a tableros de distribución de cada fase.

En los tableros de distribución secundarios se les encontró mal distribución de cargas, mal dimensionados y sobrecargados con circuitos mal distribuidos y protecciones no adecuadas para los conductores instalados.

Figura 53. **Tableros de distribución secundarios**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Se encontraron tableros de distribución bloqueados por estanterías, bloqueando en su totalidad el acceso a las protecciones de los tableros de distribución aumentado el riesgo de siniestros dentro de las instalaciones del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Figura 54. **Tableros de distribución secundarios bloqueados con estanterías**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

4.5.1. Canalización y cajas de registro

Las canalizaciones y cajas de registro se encontraron deterioradas y oxidadas por uso y falta de un plan de mantenimiento y no cumplen con la

National Electrical Code® 2014, según lo especificado en el artículo 110
Requisitos para instalaciones eléctricas.

Figura 55. **Cajas de registro**



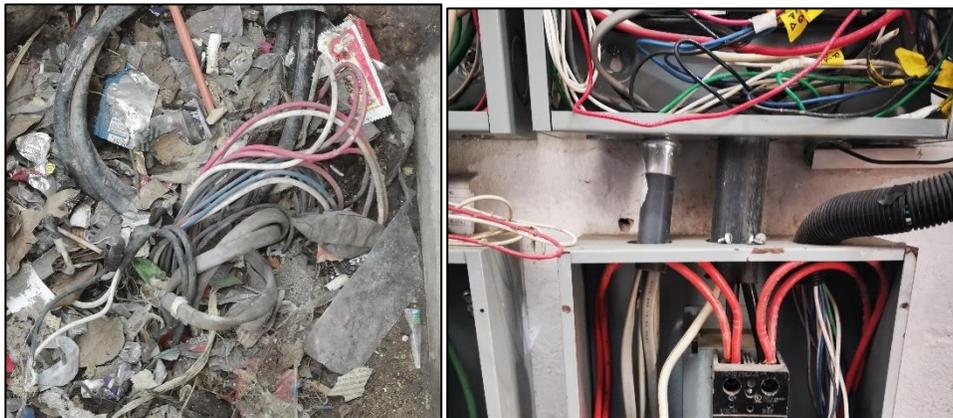
Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Todos los circuitos que llegan a los tableros de distribución del lado del secundario no están debida mente canalizados, con sus respectivos sistemas de tierras instalados.

4.6. Conductores

Se encontraron los conductores en estado deteriorado debido a que cumplió su vida útil, sobre dimensionados o sub dimensionados en los distintos circuitos de distribución, fuerza e iluminación, no cumplen con la National Electrical Code® 2014, artículo 200, 210, 215, 220, 225, 310.

Figura 56. **Conductores de circuitos de distribución del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**



Fuente:Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

4.7. Sistema de iluminación

Al realizar la inspección del estado físico y eléctrico de las luminarias no cumple con las condiciones técnicas para cargas de iluminación, su vida útil ha expirado varias secciones averiadas y sobrecargadas.

Figura 57. **Iluminación Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**



Fuente: Centro Cultural Rea Palacio de los Capitanes.

4.8. Prueba de disparo

Se tomaron interruptores termomagnéticos al azar en los tableros de distribución y secundarios de las acometidas del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes, para realizar las pruebas de disparo, para verificar su funcionamiento durante una falla, de las pruebas realizadas se verificó que su funcionamiento estaba aceptable.

4.9. Sobrecarga

Las pruebas de sobrecarga realizadas en los flipones de los tableros de distribución, consistió en poner en la posición de *off*, el flipon; luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipon la línea de circuito que protege; después se conectó al flipon una de las puntas del circuito instalado para realizar la prueba que consistió en colocar en carga hasta sobrepasar la capacidad del flipon para obtener una configuración que de cómo resultado un pequeña resistencia y con esto el aumento de la corriente; luego se conectó la otra punta del circuito a tierra; después se instaló de nuevo el flipon en el tablero.

4.10. Capacidad de cortocircuito

La prueba de cortocircuito que se realizó consistió en poner en la posición de *off*, el flipon, luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipon la línea del circuito que protege, después se conectó el extremo de un alambre forrado de calibre 12, en la cual estaba provista de un adaptador para instalarle un fusible, para este caso se utilizó de 30 A, después se colocó en su lugar el flipon, luego se conectó a tierra otra porción de alambre forrado de calibre 12, lo siguiente fue poner en la posición de *on*, el flipon, y después de tomar las previsiones se procedió a unir los extremos de los alambres para provocar un cortocircuito, encontrándose que todas las pruebas efectuadas a los flipones, estos se disparaban correctamente.

4.11. Puesta a tierra

No se encontró un sistema puesta a tierra, no cuenta con apartarrayos y no cumple con la National Electrical Code® 2014, NEC 2014 artículo 250, 280

Figura 58. **Centro de carga sin conexión a tierra del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

4.12. Apartarrayos

Un pararrayos o sistema de pararrayos tienen finalidad de proteger a las personas y objetos que se encuentran dentro de las instalaciones las instalaciones del Centro Cultural Real Palacio de los capitanes que sean alcanzados por un rayo, evitar el peligro y los daños que se puedan ocasionar en la misma construcción o en las colindantes en las instalaciones eléctricas de baja tensión, instalaciones telefónicas e instalaciones especiales.

Las instalaciones del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes no cuentan con instalaciones de pararrayos, pero es recomendable la instalación de un sistema de pararrayo, ya que protegería al equipo eléctrico instalado en él, y al personal administrativo y de mantenimiento que pudieran tener contacto

con alguna instalación eléctrica o estructura metálica del mismo, durante una descarga electro atmosférica en las instalaciones

4.13. Supresor de transientes

No se encontraron protecciones contra transitorios de voltaje en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Es recomendable la implementación de un equipo de protección para este tipo de falla para preservar la integridad de los equipos electrónicos en el lugar.

4.14. Medición y análisis de consumos

Para el análisis de diagnóstico a través de instrumentos de medición se consideran dos tipos de análisis:

- El de calidad de energía que se realizó con un medidor de calidad de energía AEMC modelo PEL 105.
- Escaneo termográfico

4.15. Calidad de energía

El equipo que se utilizó para realizar en análisis de corrientes, voltajes y potencias fue el modelo PEL 105 de AEMC que es un registrador de datos de potencia y energía fácil de usar que supervisa fuentes de energías tanto tradicionales como renovables. El equipo está diseñado para analizar el comportamiento de las instalaciones eléctricas incluyendo cumplimiento del artículo 220,87 de NEC 2014, así como auditorías de energía general.

Figura 59. **AEMC PEL 105**



Fuente: *instrument AEMC*. <https://www.aemc.com/products/power-analyzers/power-pel105>.

Consulta: 30 de mayo de 2020.

- Características:
 - Clasificación IP67 resistente al agua incluyendo los sensores de corriente.
 - 5 entradas de mediciones de tensión y 4 de corriente.
 - Mide voltios, amperios, *watts*, VARs, KWh, factor de potencia y armónicos hasta el 50.
 - Vigila costos de energía incluyendo tiempo y uso.
 - Comunicación *Wi-Fi*, bluetooth clase 1, USB, LAN y Ethernet integrada.
 - Energizado desde las entradas de fase hasta 1 000 VCA o desde un enchufe de pared.

- Tasas de almacenamiento e intervalos de demanda seleccionables por el usuario.
- Montable en postes.
- Configurable directamente desde su panel frontal, a través del panel de control de DataView® o la aplicación Android™ gratis.
- Satisface las recomendaciones de la norma NEC 220,87.
- Requiere programación mínima.
- Reconocimiento automático de los sensores/pinzas de corriente conectados.
- 1 000V CAT IV.
- Software DataView® para almacenamiento, observación en tiempo real y análisis de datos, y generación de informes.

4.16. Análisis de corrientes

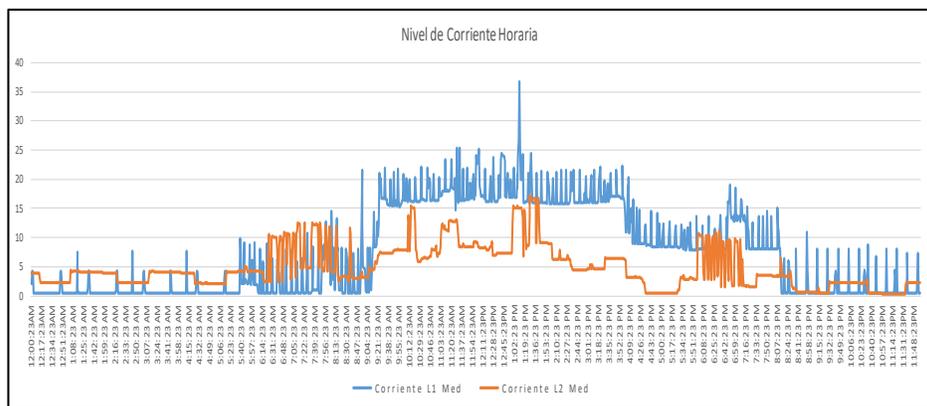
En la figura 60 se observa la lectura de los niveles de corrientes de las dos fases durante un día instalado el equipo. La gráfica observada es del día 11 de julio de 2019. Se puede observar que, en la jornada laboral del personal administrativo y de mantenimiento del Centro Cultural Real Palacio de Los Capitanes una fase tiene la mayor cantidad de consumo de corriente lo que nos lleva a interpretar que esta desbalanceado la carga instalada en las fases sobre cargando una.

Figura 60. **Toma de muestras con equipo AEMC PEL 105 en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes**



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Figura 61. **Niveles de corriente hora diaria**



Fuente: propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.17. Análisis de voltaje

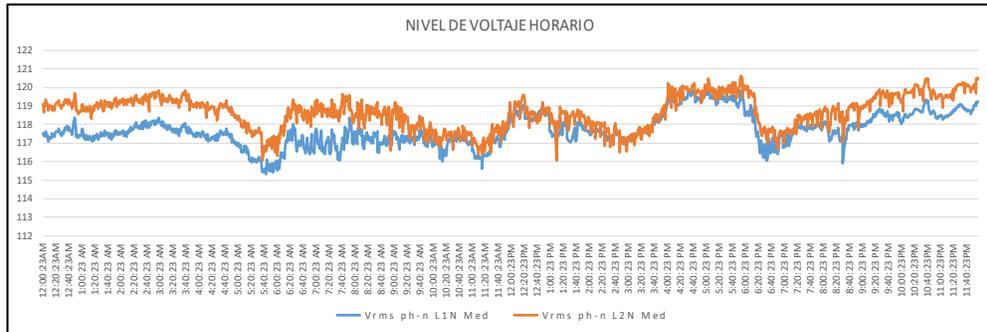
En la lectura de toma de muestra de voltaje se observan los niveles de voltajes de las dos fases durante un día instalado el equipo. La gráfica observada es del día 11 de julio de 2019. Se puede observar que, en la jornada laboral del personal administrativo y de mantenimiento del Centro Cultural Real Palacio de Los Capitanes, los voltajes tienen un poco de variación entre ellos, pero cuando se instala la carga se emparejan y se mantienen durante toda la jornada laboral.

Figura 62. Toma de voltajes con equipo AEMC PEL 105 en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.

Figura 63. Niveles de voltaje hora diaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.18. Análisis de factor de potencia

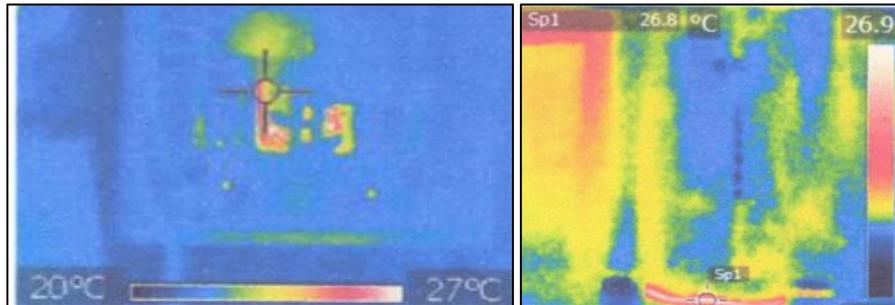
El Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes cuenta con un contrato de servicio de baja tensión en la empresa eléctrica donde no se mide el factor de potencia por tal motivo la administración no ha observado algún tipo de problema con el factor de potencia, pero como se puede observar en la gráfica hay distorsiones mayormente en la fase 1 de acometida.

4.19. Mediciones térmicas

Se tomaron con una cámara termográfica imágenes de los tableros de distribución con el fin de ubicar puntos calientes en los bornes y disyuntores, previniendo así algún tipo de falla por corrosión y pérdidas por calentamiento, estas mediciones dieron como resultados parámetros normales de temperatura de 0 a 70 °C, a excepción del tablero de distribución donde están instaladas todas las cargas el cual presento una diferencia de temperatura en la fase central círculo rojo, este incremento no representa un posible punto de falla por corrosión pues visualmente no se encontraron puntos de desgaste por calentamiento, pero si demuestra que existe un desbalance en la carga entre

las fases, es decir, por este punto pasa una corriente mucho mayor que por la otra fase, a continuación se muestra en un círculo rojo lo antes indicado:

Figura 64. **Fotografía térmica de tableros de distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe 2020.

5. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

5.1. Selección del calibre del conductor

Para el cálculo de la selección del calibre del conductor se desarrollará por medio de la corriente que llegará a la carga que se necesita alimentar tomando en consideración la capacidad de transporte del conductor; la caída de voltaje o regulación, distancia de transportación; estos factores se consideran por separado para su análisis para después comparar y tomar en consideración que factor indica la mayor sección transversal del conductor para cumplir con las necesidades de corriente demandadas por la carga instalada.

5.2. Cálculo de conductores por regulación

La caída de tensión permisible estipuladas por las normas es del 2 % de la tensión nominal para la acometida y del 3 % de la misma para los ramales.

Previo al cálculo de caída de tensión se debe de considerar las siguientes formulas:

$$V = I * R \quad \text{Ecuación 5.1}$$

$$P_{\phi} = V * I * \cos\theta \quad \text{Ecuación 5.2}$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * V * I * \cos\theta \quad \text{Ecuación 5.3}$$

Donde:

V = voltaje.

I = corriente.

R = resistencia.

P_{ϕ} = potencia monofásica.

$P_{3\phi}$ = potencia trifásica.

$\cos\theta$ = factor de potencia.

$$R = \frac{L}{(a * K)} \quad \text{Ecuación 5,4}$$

Donde:

L= longitud en metros o pies.

a= sección transversal en mm^2 o circular mils.

K= conductividad del cobre.

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

Caída de voltaje en el conductor

$$e = \frac{I * L}{a * K} \quad \text{Ecuación 5,5}$$

Donde:

e = porcentaje de caída de tensión

I = corriente.

L=2d para circuitos trifásicos.

a = sección transversal en mm² o circular mils.

K = conductividad.

5.3. Cálculo por la capacidad de conducción de corriente

El cálculo de conductores, se realizará a partir de la capacidad de corriente que necesita la carga instalada, quien es la que define la corriente que debe soportar el conductor.

Se calcula la corriente nominal del circuito.

$$I_{nom} = S / (\phi V) \quad \text{Ecuación 5,6}$$

Donde:

S= potencia aparente Instalada.

ϕ = sistema al cual está instalado, monofásico o trifásico.

V= voltaje.

Tomando en consideración la Potencia Instalada, el factor de potencia = 1 definido por el fabricante.

- Se calcula la corriente de tabla en función a los siguientes factores:
- I de tabla = I nom. / producto de factores Ecuación 5,7
- Factor temperatura ambiente menor a 40°, factor 1.
- Factor por conductores dentro de tubería para 1 conductor vivo, factor 1.
- Factor por tipo de tubería, para tubería metálica, factor 1.

- Factor por tipo de servicio, para servicio continuo, factor 1.

Se calcula la corriente de diseño en función del crecimiento vertical de las instalaciones.

- $I_{\text{diseño}} = I_{\text{tabla}} \times \text{factor de crecimiento}$ Ecuación 5,8
- Por norma se calcula para un crecimiento mínimo del 25 %.
- $I_{\text{diseño}} = I_{\text{tabla}} \times 1,25$ Ecuación 5,9

Se busca referencia de conductor de acuerdo que soporte como mínimo la corriente de diseño.

Por normativa NEC, el calibre mínimo utilizado en instalaciones eléctricas es el número 14 para iluminación y número 10 para potencia, de manera que si se obtiene en cálculos de circuitos una corriente que corresponda a un conductor de menor diámetro a los normados, se omite y se escoge el valor antes mencionado de acuerdo al tipo de circuito de iluminación o potencia.

Tabla IX. Ampacidad de conductores

T A B L A 1.6

AMPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES
EN CONDUIT (BASADO EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C)
RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR (VER TABLA C)

°C	60 °C	75 °C	90 °C	110 °C	125 °C	200 °C	250 °C
	140 °F	167 °F	194 °F	230 °F	257 °F	392 °F	482 °F
T I P O S							
CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RH RHW RUH THW THWN	TA TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	65	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555	---	---		
1000	455	545	585	680	730		
1250	495	590	645	---	---		
1500	520	625	700	785	---		
2000	560	665	775	840	---		

1.- PARA TEMPERATURAS MAYORES VER TABLA C DE FACTORES DE CORRECCION.
2.- AMPACIDAD PARA LOS TIPOS DE CONDUCTORES RRH, THHN. CALIBRE 14, 12 Y 10. DEBE SER EL MISMO PARA CONDUCTORES DE 75 °C EN ESTA TABLA.

Fuente: HARPER, Gilberto Enrique. *Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas.* p.25.

5.4. Cálculo de protecciones

Para el cálculo de conductor de cada circuito, se calcula su correspondiente protección, la cual debe ser seleccionada para una corriente de 1,25 veces la corriente nominal = I_{nom} y por debajo de la corriente máxima soportada por el conductor seleccionado.

$$I_{protección} = 1,25 * I_{nom} \quad \text{Ecuación 5,10}$$

5.5. Cálculo tablero

Para el cálculo de un tablero de distribución se debe de considerar la demanda media estimada o DME, y el número de polos a utilizar. Teniendo el valor total de la DME del tablero se tiene:

$$I_{diseño} = (DME * 1,25) / (\sqrt{\phi} * V) \quad \text{Ecuación 5,11}$$

$$\text{Capacidad de barras} = 2 * I_{diseño} \quad \text{Ecuación 5,12}$$

$$\text{Número de polos} = \# \text{ espacios} * \text{factor crecimiento}, 1,5 \quad \text{Ecuación 5,13}$$

$$I_{flipon principal} = I_{nom} * 1,25 \quad \text{Ecuación 5,14}$$

La realización del cálculo de protecciones se realiza de la misma forma para todos los circuitos, teniendo los siguientes valores de tablero, sus correspondientes conductores por circuitos y sus protecciones.

- Tipo NLAB: este tablero es utilizado generalmente para la protección y corte de circuitos de iluminación, tomacorrientes y carga menores tales como: pequeños equipos de aire acondicionado, máquinas de oficinas y otros.

5.6. Número de conductores en tubería

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

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

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

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

Tabla X. **Número de conductores de acuerdo al diámetro de tubería**

CALIBRE AWG o MCM	DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS									
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
	Cantidad de conductores									
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3

Fuente: *Nacional Electrical Code.*

5.7. Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre

En una tubería pueden ser canalizados distintos circuitos de alimentación de iluminación y fuerza, los cuales pueden tener distintos requerimientos de

corriente y voltaje de alimentación lo cual deriva en diferentes calibres de los conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de la canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{a}{A} \quad \text{Ecuación 5,15}$$

Donde

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización.

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

53 % para un conductor

31 % para dos conductores

40 % para tres o más conductores

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

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

CALIBRE AWG o MCM	TIPO DE AISLANTE TW O THW
	Área aproximada plg ²
14	0,0206
12	0,0251
10	0,0311
8	0,0526
6	0,0819
4	0,1087
2	0,1473
1/0	0,2367
2/0	0,2781
3/0	0,3288
4/0	0,3904
250	0,4877
300	0,5581
350	0,6291
400	0,6969

Fuente: *Nacional Electrical Code NEC*

5.8. Iluminación

Acorde al artículo 2 del reglamento de conservación para la antigua Guatemala, dice bienes culturales muebles. Bienes culturales muebles son aquellos que, por razones religiosas o laicas, sean de genuina importancia para el país, y tengan relación con la paleontología, la arqueología, la antropología, la historia, la literatura, el arte, la ciencia o la tecnología guatemaltecas, que provengan de las fuentes enumeradas a continuación:

- Las colecciones y los objetos o ejemplares que, por su interés e importancia científica para el país, sean de valor para la zoología, la botánica, la mineralogía, la anatomía y la paleontología guatemaltecas.
- El producto de las excavaciones o exploraciones terrestres o subacuáticas, autorizadas o no, o el producto de cualquier tipo de descubrimiento paleontológico o arqueológico, planificado o fortuito.
- Los elementos procedentes de la desmembración de monumentos artísticos, históricos y de sitios arqueológicos.
- Los bienes artísticos y culturales relacionados con la historia del país, acontecimientos destacados, personajes ilustres de la vida social, política e intelectual, que sean de valor para el acervo cultural guatemalteco, tales como:
 - Las pinturas, dibujos y esculturas originales.
 - Las fotografías, grabados, serigrafías y litografías.
 - El arte sacro de carácter único, significativo, realizado en materiales nobles, permanentes y cuya creación sea relevante desde un orden histórico y artístico. d) Los manuscritos incunables y libros antiguos, mapas, documentos y publicaciones.
 - Los periódicos, revistas, boletines y demás materiales hemerográficos del país.
 - Los archivos, incluidos los fotográficos, cinematográficos y electrónicos de cualquier tipo.
 - Los instrumentos musicales.
 - El mobiliario antiguo.

Por lo que para este caso no están aprobadas modificaciones en ninguna unidad de iluminación dentro del área del Centro Cultural Real Palacio de Los Capitanes, por lo que para fines del presente estudio se consideran las unidades de iluminación existentes.

5.9. Pararrayos

Para la instalación del equipo de pararrayos se recomienda según norma:

- El pararrayos deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto más elevado de la superficie a proteger.
- Irá siempre sustentado por una antena o una columna, de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.
- Será fijado sólidamente a la antena sustentador, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- El cable o cables de bajada del pararrayos deberán ser de cobre desnudo o aislado, de una sección no inferior a 50 mm.
- El cable o cables de bajada, una vez fijados a la abrazadera del pararrayos y con el fin de evitar deterioros por dilataciones o frotamientos, serán guiados por guías-cables, aisladores montados sobre soportes metálicos incrustados en el mástil o estructura del pararrayos.
- Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea recta como sea posible.
- A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad no inferior a 80 centímetros. A partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.

- Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación, este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético, que se cierre alrededor del mismo.
- El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.
- La toma de tierra del pararrayos se realizará preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placa de cobre.
- El tapado de los pozos y zanjas se realizará preferentemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras y cascotes. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal, entre otros.
- Es aconsejable unificar todas las tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispersor único, tanto para las altas como las bajas tensiones.

5.10. Supresores de transientes

Para la selección del supresor de transientes se deben de seguirse los criterios descritos en NEC 2014 en su artículo 285.

5.11. Cálculos matemáticos de las instalaciones eléctricas del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes

El Centro Cultural Real Palacio de Los Capitanes está compuesto de dos niveles con los mismos ambientes y metraje cuadrado por lo que se considera homogenizar dos acometidas una para cada nivel considerando la carga demandada de los ambientes administrativos, de mantenimiento, exposiciones, servicios sanitarios, corredores, salas de convenciones, entre otros.

5.12. Cálculo de conductores

La selección de conductores se realizó con base en dos criterios:

- La capacidad de conducción de corriente, ampacidad
- La caída de voltaje para circuitos con una longitud lineal considerable

Por normativa NEC, el calibre mínimo utilizado en instalaciones eléctricas es el número 14 para iluminación y número 10 para potencia, de manera que si se obtiene en cálculos de circuitos una corriente que corresponda a un conductor de menor diámetro a los normados, se omite y se escoge el valor antes mencionado de acuerdo al tipo de circuito, iluminación o potencia.

5.13. Circuitos de fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos de Fuerza C1, C2, D1, D2 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D

Se consideran circuitos de 15 tomacorrientes de uso general con potencia instalada de cada uno de 180 va, esto nos da una potencia total instalada disponible por circuito de a una distancia menor a 70 metros de distancia

En la figura 65 se realizó el cálculo de conductor por caída de tensión.

Figura 65. Cálculo de conductor por caída de tensión de los circuitos de fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos fuerza C1, C2, D1, D2 acometida segundo nivel tableros de distribución C,D

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	2700 VA	2.7 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	120 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	10	2 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	1.95 OHM/kM	
X:	0.082 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.026$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión:	$\Delta V(\%) = 4.93$	
Voltaje Final:	114.08 V	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XII se realizó el cálculo de conductor por ampacidad.

Tabla XII. **Cálculo de conductores por ampacidad de los circuitos de Fuerza A1, A2, B1, B2 acometida primer Nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos Fuerza C1, C2, D1, D2 acometida Segundo nivel tableros de distribución C,D**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	2700 VA
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	22.50 A
Datos del Conductor	
Calibre:	10 AWG/MCM
Capacidad nominal:	30 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	30.00 A

Calibre

Temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5.14. Circuitos fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos Fuerza C3, C4, D3, D4 acometida Segundo nivel tableros de distribución C,D

Se consideran circuitos de 15 tomacorrientes de uso general con potencia instalada de cada uno de 180 VA, esto nos da una potencia total instalada disponible por Circuito de a una distancia menor a 150 metros de distancia

En la figura 66 se realizó el cálculo de conductor por caída de tensión.

Figura 66. **Cálculo de conductor por caída de tensión Fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer Nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos Fuerza C3, C4, D3, D4 acometida Segundo nivel tableros de distribución C,D**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	2700 VA	2.7 kVA
Longitud del circuito:	150 m	
Tensión del sistema	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	6	2 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k = 0.0109$
R:	0.805 OHM/kM	
X:	0.0835 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 4.44$		
Voltaje Final: 114.66 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla XIII se realizó el cálculo de conductor por ampacidad.

Tabla XIII. **Cálculo de conductores por ampacidad de los circuitos de Fuerza A3, A4, B3, B4 acometida primer Nivel tableros de secundarios de distribución A y B y circuitos Fuerza C3, C4, D3, D4 acometida Segundo nivel tableros de distribución C,D**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	2700 VA
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	22.50 A
Datos del Conductor	
Calibre:	10 AWG/MCM
Capacidad nominal:	30 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	30.00 A

Temperatura del cable: 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente: 26-30 °C

Conductores por fase:

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5.15. Circuitos de iluminación A5, A6, B5, B6, C5, C6, C7, D5, D6, D7, D8 de acometida primer nivel y acometida segundo nivel. tableros secundarios de distribución de acometidas A, B, C, D

Se consideró para el cálculo de los circuitos de iluminación agrupar las luminarias por áreas según su colindancia con los ambientes de trabajo administrativos, de mantenimiento, patios, salones, servicios sanitarios.

Tabla XIV. Circuitos de iluminación A5, A6, B5, B6, C5, C6, C7, D5, D6, D7 de los tableros secundarios de distribución A, B, C, D de acometida 1 y 2 del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes

Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes				
Circuitos en los tableros de distribución Secundarios A,B,C,D de acometida 1 y 2				
No. de Luminarias	Descripción	Potencia unitaria, W	Potencia total, W	Observaciones
5	Luminaria de sobre poner incandescentes.	300	1 500	A5
12	Candelabro de 5 lámparas, 25W cada lámpara, total de 125W	125	1500	A6
24	Lámpara fluorescente 1X40W [dimensiones 2' x 4' , LED]	40	960	B5
7	Lámpara fluorescente de 2X40W [dimensiones 2' x 4', LED]	80	560	B6
8	Lámpara fluorescente de 4X40W [Dimensiones 2' x 4', LED]	160	1 280	C5
1	Luminaria tipo reflector incandescente.	1600	1 600	C6
10	Luminaria tipo ojo de Buey	50	500	C7
50	Luminarias led 13.2W	13,2	660	D5
12	Lámpara de Estudio	40	480	D6
13	Lámpara de pedestal	40	520	D7

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En las figuras de la 67 a la 76 se realizaron los cálculos de conductor por caída de tensión circuitos de iluminación A5, A6, B5, B6, C5, C6, C7, D5, D6, D7.

Figura 67. **Cálculo de conductor por caída de tensión circuito A5**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	1578 VA	1.578 kVA
Longitud del circuito:	60 m	
Tensión del sistema	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	10	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0521$
R:	3.9 OHM/kM	
X:	0.164 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 4.93$		
Voltaje Final: 114.07 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 68. **Cálculo de conductor por caída de tensión del circuito A6**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	1500 VA	1.5 kVA
Longitud del circuito:	50 m	
Tensión del sistema	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	10	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0521$
R:	3.9 OHM/kM	
X:	0.164 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.91$		
Voltaje Final: 115.3 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 69. **Cálculo de conductor por caída de tensión circuito B5**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	1010 VA	1.01 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	10	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0521$
R:	3.9 OHM/kM	
X:	0.164 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.68$		
Voltaje Final: 115.57 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 70. **Cálculo de conductor por caída de tensión circuito B6**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	589 VA	0.589 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	12	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0878$
R:	6.6 OHM/kM	
X:	0.177 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.62$		
Voltaje Final: 115.65 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 71. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C5

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	1347 VA	1.347 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	12	2 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	3.3 OHM/kM	
X:	0.0885 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0439$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 4.14$		
Voltaje Final: 115.02 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 72. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C6

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	1600 VA	1.6 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	
FP:	1	
Calibre del Cable:	10	2 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	1.95 OHM/kM	
X:	0.082 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.027$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.03$		
Voltaje Final: 116.36 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 73. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito C7

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	500 VA	0.5 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	
FP:	1	
Calibre del Cable:	12	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	6.6 OHM/kM	
X:	0.177 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0916$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.2$		
Voltaje Final: 116.15 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 74. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D5

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	694 VA	0.694 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	120 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	12	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	6.6 OHM/kM	
X:	0.177 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0878$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 4.26$		
Voltaje Final: 114.87 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 75. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D6

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	480 VA	0.48 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	1	
Calibre del Cable:	12	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0916$
R:	6.6 OHM/kM	
X:	0.177 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.08$		
Voltaje Final: 116.3 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 76. Cálculo de conductor por caída de tensión circuito D7

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	520 VA	0.52 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	120 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	1	
Calibre del Cable:	12	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0916$
R:	6.6 OHM/kM	
X:	0.177 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.33$		
Voltaje Final: 115.99 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XV se puede observar el cálculo de conductor por ampacidad.

Tabla XV. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito A5**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	1500 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	11.88 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XVI. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito A6**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	1500 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	12.50 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre

Temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XVII. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito B5**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	960 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	7.60 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre



Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

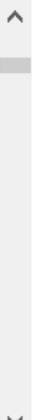
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XVIII. **Cálculo de conducto por ampacidad circuito B6**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	560 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	4.43 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre



Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

▼

Tabla 310,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XIX. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito C5**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	1280 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	10.13 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre
↑
↓

Temperatura del cable

60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XX. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito C6**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	1600 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	13.33 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre
↑
↓

Temperatura del cable

60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXI. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito C7**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	500 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	4.17 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre

^
v

Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

▼

Tabla 310,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXII. **Cálculo de conductor por ampacidad Circuito D5**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	660 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	5.50 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre

^
v

Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXIII. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito D6**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	480 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	4.00 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre

▲

▼

Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXIV. **Cálculo de conductor por ampacidad circuito D7**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	520 W
Tension del sistema:	120 V
Fp:	1
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	4.33 A
Datos del Conductor	
Calibre:	14 AWG/MCM
Capacidad nominal:	20 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	20.00 A

Calibre

▲

▼

Temperatura del cable

60 °C
 75 °C
 90 °C

Temperatura ambiente

26-30 °C

Conductores por fase

▲

▼

Tabla 310,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tomando los dos métodos de cálculo de conductores se observa en el desarrollo matemático, que el resultado obtenido en el método de caída de tensión es de mayor calibre de conductor debido a las distancias que debe de alimentarse la carga lumínica, debido a ello los calibres de conductores de alimentación de la carga lumínica se tomaran los resultados obtenidos en el método de caída de tensión ya que es mayor el calibre de conductor que por el método de ampacidad.

5.16. Cálculo de protecciones de cada circuito

Obtenido el cálculo de conductor de cada circuito, se calcula su correspondiente protección, la cual debe ser seleccionada para una corriente de 1,25 veces la I_{nom} y por debajo de la corriente máxima soportada por el conductor seleccionado.

$$\text{Protección} = 1,25 * I_{nom}$$

5.16.1. Cálculo de tableros de distribución

Teniendo el valor total de la DME del tablero se tiene:

$$I_{\text{diseño}} = (DME * 1,25) / (\sqrt{\phi} * V)$$

$$\text{Capacidad de barras} = 2 * I_{\text{diseño}}$$

$$\text{Número de polos} = \# \text{ espacios} * \text{factor crecimiento } 1,5$$

$$I_{\text{flipon}} = I_{nom} * 1,25$$

La realización del cálculo de protecciones se realiza de la misma forma para todos los circuitos, teniendo los siguientes valores de tablero, sus correspondientes conductores por circuitos y sus protecciones.

Para los tableros de distribución principal 1, principal 2 y para los tableros de distribución secundarios A, B, C, D se tomó el tablero tipo NLAB: Este tablero es utilizado generalmente para la protección y corte de circuitos de iluminación, tomacorrientes y carga menores tales como: pequeños equipos de aire acondicionado, máquinas de oficinas y otros.

Tabla XXV. **Característica tablero de distribución tipo NLAB**

Características Eléctricas	
Barras principales	125 hasta 400 A máxima.
Interruptor principal	Con o sin, 400 A máxima.
Interruptores modelo	Cutler Hammer, Square D, General Electric, ABB.
Voltaje de trabajo	240/120 V máxima 60 Hz.
Servicio	2 fases 3 hilos 2 fases 4 hilos 3 Fases 4 hilos 3 fases 5 hilos.
Montaje	Superficial o empotrado, intemperie o a prueba de polvo.
Número de circuitos	Hasta 42 circuitos.
Barras	Plateadas o pintadas.
Capacidad de interrupción Máxima	10KA Icc rms en 240 VC. Limitados por los circuitos ramales.
Lámina utilizada	Calibre 16, 1,5mm calibre 14, 1,9mm.
Pintura	Gris electrostático RAL 7042.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 77. **Cálculo de conductores de tablero de distribución principal TP1 por el método de caída de voltaje**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)			
Carga:	28199 VA	28.199 kVA	
Longitud del circuito:	70 m		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
Tensión del sistema:	240 V		
FP:	0.95		
Calibre del Cable:	2	< >	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC		$k=0.0022$
R:	0.62 OHM/kM		
X:	0.148 OHM/kM		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 4.35$			
Voltaje Final: 229.55 V			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 78 se observa el cálculo de ocupación de ductos de canalización de conductores de alimentación de tablero principal TP1

Figura 78. **Cálculo de conductores de tablero de distribución TP1 por el método de ampacidad**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
2	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
3	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69
5	12	THW 600 V	0			
Area Total						304.48 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "					Diametro**	34.5 mm
Area Total						934.82 mm2
Max. Ocupacion				40.00%	Ocupación	32.57%

*Fabricante del cable: Arelven
** Según tabla del CEN 2004

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

5.17. Tablero secundario A

Cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario A por el método de caída de voltaje.

Figura 79. **Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario A**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	14315 VA	14.315 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	240 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	4	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	1.02 OHM/kM	
X:	0.157 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k = 0.0035$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.54$		
Voltaje Final: 231.49 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XXVII se observa el cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario A por el método de ampacidad.

Tabla XXVII. **Cálculo de conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario A**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	13600 W
Tension del sistema:	240 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	53.83 A
Datos del Conductor	
Calibre:	4 AWG/MCM
Capacidad nominal:	70 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	70.00 A

Calibre

Temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Tabla 310,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 80 se describe el cálculo de ductos para los conductores de alimentación del tablero de distribución secundario A.

Figura 80. **Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria A**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
2	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
3	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69
5	12	THW 600 V	0			
Area Total						234.58 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "				Diametro** 34.5 mm		
Area Total						934.82 mm2
Max. Ocupacion				40.00%	Ocupación	
					25.09%	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 81. **Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario B**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	13051 VA	13.051 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	240 V	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	4	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	$k=0.0035$
R:	1.02 OHM/kM	
X	0.157 OHM/kM	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.22$		
Voltaje Final: 232.24 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XXIX se encuentra el cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario B por el método de ampacidad

Tabla XXIX. **Cálculo de Conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario B**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	12399 W
Tension del sistema:	240 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	49.08 A
Datos del Conductor	
Calibre:	4 AWG/MCM
Capacidad nominal:	70 A
Factor correcion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	70.00 A

temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

Tabla 310,16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 82 se encuentra el cálculo de ductos para los conductores de alimentación del tablero de distribución secundario B

Figura 82. **Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria B**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63	
2	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63	
3	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63	
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69	
5	12	THW 600 V	0				
						Area Total	234.58 mm2
Tipo de Ducto:							
Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro:							
1 1/4 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado						Diametro**	34.5 mm
1 1/4 "						Area Total	934.82 mm2
				Max. Ocupacion	40.00%	Ocupación	25.09%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

La figura 83 describe el cálculo conductores alimentación tablero de distribución principal TP2 método caída de tensión

Figura 83. **Cálculo de conductores de alimentación del tablero principal TP2 por el método de caída de tensión**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	28707 VA	28.707 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	240 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	2	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	0.62 OHM/kM	
X:	0.148 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0022$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión:	$\Delta V(\%) = 4.43$	
Voltaje Final:	229.36 V	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 84 se encuentra el cálculo ocupación ductos de canalización de conductores de alimentación de tablero principal TP2.

Figura 84. **Cálculo de canalización de conductores de alimentación del tablero principal TP2**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
2	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
3	2	THW 600 V	1	10.46	85.93	85.93
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69
5	12	THW 600 V	0			
					Area Total	304.48 mm2
Tipo de Ducto:						
Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro:						
1 1/4 Pulgadas						
Díametro mínimo recomendado						
1 1/4 "						
				Max. Ocupacion	40.00%	
				Ocupación	32.57%	
Diametro**						
34.5 mm						
					Area Total	934.82 mm2

*Fabricante del cable: Aralven
**Según tabla del CEN 2004

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

5.19. Tablero secundario C

Cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario C por el método de caída de voltaje.

Figura 85. Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario C

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	14996 VA	14.996 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema:	240 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	4	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	1.02 OHM/kM	
X:	0.157 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0035$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.71$		
Voltaje Final: 231.09 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XXXII se observa el cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario C por el método de ampacidad.

Tabla XXXII. Cálculo de Conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario C

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	14247 W
Tension del sistema:	240 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	56.39 A
Datos del Conductor	
Calibre:	4 AWG/MCM
Capacidad nominal:	70 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1

Calibre

Temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 86 se describe el cálculo de ductos para los conductores de alimentación del tablero de distribución secundario C.

Figura 86. **Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria C**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
2	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
3	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69
5	12	THW 600 V	0			
					Area Total	234.58 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "					Diametro**	34.5 mm
					Area Total	934.82 mm2
Max. Ocupacion				40.00%	Ocupación	25.09%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXXIII. Tablero de distribución C

TABLERO ELECTRICO

Tipo de Tablero: ALUB Poles: 24 Voltaje del Tablero (V): 240	Instalación: Aut. apartamento Contratante: NEBA Corriente de Barra (A): 100	C. Interrupción (kA): 2 Color: GRIS INDUSTRIAL Interruptor principal (P/P): 3P	Proyecto: CENTRO CULTURAL DEL P.O. ANTONIO O'DONOGHUE Alim. Tablero Principal: Alim. Tablero Principal Corriente Alim. Tab. (A): 4 AWG THHN 1 1 14 Entrada Superior
Nombre del Tablero: TABLERO SECUNDARIO C			

Carga Conectada	VA	Tablero			Conductor			Interruptor			Carga Conectada	VA							
		Materia	Disperso (m²)	Cant. por fase	Alambre	Calibre	Tipo	Nº (A) 3P	Calibre	Alambre			Nº (A) 3P						
Circuito C2 (15 TUB)	2700	PVC	34	1	THHN	10 AWG	OC	25	1	25	OC	10 AWG	THHN	1	OC	PVC	2700	Circuito C2 (15 TUB)	
Circuito C3 (15 TUB)	2700	PVC	34	1	THHN	6 AWG	OC	25	3	4	25	OC	6 AWG	THHN	1	OC	PVC	2700	Circuito C4 (15 TUB)
Circuito Iluminación C1	500	PVC	34	1	THHN	12 AWG	OC	20	5	4	20	OC	10 AWG	THHN	1	OC	PVC	500	Circuito Iluminación C2
Circuito Iluminación C2	1547	PVC	34	1	THHN	12 AWG	OC	20	7	8	20	OC	10 AWG	THHN	1	OC	PVC	1547	Circuito Iluminación C3
									9	10									
									11	12									
									13	14									
									15	16									
									17	18									
									19	20									
									21	22									
									23	24									
									25										
									26										
									27										
									28										
									29										
									30										
									31										
									32										
									33										
									34										
									35										
									36										
									37										
									38										
									39										
									40										
									41										
									42										
									43										
									44										
									45										
									46										
									47										
									48										
									49										
									50										

	VA	A	% POT.	
A	7500	18,04	52,64	RESERVA 14247,00 VA 100,00%
B	6747	16,23	47,36	
TOTAL				14247

BARRA DE TUBERA
 BARRA DE NEUTRO

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

5.20. Tablero secundario D

Cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario D por el método de caída de voltaje.

Figura 87. **Cálculo de conductor de alimentación por el método de caída de tensión de tablero de distribución secundario D**

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	13115 VA	13.115 kVA
Longitud del circuito:	70 m	
Tensión del sistema	240 V	
FP:	0.95	
Calibre del Cable:	4	1 Cond. por fase
Material de la tubería:	PVC	
R:	1.02 OHM/kM	
X:	0.157 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k=0.0035$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 3.24$		
Voltaje Final: 232.21 V		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la tabla XXXIV se observa el cálculo de conductor de alimentación de tablero de distribución secundario D por el método de ampacidad.

Tabla XXXIV. **Cálculo de Conductor de alimentación por el método de ampacidad del tablero de distribución secundario D**

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	12460 W
Tension del sistema:	240 V
Fp:	0.95
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	49.32 A
Datos del Conductor	
Calibre:	4 AWG/MCM
Capacidad nominal:	70 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	70.00 A

temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
 26-30 °C

Conductores por fase

▲
▼

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En la figura 88 se determinó el cálculo de ductos para los conductores de alimentación del tablero de distribución secundario D.

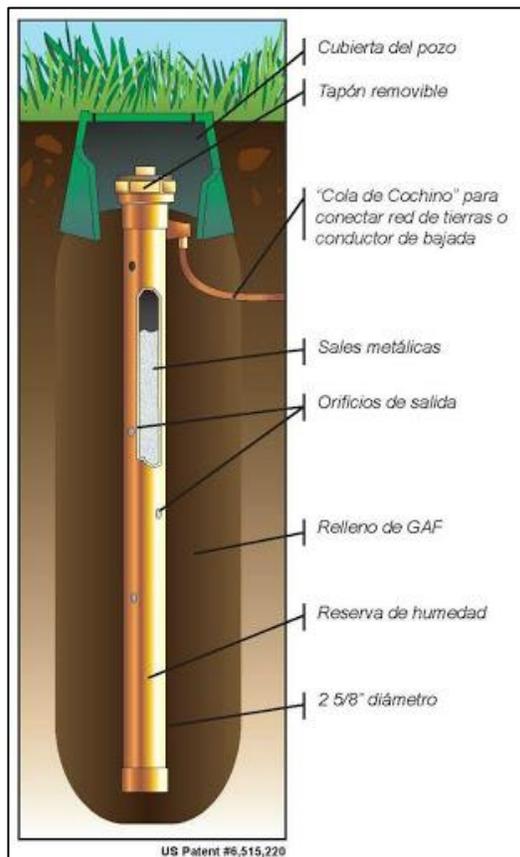
Figura 88. **Cálculo de ductos para canalización de los conductores de alimentación del tablero secundaria D**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
2	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
3	4	THW 600 V	1	8.93	62.63	62.63
4	6	THW 600 V	1	7.71	46.69	46.69
5	12	THW 600 V	0			
					Area Total	234.58 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "					Diametro**	34.5 mm
					Area Total	934.82 mm2
Max. Ocupacion				40.00%	Ocupación	25.09%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

es más costoso en comparación con una barra copperweld convencional, el sistema de puesta a tierra resultará más económico. Unidad: Kit, Capacidad: Hasta 600 A. Altura: 78 cm.

Figura 89. **Varilla química Kit, Capacidad: Hasta 600 A. Altura: 78 cm**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe 2020.

5.22. Supresores de transientes

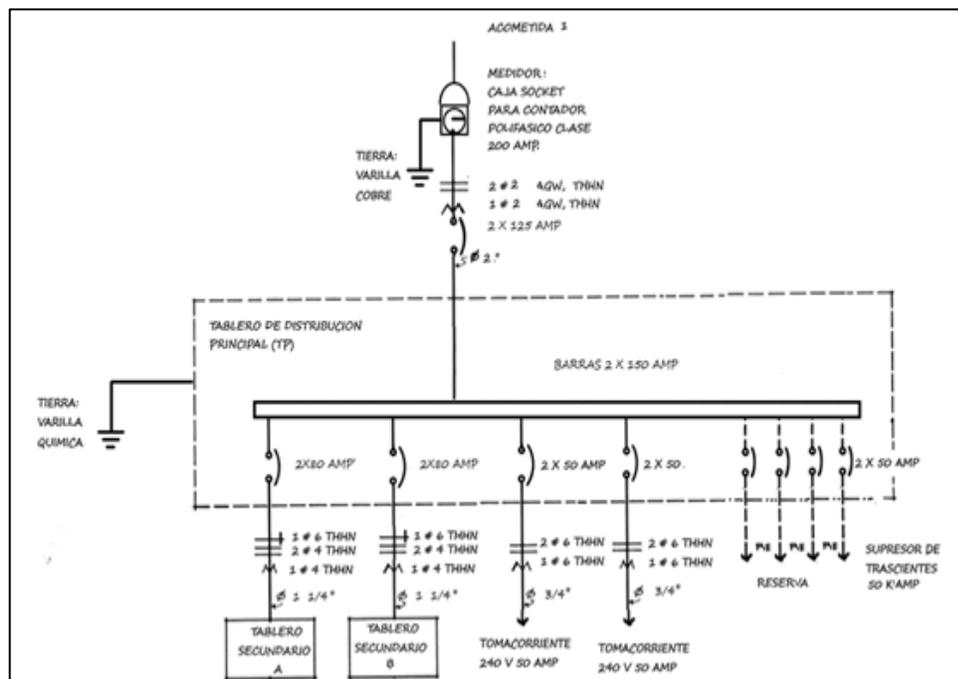
Con el fin de salvaguardar las instalaciones y equipos electrónicos en el área se incluirá una protección contra transitorios de voltaje. Acorde al artículo 285 de NEC 2014, se selecciona un dispositivo para cada tablero de acometida de 50KA.

6. DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES

6.1. Diagrama Unifilar acometidas Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes

Se puede observar el diagrama unifilar de la distribución de cargas. El diagrama unifilar de la acometida 1

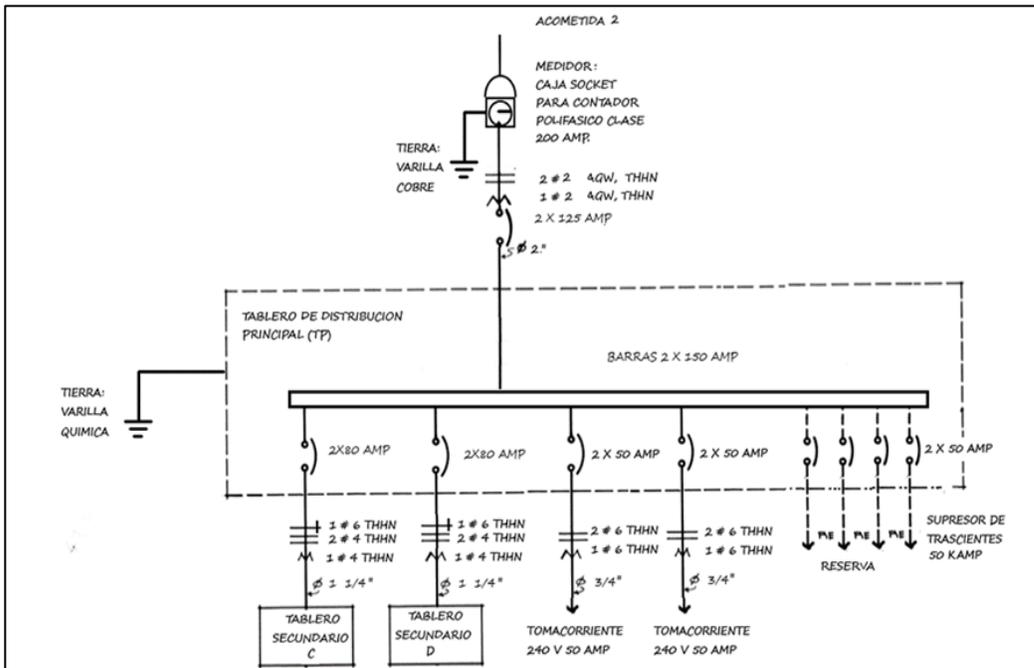
Figura 90. Diagrama unifilar acometida 1



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe 2020.

En la figura 91 se observa el diagrama unifilar de la distribución de cargas. El diagrama unifilar de la acometida 2

Figura 91. **Diagrama unifilar de la instalación eléctrica en la acometida 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe 2020.

7. PLAN DE MANTENIMIENTO

Toda instalación eléctrica después de su implementación va deteriorándose por condiciones de desgastes de materiales, suciedad, entre otros por esto necesario un plan de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes para lograr minimizar la posibilidad de fallas previsibles, cuidar y mantener las instalaciones en perfectas condiciones, reparar las instalaciones que sólo requieren destreza manual, organizar los materiales de recambio, habilitar un equipo mínimo de mantenimiento, definir los criterios técnicos básicos para aceptar artefactos eléctricos en la red eléctrica existente.

7.1. Criterios básicos

A continuación se describen los criterios básicos para el sistema eléctrico.

7.1.1. descripción de sistema eléctrico

El sistema eléctrico suministrado en las dos acometidas del Real Palacio de los Capitanes es tipo monofásico 120/ 240 voltios 2 fases 3 conductores que es la empresa eléctrica de Guatemala EEGSA quien suministra

7.1.2. Mantenimiento del sistema eléctrico

Para el mantenimiento del sistema eléctrico se realizan una serie de pasos que se pueden observar a continuación.

7.1.2.1. Técnicas de manejo

La operación del sistema eléctrico sólo se verifica en la activación de cada uno de los artefactos eléctricos que están incorporados en él y de los sistemas protectores correspondientes. Para la operación normal de los artefactos eléctricos no se requiere ningún tipo de herramientas de activación ni de verificación. Para las labores de mantenimiento se requiere de las siguientes herramientas:

- Destornilladores: con mangos aislantes, pueden ser de paleta, cruz, estrella o hexágonos, dependiendo de los tornillos y pernos que utilicen los artefactos.
- Detector de fase: normalmente es un destornillador especial, cuyo mango se enciende cuando entra en contacto con una de las fases de la instalación.
- Alicates cortantes: con mangos aislantes por medio de plásticos. Alicates de punta cónica: permiten formar las curvas de los cables que deben sujetarse con tornillos.
- Un amperímetro: permitirá evaluar la intensidad de la corriente. Normalmente, este instrumento incluye un voltímetro que indica la tensión efectiva del circuito eléctrico.
- Cintas aisladoras: de color para la fase rojo, negro o azul y de color blanco y verde para el neutro y tierra.

- Cables y alambres: surtido de cables y alambres de diámetro y características similares a las utilizadas en los sistemas eléctricos. Este surtido se va formando sobre la base de las reparaciones de mantenimiento que se ejecutan en el transcurso del tiempo.

7.2. Localización de fallas

Las fallas o averías típicas de una instalación defectuosa pueden producirse por:

- Cable de diámetro inferior al correcto.
- Conexión defectuosa de cables.
- Conexión suelta de artefactos.
- Artefactos de mayor amperaje al definido para el circuito.

7.3. Contactos defectuosos

Para detectar los contactos defectuosos que normalmente son por conexiones de los bornes mal apretado en un aparato o en un protector, se debe considerar lo siguiente:

- Si es en el ámbito de lámparas, localice el circuito, encienda una a una las lámparas y a medida que se va ejecutando, se localizará la falla en el momento que se apague el circuito.
- Si la falla es en el ámbito de tomacorrientes, se deberá desconectar la totalidad de los enchufes de los artefactos alimentados, se irán conectando uno a uno y en caso de corte eléctrico se verificará el estado de los tomacorrientes o del artefacto.

- Si la falla se localiza entre el enchufe y el aparato, se verificará el estado del aparato en otro circuito. Si sigue el corte, desconecte y verifique el estado del cable; si está en buen estado, desarme el enchufe macho y revise estas conexiones y las correspondientes al aparato, verificando con el detector de fase si existe alimentación eléctrica. En caso afirmativo, la falla es del aparato; dependiendo de la complejidad de éste, es recomendable solicitar asistencia adecuada al servicio técnico autorizado. En caso de que el cable o conexiones estén fallando, se reparan o cambian.
- Si la falla se localiza entre el interruptor y la lámpara, se deberá desconectar el circuito para luego soltar las conexiones de la lámpara. Active el circuito y verifique el funcionamiento de la fase; en caso de que funcione correctamente, la falla está en la lámpara, por lo que hay que desarmar y verificar las conexiones de ésta.
- Corte de electricidad: en caso de corte de electricidad, se debe verificar: el estado de los protectores de tensión en los tableros de distribución. el estado de los protectores diferenciales de tableros de distribución. el estado del o los protectores de tensión del tablero general o general auxiliar.
- Finalmente, el estado del protector de tensión del medidor. Si hay un protector de tensión caído, se deberá revisar toda la red correspondiente a él, basado en el criterio de contactos defectuosos y pérdidas de electricidad. Averías en protectores para comprobar el funcionamiento de los protectores: pulsar el botón de chequeo para el protector diferencial; en caso de falla, el circuito seguirá activado. Comprobar el estado físico exterior de los protectores de tensión; éstos acusan falla al calentarse. Cortar el suministro eléctrico desde el medidor o el tablero general y activar los protectores de tensión; si alguno no puede conectarse, está descompuesto.

- Para un punto de luz de tubo fluorescente, debe desmontarse el tubo y probarlo en un punto de control del tubo fluorescente.

7.4. Técnicas de mantenimiento y conservación

Una instalación eléctrica bien proyectada y ejecutada no debe generar grandes conflictos para su mantenimiento; sin embargo, en un establecimiento educacional debe primar el cuidado de los artefactos eléctricos sobre el mantenimiento del sistema, para lo cual es necesario incentivar la participación de la comunidad escolar, controlando el funcionamiento de los artefactos, verificando el estado del alumbrado, horas de uso y vida útil de las lámparas, estado de conservación de los interruptores, portalámparas y enchufes.

Las acciones que se propone son para un control constante del sistema eléctrico, por lo que se pueden incorporar dentro del accionar educativo. Por ejemplo, los alumnos de básica, respecto a la suma y resta de artefactos en funcionamiento, y los estudiantes de grados superiores, en el estudio de cálculo de rendimiento y costos en el uso de los artefactos.

7.5. Pautas generales para el mantenimiento

Antes de elaborar un sistema de mantenimiento, se deberán ejecutar las siguientes acciones básicas:

- Recopilar el o los planos eléctricos del establecimiento.
- Hacer un levantamiento de todos los artefactos instalados en el sistema, donde se exprese gráficamente cada uno de ellos por cada uno de los recintos y espacios del establecimiento.
- Los recintos y espacios deberán definirse por un número o letra

7.6. Mantenimiento de alumbrado y de interruptores

El mantenimiento del alumbrado y sus interruptores consiste en tener un control del consumo de lámparas, sus horas útiles, su consumo eléctrico y debiendo generar una pauta para la reposición de los artefactos dañados.

Por cada recinto se identificarán las lámparas y dentro de ellas cada una de las bombillas o tubos.

En las lámparas existentes, se identificarán sus bombillas o tubos; una vez definido un artefacto, se agregarán las letras A, B, C o D, según el número de componentes, para llevar un control diario de su funcionamiento, determinando sus horas de uso, de tal modo que se medirá la vida útil de cada una de ellas y de sus componentes. Por ejemplo: lámpara fluorescente número 1 del recinto A, tiene tres tubos

7.7. Mantenimiento de tomacorrientes

El mantenimiento de los tomacorrientes está en directa relación con la seguridad de los artefactos. Manteniendo un control constante, visual y práctico, es común en los establecimientos educacionales que los interruptores fallen por acción mecánica y no eléctrica, por lo que se propone:

- Identificar los tomacorrientes por cada uno de los recintos.
- Reponer los tomacorrientes dañados por la acción de terceros.
- Reponer los tomacorrientes dañados por acción eléctrica, evaluando el estado de los cables o alambres alimentadores.

- Evaluar la constante de daños mecánicos y eléctricos por recintos, delimitando responsabilidades. Para ejecutarla, se desarrollará una plantilla de control de los artefactos por recinto y el número de cambios por mes, semestre o año.

7.8. Revisión de circuitos

Los circuitos deben ser revisados en función de las fallas registradas en el sistema de iluminación o de los tomacorrientes. Sólo debe existir un control visual de las tapas de las cajas de derivación, más por razones de seguridad de los alumnos, que técnicas.

Se deben revisar el o los tableros mensualmente para ver el estado de los protectores; si éstos presentan rasgos de calentamiento, desprendimiento, daños de partes o situaciones similares, debe solicitarse la asistencia de personal especializado.

7.9. Programa de mantenimiento

Se presenta el programa de mantenimiento y la descripción de cada una de sus actividades describiendo cada una de estas.

Tabla XXXVI. Programa de mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO													
Cronograma de mantenimiento para el sistema eléctrico													
Cronograma de actividades anuales		MESES DEL AÑO											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ACTIVIDADES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisar inventario de artefactos eléctricos		■										
2	Cambio de artefactos eléctricos de acuerdo al programa de renovación			■									
3	Evaluación del consumo eléctrico				■			■			■		■
4	Evaluación de artefactos dañados durante la jornada				■						■		■
5	Revisión de los artefactos eléctricos		■										■
6	Control de artefactos eléctricos												■
7	Programa de cambio de artefactos eléctricos				■						■		■

Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Excel 2020.

7.10. Cambio de artefactos eléctricos

- Actividad
 - Definir el grado de obsolescencia de los artefactos por rendimiento o por daño mecánico.
 - Definir la conciencia de alto recambio de artefactos por circuitos por falla eléctrica o daño mecánico.
 - Seleccionar los circuitos a renovar de artefactos, verificando el estado de los cables.
 - Definir la modalidad de ejecución de plazos.

7.11. Evaluaciones consumo eléctrico

- Actividad
 - Recopilar antecedentes de los artefactos eléctricos del consumo estimado y vida útil
 - Desarrollar un control sistemático del uso de los artefactos eléctricos
 - Desarrollar un control diario de encendido y apagado de los artefactos eléctricos
 - Capacitar a los encargados de mantenimiento
 - Recolectar semanalmente los cuadros de control, por horas efectivas
 - Definir los circuitos de acuerdo con el mayor consumo eléctrico
 - Definir los circuitos con más cambios de artefactos eléctricos

Tabla XXXVII. **Propuesta para sistema básico de mantenimiento**

PROPUESTA PARA SISTEMA BÁSICO DE MANTENIMIENTO		
Actividades	SI	NO
Estableces bodega para taller eléctrico		
Stock de herramientas básicas		
Stock de artefactos eléctricos equivalente al 5 % del inventario de artefactos eléctricos instalados		
Establecer encargado de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2020.

CONCLUSIONES

1. Se planteó un modelo práctico para mantenimiento eléctrico de los equipos del Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes
2. Se diseñó un diagrama unifilar que cumple con una distribución de cargas correctas y que homologa los equipos utilizados en cada unidad de distribución.
3. Las instalaciones eléctricas en general se encontraron en mal estado y mal dimensionadas. Es necesaria la remodelación de los alimentadores, tableros y flipones.
4. El Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes es un edificio Patrimonial categoría A por lo que se necesita los permisos de autorización para realizar las modificaciones eléctricas diseñadas en el Consejo de la Antigua Guatemala.

RECOMENDACIONES

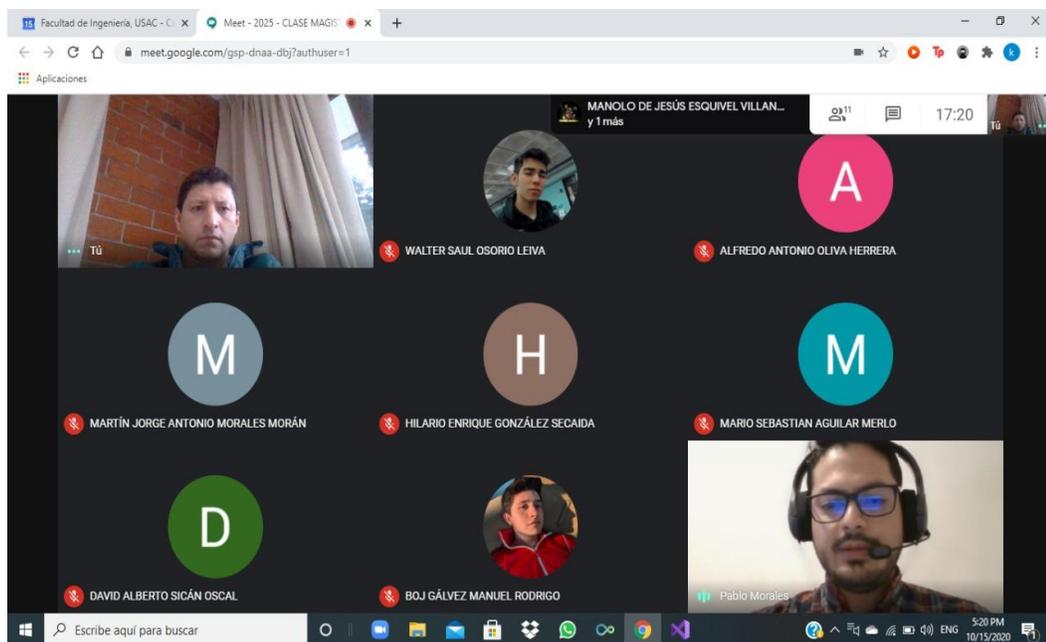
1. Hacer una distribución equitativa de las cargas eléctricas en las tres líneas del sistema.
2. Realizar el mantenimiento periódico de los equipos eléctricos en el Centro Cultural Real Palacio de los Capitanes.
3. Cambiar, total o parcialmente, las lámparas y tomacorrientes en mal estado que se encuentra en el edificio.
4. Hacer uso de las dos acometidas existentes para uso eléctrico de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas*. 3ª, ed. México: Limusa, 1994. 200 p.
2. GRAINGER, John y STEVENSON JR, William. *Análisis de sistemas de potencia*. 3ª, ed. México: Mc Graw-Hill, 2003. 250 p.
3. LEMUS GUDIÉL, Elmer Estuardo. *Actualización de métodos de evaluación*. Trabajo de graduación de Ingeniería electricista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 175 p.
4. MÉNDEZ, Luis. *Guía para el manual de instalaciones*. Trabajo de graduación de Ingeniería electricista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 150 p.
5. SERBÁN, Bratu y CAMPERO, Eduardo. *Instalaciones eléctricas*. 2ª, ed. México: Editorial Alfa y Omega, 1994. 150 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Fase docente: se capacitó a estudiantes de Universidad de San Carlos de Guatemala y personal



Continuación del apéndice 1

PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN



Presentador: Juan Pablo Morales

Especificación de disyuntores ó interruptores termomagnéticos.

Continuación del apéndice 1.

NORMATIVAS ELECTRICAS

- NEMA
- National Electrical Manufacturer Assosiation
- Norma de fabricación de equipos Eléctricos
- NORMA AMERICANA
- IEC
- International Electrical Comission
- Standares de Fabricación de Equipos Eléctricos
- NORMA EUROPEA

FALLAS POR NIVEL DE CORRIENTE

•Sobrecarga: Se considera una sobrecarga eléctrica a cualquier valor que supere el valor de corriente a plena carga, contenido de 1 a 10 veces este valor

•Falla Magnética: Se considera corriente de corto circuito a aquella que supera en 10 veces o mas a la corriente nominal de plena carga del motor

QUE ES UNA DISYUNTOR Ó INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito, los efectos son el magnético y el térmico.

Conocidos en Guatemala como Flip-on, en ingles llamado circuit breaker.

Continuación del apéndice 1.

DEFINICIÓN DE INTERRUPTOR NORMATIVA NORTEAMERICANA

Definición *NEMA*: Un interruptor se define en los estándares NEMA como un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos, y para abrir el circuito automáticamente en una sobrecarga de corriente predeterminada sin sufrir daño, cuando se aplica dentro de sus valores de operación o especificaciones.

Definición *ANSI*: Un interruptor se define en los estándares ANSI como un dispositivo de conmutación mecánico que puede cerrar un circuito eléctrico, llevar la corriente e interrumpir corrientes eléctricas en condiciones normales de circuito. Puede también cerrar un circuito y sostener la corriente durante un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales de circuito especificadas como es el caso de un cortocircuito.

DEFINICIÓN DE INTERRUPTOR NORMATIVA IEC

•Definición El Interruptor automático es un dispositivo de maniobra capaz de establecer, conducir y cortar corrientes bajo condiciones normales de funcionamiento y también establecer, conducir por un determinado tiempo y cortar corrientes bajo condiciones anormales, por ejemplo cortocircuito.

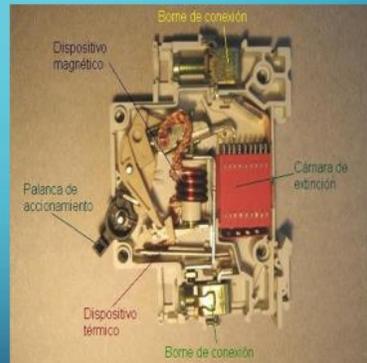
•Las normas IEC que regulan la fabricación de los interruptores son las siguientes.

IEC 60898	"Interruptores para instalaciones domésticas y análogas"
IEC 60947-2	"Interruptores para instalaciones industriales"

Continuación del apéndice 1.

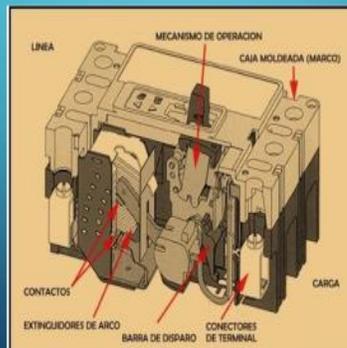
COMPONENTES DE UN DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO

- Bornes de Conexión.
- Cámara de extinción.
- Elemento térmico es una lamina bimetálica.
- Elemento magnético Es una bobina.
- NEMA unidad de disparo.
- Palanca de accionamiento.



FUNCIONAMIENTO

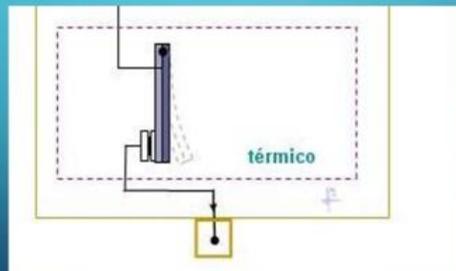
- El breaker, o flip-on, se utiliza para dos funciones, abrir o seccionar un circuito y proteger un circuito.
- Desconexión de un circuito sin carga o bajo carga.
- Protección en caso de sobre corriente o una falla por cortocircuito.



Continuación del apéndice 1.

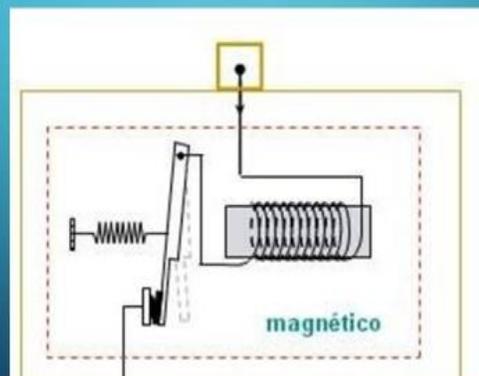
PROTECCIÓN TÉRMICA

- Protección térmica, esta es realizada por una lamina bimetálica que al sobrepasar la corriente de diseño del dispositivo se calienta y sufre una deformación se deflecta y opera el mecanismo de apertura. Esta es la protección por sobrecarga.



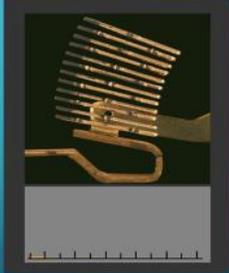
PROTECCIÓN MAGNÉTICA

La protección magnética es proporcionada por una bobina o electroimán el cual genera un campo electromagnético, el cual al sobrepasar el valor de diseño opera el mecanismo de apertura en algunos flipones esta definido regularmente entre 3-20 In, en algunos modelos es ajustable.



Continuación del apéndice 1.

CÁMARA DE EXTINCIÓN



Este elemento de los disyuntores termomagnéticos es muy importante, su función es disminuir el efecto de arco eléctrico que se genera al separar o unir los contactos del dispositivo bajo carga.

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

- Es la corriente máxima que un dispositivo de protección puede soportar en caso de una falla sin que el mismo llegue a sufrir daño alguno (KAIC).
- En el caso de los Panelboards & Switchboards este termino cambia a capacidad de corto circuito, que sería la capacidad máxima de soportar una corriente de falla sin que el ensamble se vea afectado.

Continuación del apéndice 1.

CURVA DE DISPARO

Cada flip-on tiene una curva de disparo según su fabricante esta será útil para poder realizar selectividad de protecciones, existe 3 clasificaciones de curva dependiente de su disparo en la sección magnética Curva B va de 3-5 In, Curva C de 5-10 In, Curva D 10-14 In.

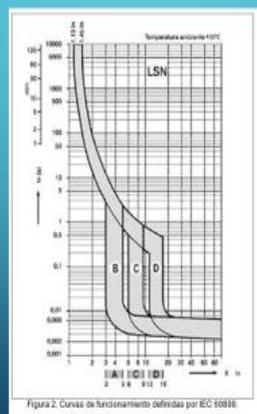
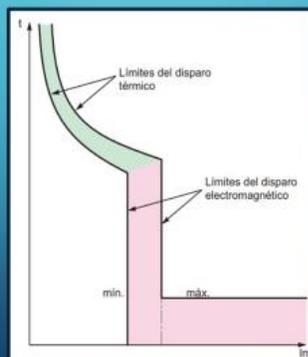


Figura 2. Curvas de funcionamiento definidas por IEC 60896.

Continuación del apéndice 1.

TIPOS DE BREAKER

Por su uso

- + Residenciales.
- + Industriales.

Por fabricación

- + Para riel Din.
- + Caja moldeada.
- + Potencia.

Normativa

- + IEC
- + NEMA

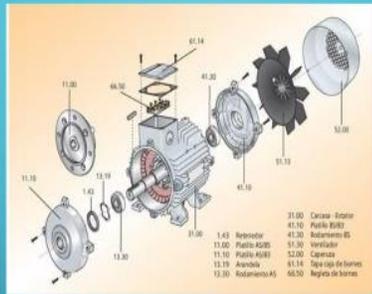


SELECCIÓN DE PROTECCIONES EN ARRANQUE DE MOTOR Y APLICACIONES DE DISTRIBUCIÓN RESIDENCIALES



Continuación del apéndice 1.

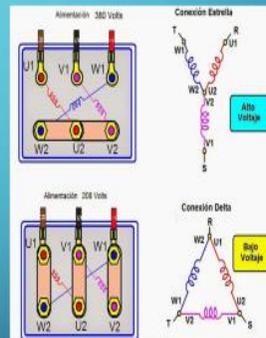
¿QUE ES UN MOTOR ELÉCTRICO?



- El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estátor y un rotor.

TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

- Monofásicos: de aplicación residencial y comercial generalmente, son de bajas potencia y su campo se centra en sistemas de bombeo, ventiladores y aplicaciones mecánicas pequeñas
- Trifásicos: Generalmente de uso industrial, para aplicaciones variadas de baja, media y alta potencia, para aplicaciones en baja y media tensión



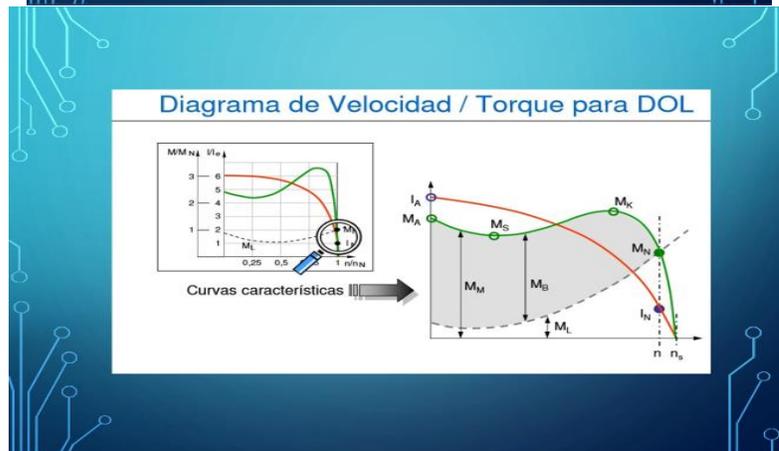
Continuación del apéndice 1.

Arranque y Control de Motores

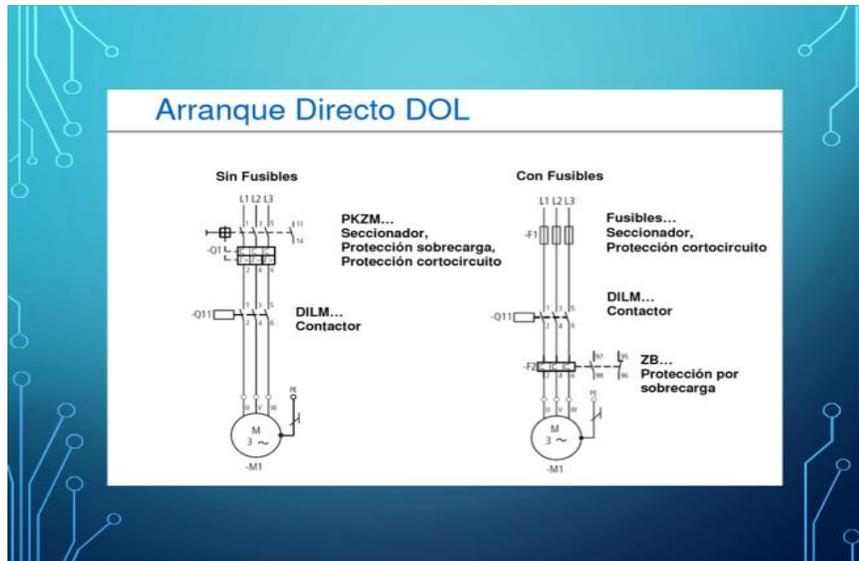
¿Cómo arrancar un motor?

Directo Suave Controlado

Precio / Funcionalidad



Continuación del apéndice 1.



CONTACTOR

- Dispositivo Eléctrico que opera bajo principios Electromagnéticos y que tiene la función de realizar el cierre o la apertura de un Circuito eléctrico
- Un contactor electromagnético es en si un Interruptor



Continuación del apéndice 1.

COMPARATIVA FISICA

• Nema



• IEC



CATEGORÍAS DE EMPLEO AC

AC-1: Cargas no inductivas o ligeramente inductivas, hornos de resistencia. $\cos \varphi \geq 0,95$

AC-2: Motores de anillos: arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas.

AC-3: Motores de jaula, arranque, corte del motor lanzado,

AC-4: Motores de jaula: arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas.

AC-5a: Mando de lámparas de descarga

AC-5b: Mando de lámparas incandescentes

AC-6a: Mando de transformadores.

AC-6b: Mando de condensadores

AC-8a: Mando de compresores herméticos de refrigeración con rearme manual de los disparadores de sobrecarga.

Continuación del apéndice 1.

FACTOR DE SERVICIO

- NEMA
 - Se establece un factor de servicio de 1.15
 - Los equipos NEMA pueden sobrecargarse un 15% de su valor sin sufrir daño alguno
- IEC
 - Se establece un factor de servicio de 1
 - Por ello los equipos fabricados bajo estándares IEC no tienen capacidad adicional de sobrecarga

EVALUACIÓN DE PLACA DE DATOS DE MOTOR

CATALOG#	H30P2D	MODEL#	D445								
SHATT IND BRG	6310-2Z-J/C3	DTP ECO BRG	6310-2Z-J/C3								
FR	235T	TYPE	CIE	ENCL	TF						
PH	3	MAX	40 °C	ID#	U 01	7546590-0045	N 0006				
DUTY	CONT	WT	410	LB	BAL	CC	0307				
300 RISE/RES AT 1.00SF											
HZ	50	HP	30.00	RPM	1775	HZ	50	HP	30.00	RPM	1465
SF	1.15	DESIGN	8	CODE	8	SF	1.00	DESIGN	CODE	D	
GUARANTEED EFFICIENCY	92.4	MAX	KVAR	6.4	GUARANTEED EFFICIENCY	89.5	MAX	KVAR	5.2		
NEMA NOM EFFICIENCY	93.8	NEMA NOM EFFICIENCY	91.0	PF	86.9	NEMA NOM EFFICIENCY	87.3	PF	87.3		
VOLTS	208-230/480	VOLTS	190/380								
FL AMPS	77.0-89.0/35.0	FL AMPS	86.0/43.0								
SF AMPS	30.0/40.0	SF AMPS									

Continuación del apéndice 1.

FALLAS EN MOTORES ELÉCTRICOS

- La sobrecarga es considerada una falla térmica
- El relevador de Sobrecarga es el dispositivo encargado de ejercer protección Térmica en un motor



FALLAS EN MOTORES ELÉCTRICOS

- Los Guardamotores proporcionan protección integral contra falla térmica y magnética



MUCHAS GRACIAS!

Apéndice 2. Supervisión de Campo



Fuente: Centro Cultural Real Palacio de la Antigua Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. **Leyes de sobre la protección del Patrimonio Cultural de Guatemala**

- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA
TÍTULO II DERECHOS HUMANOS CAPÍTULO II SECCIÓN SEGUNDA
CULTURA
 - Artículo 57. Derecho a la cultura. Toda persona tiene derecho a participar libremente en la vida cultural y artística de la comunidad, así como a beneficiarse del progreso científico y tecnológico de la Nación.
 - Artículo 58. Identidad Cultural. Se reconoce el derecho de las personas y de las comunidades a su identidad cultural de acuerdo con sus valores, su lengua y sus costumbres.
 - Artículo 59. Protección e investigación de la cultura. Es obligación primordial del Estado proteger, fomentar y divulgar la cultura nacional; emitir las leyes y disposiciones que tienda a su enriquecimiento, restauración, preservación y recuperación; promover y reglamentar su investigación científica, así como la creación y aplicación de tecnología apropiada.
 - Artículo 60. Patrimonio cultural. Forman el patrimonio cultural de la Nación los bienes y valores paleontológicos, arqueológicos,

Continuación anexo 1.

históricos y artísticos del país y están bajo la protección del Estado. Se prohíbe su enajenación, exportación o alteración, salvo los casos que determine la ley.

- Artículo 61. Protección al patrimonio cultural. Los sitios arqueológicos, conjuntos monumentales y el Centro Cultural de Guatemala, recibirán atención especial del Estado, con el propósito de preservar sus características y resguardar su valor histórico y bienes culturales. Estarán sometidos a régimen especial de conservación el Parque Nacional Tikal, el Parque Arqueológico de Quiriguá y la ciudad de Antigua Guatemala, por haber sido declarados Patrimonio Mundial, así como aquellos que adquieran similar reconocimiento.
- Artículo 62. Protección al arte, folklore y artesanías tradicionales. La expresión artística nacional, el arte popular, el folklore y las artesanías e industrias autóctonas, deben ser objeto de protección especial del Estado, con el fin de preservar su autenticidad. El estado propiciará la apertura de mercados nacionales e internacionales para la libre comercialización de la obra de los artistas y artesanos, promoviendo su producción y adecuada tecnificación.
- Artículo 63. Derecho a la expresión creadora. El Estado garantiza la libre expresión creadora, apoya y estimula al científico, al intelectual y al artista nacional, promoviendo su formación y superación profesional y económica.

Continuación anexo 1.

- Artículo 64. Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

- Artículo 65. Preservación y promoción de la Cultura. La actividad del Estado en cuanto a la preservación y promoción de la cultura y sus manifestaciones estará a cargo de un órgano específico con presupuesto propio.

Fuente: Constitución Política de la República de Guatemala.

Anexo 2. **Ley para la protección del patrimonio cultural de la nación**

- **CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES**

- Artículo 1.- Objeto. La presente ley tiene por objeto regular la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el Patrimonio Cultural de la Nación. Corresponde al Estado cumplir con estas funciones por conducto del Ministerio de Cultura y Deportes. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
- Artículo 2.- Patrimonio Cultural. Forman el patrimonio cultural de la nación los bienes e instituciones que por ministerio de ley o por declaratoria de autoridad lo integren y constituyan bienes muebles o inmuebles, públicos y privados, relativos a la paleontología, arqueología, historia, antropología, arte, ciencia y tecnología, y la cultura en general, incluido el patrimonio intangible, que coadyuven al fortalecimiento de la identidad nacional. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
- Artículo 3.- Clasificación. Para los efectos de la presente ley se consideran bienes que conforman el patrimonio cultural de la Nación, los siguientes: I. Patrimonio Cultural Tangible:
 - a) Bienes culturales inmuebles.
 1. La arquitectura y sus elementos, incluida la decoración aplicada.
 2. Los grupos de elementos y conjuntos arquitectónicos y de arquitectura vernácula.
 3. Los centros y conjuntos históricos, incluyendo las áreas que le sirven de entorno y su paisaje natural.

Continuación anexo 2.

- La traza urbana de las ciudades y poblados. 5. Los sitios paleontológicos y arqueológicos.
- Los sitios históricos.
- Las áreas o conjuntos singulares, obra del ser humano o combinaciones de éstas con paisaje natural, reconocidos o identificados por su carácter o paisaje de valor excepcional.
- Las inscripciones y las representaciones prehistóricas y prehispánicas.
- II. Patrimonio Cultural Intangible: Es el constituido por instituciones, tradiciones y costumbres tales como: la tradición oral, musical, medicinal, culinaria, artesanal, religiosa, de danza y teatro. Quedan afectos a la presente ley los bienes culturales a que hace referencia el presente artículo en su numeral uno romano, que tengan más de cincuenta años de antigüedad, a partir del momento de su construcción o creación y que representen un valor histórico o artístico, pudiendo incluirse aquellos que no tengan ese número de años, pero que sean de interés relevante para el arte, la historia, la ciencia, la arquitectura, la cultura en general y contribuyan al fortalecimiento de la identidad de los guatemaltecos. (Reformado por el Decreto Número 81- 98 del Congreso de la República de Guatemala).
- f) Los archivos, incluidos los fotográficos, cinematográficos y electrónicos de cualquier tipo
- g) Los instrumentos musicales
- h) El mobiliario antiguo

Continuación anexo 2.

- **CAPÍTULO II PROTECCION DE LOS BIENES CULTURALES**
 - Artículo 4.- Normas. Las normas de salvaguardia del Patrimonio Cultural de la Nación son de orden público, de interés social y su contravención dará lugar a las sanciones contempladas en la presente ley, así como las demás disposiciones legales aplicables.
 - Artículo 5.- Bienes Culturales. Los bienes culturales podrán ser de propiedad pública o privada. Los bienes culturales de propiedad o posesión pública son imprescriptibles e inalienables. Aquellos bienes culturales de propiedad pública o privada existentes en el territorio nacional, sea quien fuere su propietario o poseedor, forman parte, por ministerio de la Ley del Patrimonio Cultural de la Nación, y estarán bajo la salvaguarda y protección del Estado. Todo acto traslativo de dominio de un bien inmueble declarado como parte del patrimonio cultural de la Nación deberá ser notificado al Registro de Bienes Culturales. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).
 - Artículo 6.- Medidas. Las medidas que aquí se contemplan serán aplicables a los bienes que forman parte del Patrimonio Cultural de la Nación, sin perjuicio que haya o no declaratoria de monumento nacional o de zona arqueológica y de otras disposiciones legales.
 - Artículo 7.- Aplicación. La aplicación de esta ley incluye todos aquellos bienes del patrimonio cultural que estuvieran amenazados o en inminente peligro de desaparición o daño debido a:

Continuación anexo 2.

1. Ejecución de obras públicas o privadas para desarrollo urbano o turístico;
 2. Modificación del nivel de conducción de agua, construcción de represas y diques;
 3. Rotura de tierra y limpia de la misma, para fines agrícolas, forestales, industriales, mineros, urbanísticos y turísticos;
 4. Apertura de vías de comunicación y otras obras de infraestructura;
 5. Movimientos telúricos, fallas geológicas, deslizamientos, derrumbamientos y toda clase de desastres naturales.
- Artículo 8.- Ordenanzas preventivas o prohibitivas. En los casos a que se refiere el artículo anterior, las autoridades competentes deberán dictar las medidas u ordenanzas preventivas o prohibitivas que consideren necesarias para la conservación y protección de tales bienes.
 - Artículo 9.- Protección. Los bienes culturales protegidos por esta ley no podrán ser objeto de alteración alguna salvo en el caso de intervención debidamente autorizada por la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural. Cuando se trate de bienes inmuebles declarados como Patrimonio Cultural de la Nación o que conforme un Centro, Conjunto o Sitio Histórico, será necesario, además, autorización de la Municipalidad bajo cuya jurisdicción se encuentre. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

Continuación anexo 2.

- Artículo 16.- Desarrollo de proyectos. Cuando un ente público o una persona natural o jurídica, nacional o extranjera, con capacidad científica y técnica fehacientemente comprobada, pretenda desarrollar proyectos de cualquier índole en inmuebles, centros o conjuntos históricos, urbanos o rurales y en zonas o sitios arqueológicos, paleontológicos o históricos, comprendidos en esta ley, deberá en forma previa a su ejecución, someter tales proyectos a la aprobación de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, que dispondrá el cumplimiento de las condiciones técnicas requeridas para la mejor protección y conservación de aquellos, bajo su vigilancia y supervisión.

- Artículo 17.- Causas. Si como consecuencia de terremoto u otro fenómeno natural que ponga en inminente peligro a personas, se planteará la necesidad de demoler un bien inmueble declarado Patrimonio Cultural de la Nación, así como en el caso de reconstrucción o restauración, será necesario recabar el dictamen del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala. En ningún caso se autorizará la demolición de un inmueble cultural cuando el dictamen del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala exprese que puede ser restaurado. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

- Artículo 32.- Prohibiciones. Se prohíbe a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera, hacer trabajos de exploración, excavación terrestre o subacuática y de restauración en lugares o zonas paleontológicas, arqueológicas y extraer de ellas cualquier

objeto que contenga, salvo los previamente autorizados por la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural. Cualquier material u objeto que se extraiga será propiedad del Estado y deberá trasladarse al lugar que dicha Dirección designe como adecuado, salvo que por su naturaleza deban quedar en el lugar o sitio de su hallazgo, o por causa justificada, esa institución deje en custodia de persona particular o jurídica la posesión de dicho material u objeto, para lo cual se levantará el acta respectiva. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

Fuente: Ley para la protección del patrimonio cultural de la Nación

Anexo 3. **Ley protectora de la ciudad de la Antigua Guatemala**

- **CAPÍTULO I DEL CONSEJO PARA LA PROTECCIÓN DE LA ANTIGUA GUATEMALA**
- Artículo 1.- Se declara de utilidad pública y de interés nacional la protección, conservación y restauración de la Antigua Guatemala y áreas circundantes que integran con ella una sola unidad de paisaje, cultura y expresión artística.
- Artículo 2.- Se crea el Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala, como entidad estatal descentralizada, con personalidad jurídica, fondos privativos y patrimonio propio. Su misión fundamental es el cuidado, protección, restauración y conservación de los bienes muebles e inmuebles, nacionales, municipales o de particulares, situados en aquella ciudad y áreas circundantes.
- Artículo 3.- El Consejo para la Protección de la Antigua Guatemala, estará formado con cinco miembros; lo preside el alcalde de la ciudad y se integra con un miembro nombrado por el Consejo Directivo del Instituto de Antropología e Historia; un miembro nombrado por la Sociedad de Geografía e Historia; un miembro nombrado por la Facultad de Arquitectura y un miembro capacitado en historia del arte, nombrado por la Facultad de Humanidades, ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los miembros del Consejo durarán en el ejercicio de sus funciones cuatro años y sólo podrán ser separados de sus cargos por las causas que determine la ley.

Continuación anexo 3.

- Artículo 4.- El consejo tomará sus decisiones por mayoría de votos. En caso de empate, quien lo presida tendrá doble voto.

- Artículo 5.- Además de las atribuciones que le fija esta ley, el Consejo tendrá las específicas siguientes:
 - Designar al Conservador de la ciudad;
 - Nombrar al Asesor Jurídico del Consejo, funcionario que deberá ser abogado colegiado;
 - Resolver los recursos que se presenten contra el Conservador de la Ciudad;
 - Aprobar el proyecto de presupuesto de ingresos y egresos del Consejo;
 - Formular el Plan Regulador de la Antigua Guatemala y sus modificaciones eventuales, someterlos a la aprobación de la Corporación Municipal y proponer a ésta proyectos de ordenanza para el cumplimiento de esta ley;
 - Recomendar al Organismo Ejecutivo la adquisición de los inmuebles que sean necesarios para el desarrollo del Plan Regulador o para los fines enunciados en el Artículo 2º;
 - Fomentar la investigación de la historia del arte del área y alrededores de la ciudad, mediante trabajos del archivo, excavaciones arqueológicas y otros medios adecuados;
 - Publicar guías y materiales sobre la historia y el arte de la ciudad, de acuerdo con las funciones del Consejo;
 - Someter a la aprobación del Ejecutivo el proyecto de Reglamento de esta ley y emitir su Reglamento interior;

Continuación anexo 3.

- Establecer y mantener el Registro especial de la Propiedad Arqueológica, Histórica y Artística comprendida dentro del perímetro urbano de la ciudad de la Antigua Guatemala, sus áreas circundantes y zonas de influencia, así como emitir el reglamento que regulará tal registro;
- Nombrar y remover a su personal administrativo; y
- Cualquier otra atribución concordante con los fines que esta ley asigna al Consejo.

- Artículo 6.- Cada uno de los miembros del Consejo será personalmente Conservador Auxiliar de la ciudad. Tendrá la obligación de poner en conocimiento del Consejo cualquiera violación que observe a esta ley, a sus reglamentos, al Plan Regulador o a las ordenanzas municipales emitidas al efecto.

- Artículo 7.- El Consejo deberá coleccionar, catalogar y archivar planos, dibujos, grabados, fotografías, descripciones antiguas y demás materiales que muestren la primitiva forma de las construcciones y su evolución, para facilitar así cualquier labor de restauración o preservación.

- **CAPÍTULO II DEL RÉGIMEN ESPECIAL A QUE SE SUJETAN LAS OBRAS, CONTRUCCIONES Y REPARACIONES**

- Artículo 12.- Aunque toda la Ciudad de Antigua Guatemala es monumento nacional, se distinguen dentro de su perímetro urbano los siguientes tipos de construcción.

Continuación anexo 3.

- Los edificios religiosos y civiles son todas las construcciones eclesiásticas, tales como templos, capillas, ermitas, oratorios, monasterios, casas parroquiales y los edificios de uso público: edificios administrativos, antiguos colegios, universidad y otros que por su dimensión y categoría merecen trato especial; 2. La arquitectura doméstica integrante de inmuebles de propiedad particular, comprendidos dentro del área urbana y sus áreas circundantes, conforme el Plan Regulador;
- Las construcciones de otra índole como fuentes ornamentales públicas y privadas, pilas de servicio público, hornacinas, cajas de agua y demás vestigios y detalles arquitectónicos complementarios a edificios o conjuntos; y 4. Asimismo, el trazo urbanístico de la Ciudad y poblaciones aledañas y los empedrados de sus calles.
 - Los bienes a que se refieren los incisos 1º y 3º que anteceden deberá inscribirse en el Registro dispuesto en el inciso j) del artículo 5º de esta ley.
- Artículo 14.- Queda prohibida la reconstrucción de los edificios y monumentos mencionados en los incisos 1) y 3) del artículo 12, las obras que se emprendan tendrán como finalidad únicamente el cuidado, protección, conservación, restauración y consolidación del edificio o de las partes que lo necesiten. Estas obras sólo podrán ser ejecutadas bajo la supervisión del Conservador de la Ciudad y con la autorización expresa del Consejo para la Protección de la Antigua Guatemala. Toda obra que se proyecte ejecutar en los edificios a que se refiere el inciso 2) del Artículo 12 requerirá la aprobación previa del Consejo. Para los efectos de

Continuación anexo 3.

esta ley los términos, conservación, restauración y reconstrucción tendrán los siguientes significados:

- Conservación: es propiciar la permanencia de una estructura en su estado actual mediante la prevención de ulteriores cambios y deterioros, utilizando los materiales tradicionales. Impone el permanente mantenimiento del monumento y requiere se le asigne una función útil a la sociedad que no altere su naturaleza y que sea digna de su categoría estética e histórica. Es el proceso de salvación que debe aplicarse como regla general;
 - Restauración: es la acción que permite volver una estructura, total o parcialmente según el caso, a la forma más aproximada en que quedó luego de los terremotos de 1773, usando todos los medios arquitectónicos dentro de riguroso método que respete la pátina del tiempo. Debe tener carácter excepcional y dirigirse a revelar el valor estético o histórico del monumento; debe apoyarse en el respecto a la substancia antigua o en documentos auténticos y termina ahí donde comienza la hipótesis. Algunas veces podrá requerir la remoción de aquellos elementos que lo desnaturalicen o adulteren. Cualquier reemplazamiento de partes faltantes debe integrarse armónicamente al conjunto y distinguirse de las partes originales; y
 - Reconstrucción: es la recreación de una estructura para convertirla en utilizable, usando no sólo la evidencia comprobada sino también la conjetura y la imaginación.
-
- Artículo 23.- Toda nueva construcción o alteración de las existentes, dentro del área de conservación o de influencia, deberá contar con la previa licencia del Consejo y sujetarse a las disposiciones del Plan

Continuación anexo 3.

Regulador y reglamentaciones correspondientes. Queda prohibida la edificación de construcciones de dos o más pisos para conservar la fisonomía tradicional de la arquitectura del conjunto monumental.

- Artículo 24.- Todos los planos y proyectos para las construcciones públicas y privadas en la Antigua Guatemala y circunscripción que se declara parte del conjunto monumental o área de conservación o de influencia, deberá presentarse en duplicado ante el Consejo y deberá ir firmados por arquitectos o ingenieros civiles, en ambos casos colegiados activos. Se realizaren obras que violen esta ley, sus reglamentos, el Plan Regulador o las ordenanzas vigentes, El Consejo o el conservador podrán ordenar, en cualquier estado de la obra, su suspensión y en caso de que así lo acuerde el Consejo, su demolición por cuenta del infractor.
- Anexo 4. Artículos relevantes NEC 2014
- ARTICULO 110 Requisitos para instalaciones eléctricas
- El artículo abarca los requisitos generales para la evaluación y aprobación, instalación y uso, acceso a y espacios alrededor de conductores y equipos eléctricos; envolventes previstos para el ingreso del personal e instalaciones en túneles
- ARTICULO 210 Circuitos ramales
- Este Artículo trata de los circuitos ramales, excepto aquellos que alimenten únicamente cargas de motores tratados en el Artículo 430. Las disposiciones de este Artículo y del 430 se aplican a los circuitos ramales con cargas combinadas

Continuación anexo 3.

- ARTICULO 215 Alimentadores.
- Este Artículo trata de los requisitos de instalación, requisitos de protección contra sobre corriente, calibre mínimo y ampacidad de los conductores de los alimentadores que alimentan las cargas de los circuitos ramales.

- ARTICULO 220 Cálculos de los circuitos ramales, alimentadores y acometidas.
- Este Artículo establece los requisitos para calcular las cargas de los circuitos ramales, alimentadores y acometidas. La Parte I proporciona los requisitos generales para los métodos de cálculo. La parte II suministra los métodos de cálculo para las cargas de los circuitos ramales. Las Partes III y IV proporcionan los métodos de cálculo para alimentadores y acometidas. La Parte V proporciona los métodos de cálculo para establecimientos agrícolas.

- ARTICULO 225 Circuitos ramales y alimentadores exteriores.
- Este Artículo trata de los requisitos que deben cumplir los circuitos ramales y alimentadores exteriores tendidos sobre o entre dos edificios, estructuras o postes en los establecimientos; y de los equipos eléctricos y el cableado para la alimentación de los equipos de utilización que estén situados o fijos a la parte exterior del edificio, estructuras o postes.

- ARTICULO 230 Acometidas.
- Este Artículo trata de los conductores de acometida y de los equipos para el control y protección de las acometidas y sus requisitos de instalación.

Continuación anexo 3.

- ARTICULO 310 Acometidas.
- Este Artículo trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad de corriente y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y equipos similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de este Código.

- Anexo 5. Normativa Servicio EEGSA

- 18.2 Servicios entre 63 y 200 amperios (n13 a 40.8 Kw.).
- 40. Las especificaciones que a continuación se estipulas son las mínimas aceptables para instalaciones de servicio monofásico de 120 / 240, voltios 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz. Y con un consumo no mayor de 200 amperios.

- 18.2.1 Instalación del contador interno tipo (I). Que tendrá las características de los contadores demandómetros que se tratan en las instalaciones industriales y comerciales.
- 18.2.2 El tubo de acometida, deberá ser tubo conduit galvanizado de diámetro de 2 1/2" por las alturas reglamentarias que se especifican para cada caso de acometida.
- 18.2.3 En el extremo superior del tubo de acometida por donde se introducen los cables de servicio de la Empresa, se deberá instalar un accesorio de entrada de servicio. (calavera).
- 18.2.4 La caja socket para instalar el contador polifásico, deberá ser clase 200 amperios.

Continuación anexo 3.

- 18.2.5 Aplican los requerimientos de los contadores demandómetros que se tratan en las instalaciones industriales y comerciales.
- 18.2.6 Ver artículo 13 referente a la conexión a tierra.

Fuente: ley protectora de la ciudad de la Antigua Guatemala.