



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

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
MUSEO DE ARTE COLONIAL**

**Hugo Yovani Aguirre Ramos**

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, noviembre de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
MUSEO DE ARTE COLONIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HUGO YOVANI AGUIRRE RAMOS**

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. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
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:

### **AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DE ARTE COLONIAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 23 de mayo de 2017.

**Hugo Yovani Aguirre Ramos**



Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 28 de julio de 2021.  
Ref.EPS.DOC.288.07.2021.

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 **Hugo Yovani Aguirre Ramos** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **9313121** y CUI **2402 25597 2201**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DE ARTE COLONIAL"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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

c.c. Archivo  
KIER/ra



Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala 28 de julio de 2021.  
Ref.EPS.D.134.07.2021.

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 **"AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DE ARTE COLONIAL"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Hugo Yovani Aguirre Ramos**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor 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 117. 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; HUGO YOVANI AGUIRRE RAMOS titulado: AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DE ARTE COLONIAL procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 12 DE AGOSTO 2,021.



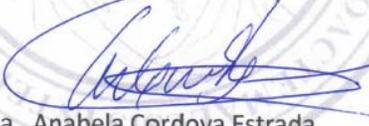


Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101 - 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 603-2021

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: **AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO DE ARTE COLONIAL**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo Yovani Aguirre Ramos**, 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/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser la fuente de luz e inspiración, por estar siempre en cada paso de mi vida y permitirme alcanzar esta meta. Gracias por tu infinita misericordia.
- Mis padres** Aura Violeta Ramos (q. e. p. d.), sé que desde el cielo comparte conmigo esta alegría; siempre vivirá en mi mente y mi corazón.  
Hugo Antonio Aguirre, por su apoyo y ser ejemplo en mi vida, que esta meta alcanzada sea una recompensa a sus esfuerzos.
- Mis hermanos** Nery Antonio y María de los Ángeles Aguirre Ramos; por su cariño incondicional y estar siempre presentes en mi vida.
- Mis hijos** Juan Pablo y José Andrés Aguirre Ramos, ustedes son mi mayor motivación, que este logro sea un ejemplo, ustedes puedan lograr sus sueños y metas.
- Mi esposa** Ana Luisa Barrera Castro, has sido un apoyo incondicional en mi vida, gracias por siempre estar a mi lado y compartir conmigo momentos de felicidad y adversidad.

## **Mis abuelitos**

María Orbelina Sarceño, (q. d. e. p.), María Carlota Aguirre, (q. d. e. p.), Benjamín Aguirre, (q. d. e. p.), y Manuel Ramos (q. d. e. p.), por tener el privilegio de tener siempre su cariño, su recuerdos, enseñanzas y presencia estarán conmigo hasta el final de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Mi madre** Por darme la vida, cuidarme, confiar en mí, por todos sus sacrificios, buenos ejemplos y amor, eternamente agradecido.
- Mi padre** Por ser ejemplo de trabajo, esfuerzo y dedicación, por sus buenos consejos y ayudarme a ser una mejor persona, eternamente agradecido.
- Mi esposa** Por siempre apoyarme y estar presente en cada decisión que tomo y motivarme para lograr todos mis objetivos.
- 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 .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. GENERALIDADES MUSEO ARTE COLONIAL .....	1
1.1. Historia .....	1
1.2. Ubicación.....	1
1.3. Misión .....	2
1.4. Visión.....	2
1.5. Funciones .....	3
1.6. Organigrama.....	3
1.7. Ministerio de Cultura y Deportes .....	4
1.8. Ayuntamiento de La Antigua Guatemala .....	4
1.9. Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala.....	4
1.10. Organigrama.....	4
1.11. Visión.....	5
1.12. Misión .....	6
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	7
2.1. Ubicación territorial y área del edificio .....	7
2.2. Detalles arquitectónicos de la construcción.....	8

2.3.	Horario de trabajo .....	8
2.4.	Condiciones generales del edificio .....	8
3.	MARCO TEÓRICO .....	9
3.1.	Instalación eléctrica.....	9
3.2.	Acometida .....	9
3.3.	Carga .....	10
3.4.	Demanda.....	11
3.5.	Elementos que forman una instalación eléctrica .....	11
3.6.	Tubería.....	11
3.7.	Conduit PVC .....	12
3.8.	Conduit rígido.....	13
3.9.	Cajas condulet .....	13
3.10.	Polietileno.....	14
3.11.	Tipos de conductores y capacidades asociadas .....	15
3.12.	Cableado máximo en tubería .....	16
3.13.	Dispositivos de protección.....	18
3.14.	Cajas y accesorios .....	19
3.15.	Interruptores.....	20
3.16.	Tablero de distribución .....	20
3.17.	Tomacorrientes .....	20
3.18.	Luminarias.....	21
3.19.	Puesta a tierra.....	22
3.20.	Cálculo de iluminación método punto a punto.....	24
3.21.	Diagrama unifilar .....	25
3.22.	Planes de mantenimiento.....	26
4.	MARCO METODOLÓGICO .....	27
4.1.	Delimitación del campo de estudio.....	27

4.2.	Recursos humanos disponibles.....	27
4.3.	Recursos materiales disponibles.....	27
4.4.	Auditoría de consumos.....	28
4.5.	Termografía.....	28
4.6.	Documentación fotográfica.....	29
4.7.	Análisis de calidad de energía.....	29
5.	EQUIPO DE MEDICIÓN.....	31
5.1.	Cámara fotográfica.....	31
5.2.	Cámara termografía.....	31
5.3.	Equipo de medición de calidad energética.....	31
5.4.	Multímetro.....	32
6.	DIAGNÓSTICO.....	33
6.1.	Generalidades.....	33
6.2.	Descripción del edificio.....	34
6.3.	Medidor.....	34
6.3.1.	Medidor tipo <i>socket</i> .....	34
6.4.	Acometida eléctrica.....	35
6.5.	Tableros de distribución y protecciones.....	36
6.6.	Canalización y cajas de registro.....	40
6.7.	Conductores.....	41
6.8.	Sistema de iluminación.....	41
6.9.	Prueba de disparo.....	43
6.10.	Sobrecarga.....	43
6.11.	Capacidad de cortocircuito.....	43
6.12.	Puesta a tierra.....	44
6.13.	Apartarrayos.....	45
6.14.	Supresor de picos de voltaje.....	45

7.	DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES .....	47
7.1.	Diagrama unifilar del Museo de Arte Colonial .....	47
8.	ANÁLISIS DE HISTÓRICOS DE CONSUMO .....	49
8.1.	Consumo de energía eléctrica .....	49
8.2.	Consumo de agua potable .....	51
8.3.	Inventario de equipo.....	53
8.4.	Iluminación .....	54
8.5.	Consumo eléctrico por luminaria.....	56
8.6.	Tiempo promedio de operación por luminaria .....	56
8.7.	Total de consumo eléctrico diario.....	57
8.8.	Análisis de los resultados de consumo eléctrico por iluminación .....	57
8.9.	Análisis de los resultados de eficiencia en iluminación .....	58
8.10.	Equipos .....	61
8.11.	Total de equipos.....	62
8.12.	Consumo eléctrico por equipo.....	64
8.13.	Tiempo promedio de operación de cada equipo .....	65
8.14.	Total de consumo eléctrico diario.....	66
8.15.	Análisis de los resultados de consumo eléctrico por equipo ....	66
9.	MEDICIONES ENERGÉTICAS.....	67
9.1.	Mediciones eléctricas .....	67
9.2.	Análisis de corrientes .....	68
9.3.	Análisis de voltaje .....	69
9.4.	Análisis de factor de potencia .....	70
9.5.	Análisis de armónicos .....	71
9.6.	Análisis termográfico de la instalación eléctrica .....	72

10.	ANÁLISIS DE ARMÓNICOS .....	79
10.1.	Origen.....	79
10.2.	Causas .....	79
10.3.	Factor de distorsión armónica total.....	80
10.4.	Importancia de detectar armónicos en la red.....	82
10.5.	Resultados encontrados.....	83
10.6.	Análisis de los armónicos en el museo.....	83
11.	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS.....	85
11.1.	Análisis y propuestas de mejoras en energía eléctrica.....	85
11.2.	Mejoras para acometida .....	85
11.3.	Mejora tableros de distribución.....	86
11.4.	Mejora de canalización, cajas de registro, protecciones y conductores eléctricos.....	88
11.5.	Mejora iluminación.....	88
11.6.	Planta de emergencia y transferencia automática .....	89
11.7.	Sistemas de puesta a tierra .....	90
	CONCLUSIONES .....	91
	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación Museo Arte Colonial .....	2
2.	Organigrama institucional del Museo de Arte Colonial.....	3
3.	Organigrama actual.....	5
4.	Ubicación del Museo de Arte Colonial en hoja cartográfica .....	7
5.	Esquema de acometida según EEGSA.....	10
6.	Tubo conduit de PVC .....	12
7.	Tubo conduit acero galvanizado .....	13
8.	Dimensiones cajas conduit.....	14
9.	Partes de un interruptor termomagnético .....	19
10.	Tipos de tomacorrientes.....	21
11.	Esquema de puesta a tierra .....	23
12.	Fórmulas para cálculo de iluminación, método punto a punto .....	24
13.	Curva fotométrica de una luminaria .....	25
14.	Museo de Arte Colonial vista interna.....	33
15.	Ubicación del Museo de Arte Colonial.....	34
16.	Cajas tipo <i>socket</i> en acometida Museo de Arte Colonial .....	35
17.	Acometida eléctrica Museo de Arte Colonial.....	36
18.	Flipón principal acometida Museo de Arte Colonial .....	37
19.	Flipon principal 1 .....	37
20.	Tableros de distribución secundarios .....	38
21.	Tablero de distribución secundario .....	39
22.	Conductores no canalizados en el Museo de Arte Colonial .....	40

23.	Conductores de circuitos de distribución e iluminación del Museo de Arte Colonial .....	41
24.	Iluminación Museo de Arte Colonial.....	42
25.	Candelabros Museo de Arte Colonial .....	42
26.	Acometida sin conexión a tierra del Museo de Arte Colonial .....	44
27.	Diagrama unifilar Museo Arte Colonial.....	47
28.	Pliego tarifario EEGSA año 2019.....	50
29.	Proyección de consumo energético en kWh para el año 2020 .....	51
30.	Luminarias del Museo de Arte Colonial .....	54
31.	Candelabros y rieles del Museo de Arte Colonial .....	55
32.	Consumo promedio en porcentaje de energía eléctrica por tipo de luminaria .....	57
33.	Deshumificador en el área de salón de exposiciones .....	61
34.	Equipo de cómputo instalado en las oficinas administrativas de Museo .....	61
35.	Herramientas eléctricas taller de carpintería.....	62
36.	Distribución de consumos eléctricos.....	66
37.	Instalación de analizador de redes .....	67
38.	Nivel de corriente horaria .....	68
39.	Nivel de voltaje horario .....	69
40.	Análisis de factor de potencia .....	71
41.	Armónicos por fase .....	72
42.	Capturas de la cámara termográfica en el tablero de distribución .....	73
43.	Captura termográfica desde otro ángulo del tablero .....	74
44.	Áreas con mayor temperatura en el tablero de distribución .....	75
45.	Alimentadores del interruptor principal.....	75
46.	Condiciones actuales acometida eléctrica Museo de Arte Colonial .....	86
47.	Condiciones actuales de tableros de distribución .....	87
48.	Condiciones actuales de la iluminación .....	89

## TABLAS

I.	Capacidad por tipo de conductor .....	16
II.	Cantidad máxima de conductores en tubería .....	17
III.	Datos del servicio de energía eléctrica principal .....	49
IV.	Consumo energético de acometida eléctrica principal del Museo Arte Colonial.....	50
V.	Consumo de agua potable en el Museo Arte Colonial, año 2019 .....	52
VI.	Proyección de consumo hídrico en metros cúbicos 2019 y proyección consumo en metros cúbicos para el año 2020 según históricos .....	53
VII.	Total de luminarias .....	55
VIII.	Consumo eléctrico por luminaria .....	56
IX.	Tiempo promedio de operación por luminaria .....	56
X.	Niveles de iluminación por áreas en El Museo.....	59
XI.	Condiciones de iluminación dentro del Museo .....	60
XII.	Resumen de la eficiencia lumínica total dentro del Museo.....	60
XIII.	Total de equipos que se encuentran actualmente funcionando .....	63
XIV.	Consumo eléctrico por equipo.....	64
XV.	Tiempo promedio de operación de cada equipo .....	65
XVI.	Rango de valores del factor THD y sus efectos .....	82
XVII.	Valor del factor de distorsión armónica de voltaje y corriente en la red eléctrica del Museo de Arte Colonial.....	83



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\Phi$	Ángulo formado del desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente.
<b>Fp</b>	Factor de potencia
$\Delta$	Intervalo de cambio del valor de una variable
<b>kVA</b>	Kilos voltiamperios
<b>kW</b>	Kilowatios
<b>kWh</b>	Kilowatio hora
<b>Lumen</b>	Medida de flujo luminoso
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>AZ</b>	Nivel azotea
<b>N5</b>	Nivel cinco



## GLOSARIO

<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala.
<b>EEGSA</b>	Empresa Eléctrica de Guatemala.
<b>EPA</b>	United States Environmental Protection Agency.
<b>Flipon</b>	Son de gran importancia para proteger los equipos eléctricos, ya que son capaces de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él excede de un valor adecuado de operación.
<b>Generador eléctrico</b>	Máquina capaz de transformar la energía primaria en energía eléctrica.
<b>Led</b>	Sigla de la expresión inglesa <i>light-emitting diode</i> , 'diodo emisor de luz', que es un tipo de diodo empleado en computadoras, paneles numéricos, entre otros.
<b>Lux</b>	Unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m <sup>2</sup> . Se usa en la fotometría como medida de la iluminancia,

tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad del ojo humano a la luz.

**Normas NTSD**

Normas Técnicas del Servicio de Distribución.

**Normas NTDROID**

Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.

**IEC**

International Electrotechnical Commission, organización de normalización en los campos eléctricos, electrónico y tecnologías asociadas.

**Normas NEC**

Normas National Electrical Code NEC/NFPA70 2014.

**Potencia**

Se mide en vatios o *watts* y es la transferencia de energía que permite realizar un trabajo en la unidad de tiempo.

## RESUMEN

En la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado se realizó una auditoría energética la cual consistió en una revisión ocular completa del sistema: eléctrico e hídrico

Se realizó una revisión de consumos hídricos mensuales, esto fue acotado contra el número de visitantes y contra cualquier fuga o demás particularidad, con el fin de poder explicar el comportamiento actual y a su vez realizar una serie de propuestas en función de reducir el consumo.

Se analizaron prácticas cotidianas del personal administrativo que puedan influir en el consumo energético del edificio a fin de poder presentar pequeños cambios que resulten en beneficio y reducción del consumo energético. Se relevó el sistema eléctrico completo del complejo, con el fin de poder contar con una guía de operación y análisis que permita ubicar cualquier punto de mejora, debilidad o posible ampliación.

Finalmente se presentaron conclusiones debidamente fundamentadas que explican la forma en que actualmente opera el museo y los beneficios que tendría el hacer cambios e inversiones de tal modo que los mismos sean rentables y recuperables en el tiempo.



# OBJETIVOS

## General

Realizar una auditoría energética de las instalaciones eléctricas del Museo de Arte Colonial

## Específicos

1. Realizar una evaluación completa de las instalaciones eléctricas del edificio.
2. Diagnosticar mediante el uso de analizadores de redes, cámaras termográficas y equipo de cómputo a profundidad del estado del sistema energético del edificio.
3. Evaluar puntos de pérdidas de consumo energético en el edificio.
4. Crear una guía con el fin de entender el funcionamiento del sistema eléctrico y facilitar la toma de decisiones en materia de mejoras.



## INTRODUCCIÓN

El Museo de Arte Colonial, es un punto de interés en nuestro país, tanto para turistas nacionales como extranjeros; por lo que es de suma importancia que se encuentren en excelentes condiciones, para que los visitantes se lleven una buena impresión de su visita.

Es muy importante que las instalaciones eléctricas en estos museos garanticen eficiencia en el consumo energético, así como cumplir con las normativas para conservar el patrimonio que se resguarda dentro de ellos.

Es necesario hacer un diagnóstico de las instalaciones eléctricas con las cuales cuentan actualmente ambos museos, además de rediseñar de una forma eficiente dichas instalaciones, y elaborar un plan de mantenimiento el cual permita tener un desempeño óptimo del sistema eléctrico.



## **1. GENERALIDADES MUSEO ARTE COLONIAL**

El edificio que ocupa el Museo de Arte Colonial, está ubicado en la 5ª. Calle oriente No. 5, frente a las ruinas de la catedral de Antigua Guatemala. Se trata de uno de los edificios más armoniosos de la ciudad colonial

### **1.1. Historia**

El edificio que hoy ocupa el Museo de Arte Colonial, albergó la Universidad de San Carlos de Borromeo de 1768 a 1777.

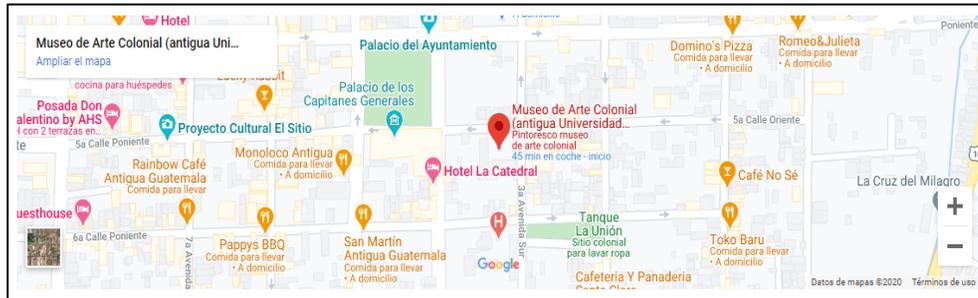
El museo de Arte Colonial fue cuenta con el apoyo de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencias y la Cultura Unesco. Fue fundado como tal en el año 1936, habilitando cuadro salas al público.

El Museo cuenta con una exposición permanente de pintura, escultura y muebles de la época colonial.

### **1.2. Ubicación**

Como se aprecia en la figura está el mapa de la ubicación del Museo de Arte Colonial en hoja cartográfica. El museo está ubicado en el departamento de Sacatepéquez Antigua Universidad de San Carlos de Borromeo, Antigua Guatemala.

Figura 1. **Ubicación Museo Arte Colonial**



Fuente: Google Maps. *Ubicación Museo Arte Colonial*. <https://mcd.gob.gt/museo-de-arte-colonial/>. Consulta: 20 de febrero de 2020.

### 1.3. Misión

Ser una institución perteneciente al sector cultura que promueve la protección, conservación, valoración y divulgación del Patrimonio Cultural mueble e inmueble de la Época Colonial, con el propósito de mostrar en forma ordenada y didáctica dicho Patrimonio a los visitantes nacionales y extranjeros, con énfasis en los estudiantes.<sup>1</sup>

### 1.4. Visión

Ser un museo que muestre el legado de la época colonial tanto en su edificio como en la colección de pintura y escultura en condiciones óptimas de conservación y restauración para comprender la grandeza e importancia del pasado y fortalecer la identidad actual y futura de los guatemaltecos.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministerio de Cultura y Deporte. *Misión Visión*. <https://mcd.gob.gt/museo-de-arte-colonial/>. Consulta: 21 de febrero de 2021.

<sup>2</sup>. *Ibíd.*

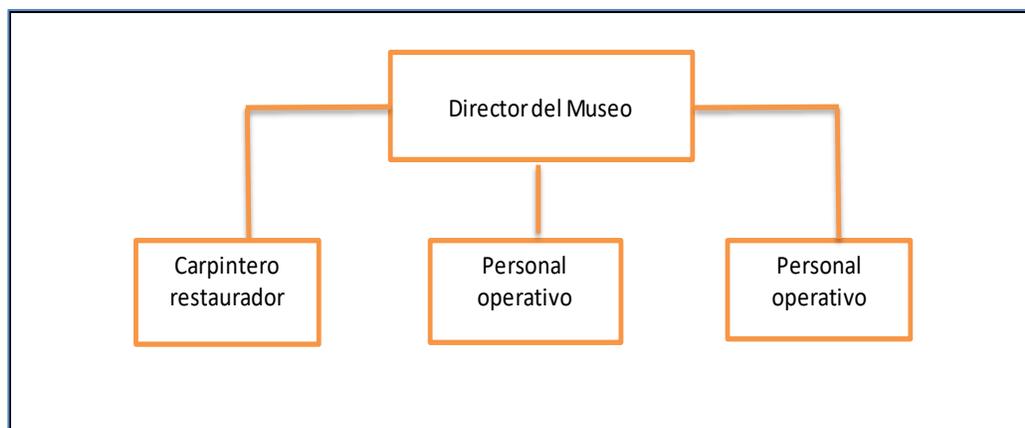
## 1.5. Funciones

Fomentar el conocimiento del tejido multicolor que da forma a nuestra sociedad guatemalteca y con ello promocionar su riqueza cultural. Organizar las actividades técnicas y administrativas del museo, y centros culturales, tomando en cuenta las políticas, estrategias y planes ministeriales. Coordinar los recursos humanos, técnicos, materiales y financieros, para el desarrollo de las actividades museísticas y museológicas y las asignadas a los centros culturales. Dirigir las actividades técnicas y de apoyo a los museos y centros culturales. Supervisar y evaluar las actividades técnicas y administrativas de los museos y centros culturales.

## 1.6. Organigrama

El museo de arte colonial se encuentra organizado de la siguiente manera: un director quien tiene a su cargo al personal operativo y personal encargado de la restauración de los bienes muebles con que cuenta en su inventario.

Figura 2. **Organigrama institucional del Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

### **1.7. Ministerio de Cultura y Deportes**

El Ministerio de Cultura y Deportes, fundamenta y orienta su accionar con base en sus mandatos legales, así como en las políticas públicas vinculadas a las funciones, actividades y proyectos que se planifican.

### **1.8. 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.

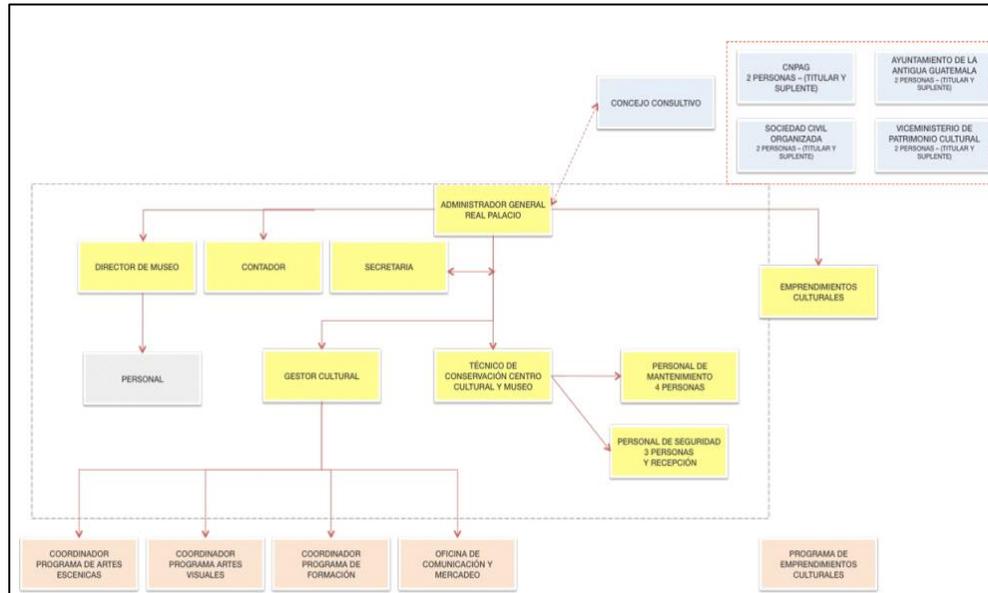
### **1.9. Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala**

Asociación nacional con participación local. se encarga de la preservación y conservación de los bienes que se establezcan en La Antigua Guatemala y 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.

### **1.10. 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 3. Organigrama actual



Fuente: Museo Colonial. *Organigrama actual*. <http://www.museocolonial.gov.co/institucion/organigrama>, Consulta 28 de mayo de 2020.

### 1.11. Visión

El Ministerio de Cultura y Deportes es una institución gubernamental moderna, eficiente y eficaz, rectora del desarrollo cultural del país y que contribuye al fomento de la actividad deportiva y recreativa. Implementa políticas públicas que responden a los Acuerdos de Paz y al Plan Nacional de Desarrollo Cultural a largo plazo. Su accionar está orientado al fortalecimiento de la cultura de paz, de la identidad guatemalteca y la consolidación de un Estado multicultural y multilingüe.

## 1.12. Misión

Fortalecemos y promovemos la identidad guatemalteca y la cultura de paz, en el marco de la diversidad cultural y el fomento de la interculturalidad, mediante la protección, promoción y divulgación de los valores y manifestaciones culturales de los pueblos que conforman la nación guatemalteca, a través de una institucionalidad sólida y mediante mecanismos de desconcentración, descentralización, transparencia y participación ciudadana, a efecto de contribuir a lograr un mejor nivel de vida para la población guatemalteca.<sup>3</sup>

---

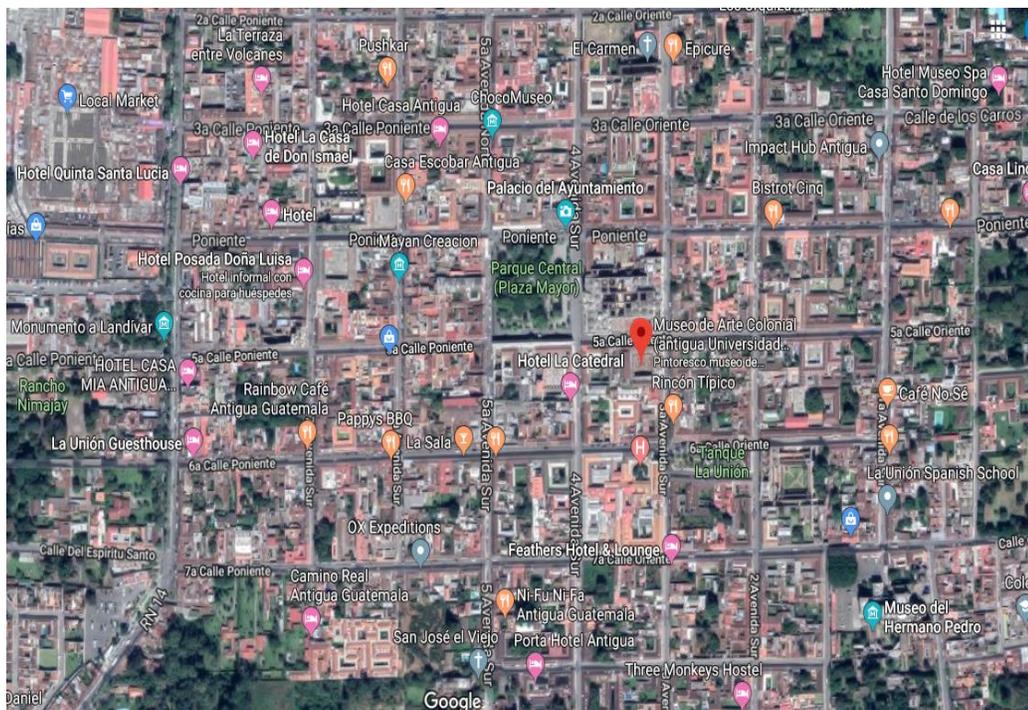
<sup>3</sup> Ministerio de Cultura y Deportes.  
<https://www.facebook.com/CulturayDeportesGT/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

### 2.1. Ubicación territorial y área del edificio

Específicamente, el Museo Nacional de Arte Colonial se encuentra ubicado en la Dirección: 5ª. Calle oriente No. 5, La Antigua Guatemala.

Figura 4. Ubicación del Museo de Arte Colonial en hoja cartográfica



Fuente: Ministerio de Cultura y Deportes. *Ubicación Museo de Arte.*  
<https://mcd.gob.gt/museo-de-arte-colonial/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

## **2.2. Detalles arquitectónicos de la construcción**

El edificio es una joya arquitectónica de estilo de arte barroco del siglo XVII. Uno de los detalles que sobresalen es su techo de madera de caoba y Cedro. Tiene varias salas de exposición de bienes muebles dentro de los y una sala central en honor a Carlos Mérida en la que se exponen obras de su autoría.

## **2.3. Horario de trabajo**

El horario de atención al público en general en el museo es de 09:00 a 16:00 de lunes a viernes, con la siguiente tarifa:

- Nacionales: Q. 5,00
- Extranjeros: Q. 50,00
- Niños menores de 12 años ingreso gratuito

## **2.4. Condiciones generales del edificio**

Para lo correcta verificación de las condiciones generales del Museo de Arte Colonial se realizó una inspección visual general a toda la instalación con la cual se recolectó la siguiente información:

- Edificación a de paredes con bases y columnas
- Puertas y ventanas exteriores con marco de madera
- Puertas interiores de madera en su mayoría con chapa metálica bilateral
- Tabiques de exposición elaborados con madera
- Techo construido con caoba
- Existen áreas con vigas de madera y losa apoyada

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Instalación eléctrica**

Se define instalación eléctrica a un conjunto de circuitos que tiene la función de brindar energía eléctrica a un inmueble, industria o establecimiento, garantizando así el funcionamiento de sus elementos internos, siendo ellos, iluminación y fuerza, los cuales van enfocados a contar con una correcta visión y funcionamiento de la carga conectada, presentando particularidades seguras para la manipulación de las personas y contando con los estándares mínimos de protección contra averías y fallas. Cabe destacar que cada instalación podrá tener variaciones puntuales en su configuración, ya que podría haber por ejemplo diferentes niveles de voltaje, protecciones, estándares de construcción y operación los cuales son diseñados en función de su objetivo puntual.

#### **3.2. Acometida**

Se denomina acometida al tramo de conductor el cual se sitúa entre la red de una distribuidora de energía eléctrica y el punto de medición y protección de un cliente, este segmento de conductor es instalado, operado y sustituido ante una falla por parte de la unidad de operación de la distribuidora de energía eléctrica local, el mismo se calcula en función de la carga y demanda puntual del cliente y del tipo de construcción del lugar, pues la misma puede ser aérea o subterránea, para niveles de voltaje 120 / 240 V, a continuación se muestra según la normativa vigente de EEGSA el esquema básico de construcción:



### **3.4. Demanda**

La demanda eléctrica es una relación matemática que muestra una tendencia entre la corriente consumida por una potencia de un circuito en un periodo de tiempo establecido, esto se conoce como intervalo de demanda. Cada circuito cuenta con a una demanda particular, la cual depende directamente de las particularidades de la carga conectada, por ejemplo, un circuito que únicamente contempla iluminación mantendrá una demanda lineal, mientras que si hacemos el mismo ejercicio con una carga que tiene motores presentará intervalos de carga variable, pues la misma sufrirá repentinas subidas al momento de los arranques de la maquinaria.

Cabe destacar que la demanda máxima de todo circuito será proyectada bajo el escenario de una utilización al 100 %, es decir, bajo el escenario que todo lo que comprende al circuito está funcionando, este escenario servirá también para diversos cálculos de la instalación, como, por ejemplo, la elección del conductor, la elección de las protecciones, tipos de entubado, entre otros.

### **3.5. Elementos que forman una instalación eléctrica**

A continuación, se conceptualizan los diversos elementos que conforman una instalación eléctrica.

### **3.6. Tubería**

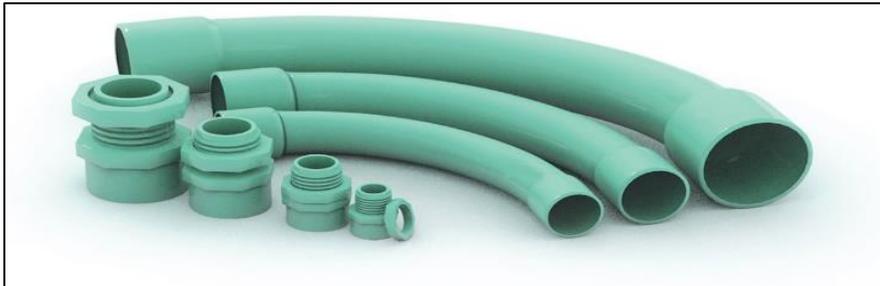
La tubería dentro de un circuito eléctrica es el medio físico que resguarda los conductores eléctricos, su función principal es blindar al conductor de cualquier manipulación, corte o contacto indirecto, además de resguardar al conductor es capaz de contener los efectos que pueda sufrir el conductor al

momento de una falla, como lo es el calentamiento o incluso una incineración accidental. En el mercado existen diversos tipos de tubería con propiedades particulares siendo:

### 3.7. Conduit PVC

El tubo conduit está fabricado principalmente a base de PVC, el cual se obtiene de la combinación de etileno y cloro, dicha mezcla también es conocida como vinil, dentro de las ventajas de utilizar este producto existen: alta resistencia al impacto, a la abrasión, por ser un aislante natural evita descargas eléctricas, es de instalación rápida y cuenta con larga vida útil. La forma de acople para este producto es mediante el uso de pegamentos fabricados a base de solventes que garantizan un acople impermeable.

Figura 6. **Tubo conduit de PVC**



Fuente: El Arenal. *Tubo conduit de PVC*. <https://elarenal.com.gt/tubo-conduit-galvanizado>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.8. Conduit rígido

Existe en el mercado un tipo de tubo conduit rígido, el cual está fabricado principalmente de acero galvanizado o aluminio, estos tubos tienen la particularidad que son muchísimo más robustos y presentan una resistencia más alta cualquier tipo de impacto externo, la forma de acople es mediante rosca. Otro aspecto importante es su colocación, ya que los fabricados en acero se colocan mediante accesorios ya pre fabricados, como curvas, empalmes, derivaciones etcétera, mientras que los fabricados en aluminio son modelados a media, esto representa una mayor ventaja en sistemas con muchas curvas o accesos complicados pues cada pieza puede ser ajustada a un lugar específico.

Figura 7. Tubo conduit acero galvanizado



Fuente: Dincorsa. *tubo conduit acero galvanizado*. <http://www.dincorsa-tipos-usos-tuberias-conduit/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

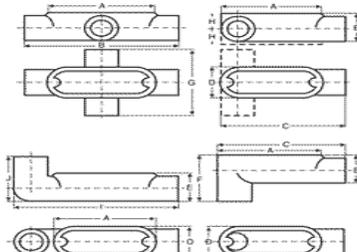
### 3.9. Cajas condulet

Estas cajas son utilizadas con la finalidad de tener un punto de unión o derivación muy bien construida y fácil acceso, esto es una ventaja al momento de hacer mantenimientos pues garantiza un punto sellado y a la vez de fácil revisión o adición de nuevos circuitos, el producto está fabricado en aluminio

con juntas de goma. A continuación, se presenta una tabla I de dimensiones del producto:

Figura 8. Dimensiones cajas conduit

Ø en pulgadas	Dimensiones en mm.										Peso promedio Kg	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	AL	Fe
1/2	99	123	110	35	34	55	68	20	157	56	0,17	0,56
3/4	119	143	133	41	41	58	79	21	181	63	0,26	0,76
1	134	170	162	44	49	78	94	28	211	69	0,47	1,14
1 1/4	143	193	170	57	60	83	111	33	225	81	0,70	1,53
1 1/2	155	210	180	63	65	93	123	34	252	90	0,90	1,94
2	180	235	210	78	79	105	138	40	300	110	1,49	3,37
2 1/2	232	300	266	110	112	146	178	58	380	150	4,22	9,90
3	232	300	266	110	112	146	178	58	380	150	4,12	9,80
4	280	360	320	140	145	205	250	77	460	200	5,40	13,70



Fuente: Electricidadly. Dimensiones caja conduit

<http://www.electricidadly.nch.com/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.10. Polietileno

Este producto es quizás uno de los más populares en la construcción de viviendas de Guatemala, el mismo consiste un tubo el cual es comercializado por metro, lo cual lo hace muy atractivo pues es de costo bajo, durable, muy flexible, alta resistencia a la corrosión y con mucha oferta en el mercado.

### **3.11. Tipos de conductores y capacidades asociadas**

Se define conductor a todo cable con el fin de transportar la energía dentro de un circuito, este está compuesto por:

- Conductor eléctrico: puede ser de cobre o aluminio principalmente, esta variación dictamina su capacidad de conducción y niveles de pérdidas por calentamiento.
- Aislamiento: cobertura que recubre al conductor, esta es diseñada en función de los niveles medios de operación, el mismo puede ser diseñado en función del nivel máximo de voltaje de operación más un margen de seguridad.
- Capa de relleno: ubicada entre el conductor y el aislamiento y tiene la función de mantener un aspecto circular.
- Cubierta: esta última capa tiene la función de proteger al conductor a los efectos del ambiente, estas capas son fabricadas para diversos escenarios de funcionamiento, por ejemplo, para lugares con alta salinidad, alta o baja temperatura, rayos UV, presencia de químicos, entre otros.

La elección del conductor ideal varía en función de las particularidades del circuito que se quiere construir, además de las condiciones propias del lugar se deben considerar los niveles de corriente, voltaje y pérdidas, basados en las Normas NEC 2002, a continuación se presentan las dos tablas de referencia para elegir al conductor ideal, bajo el escenario de utilizar cable de cobre:

Tabla I. Capacidad por tipo de conductor

Calibre	Área de la Sección Transversal Nominal		Número de Hilos	Espesor de Aislamiento Nominal		Espesor de Cubierta Nominal		Diámetro Externo Total Aproximado		Peso Total Aprox.	Resistencia Eléctrica c.d. Máx. @30°C
	C.M.	mm²		pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.		
AWG/MCM			#							Kg/Km	Ω/Km
14	4110	2.08	1	0.015	0.38	0.004	0.10	0.102	2.59	23	8.81
12	8530	3.31	1	0.015	0.38	0.004	0.10	0.119	3.02	34	5.57
10	10380	5.26	1	0.020	0.51	0.004	0.10	0.150	3.81	55	3.49
8	16510	8.37	1	0.030	0.76	0.005	0.13	0.198	5.04	89	2.19
6	26240	13.30	1	0.030	0.76	0.005	0.13	0.232	5.89	136	1.37
14	4110	2.08	7	0.015	0.38	0.004	0.10	0.111	2.81	24	8.98
12	8530	3.31	7	0.015	0.38	0.004	0.10	0.130	3.29	36	5.68
10	10380	5.26	7	0.020	0.51	0.004	0.10	0.164	4.15	58	3.56
8	16510	8.37	7	0.030	0.76	0.005	0.13	0.216	5.48	95	2.23
6	26240	13.30	7	0.030	0.76	0.005	0.13	0.254	6.44	145	1.40
4	41740	21.15	19	0.040	1.02	0.006	0.15	0.318	8.09	229	0.881
3	52620	26.66	19	0.040	1.02	0.006	0.15	0.346	8.80	283	0.700
2	66360	33.63	19	0.040	1.02	0.006	0.15	0.378	9.59	351	0.554
1	83690	42.41	19	0.050	1.27	0.007	0.18	0.435	11.04	449	0.443
1/0	105600	53.51	19	0.050	1.27	0.007	0.18	0.474	12.05	558	0.348
2/0	133100	67.44	19	0.050	1.27	0.007	0.18	0.518	13.17	693	0.277
3/0	167800	85.03	19	0.050	1.27	0.007	0.18	0.568	14.43	863	0.220
4/0	211600	107.22	19	0.050	1.27	0.007	0.18	0.624	15.85	1077	0.174
250	250000	126.68	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.712	18.08	1278	0.148
300	300000	152.01	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.767	19.48	1520	0.123
350	350000	177.35	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.816	20.78	1762	0.1052
400	400000	202.68	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.865	21.97	2009	0.0919
500	500000	253.36	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.951	24.16	2483	0.0738
600	600000	304.03	61	0.070	1.78	0.009	0.23	1.051	26.70	2992	0.0617
750	750000	380.03	61	0.070	1.78	0.009	0.23	1.157	29.39	3712	0.0491
1000	1000000	506.71	61	0.070	1.78	0.009	0.23	1.311	33.30	4906	0.0369



AMPACIDADES CONDUCTORES DE COBRE <sup>(1)</sup>			
Ampacidades de Conductores de cobre Monopolares Aislados de 0 a 2000 voltios, no más de 3 conductores en conduit, cable, ducto o enterrado directo, para una temperatura ambiente de 30°C			
Calibre	Temperatura máxima de operación de aislamiento		
	60°C	75°C	90°C
AWG kcmil (MCM)	TW, UF	FEPW, RH, RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THN, THW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
18	---	---	14
16	---	---	18
14	20*	20*	25*
12	25*	25*	30*
10	30	35*	40*
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	110
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
300	240	285	320
350	260	310	350
400	280	335	380
500	320	380	430
600	355	420	475
750	400	475	535
1000	455	545	615

A menos que específicamente sea permitido por el código eléctrico, la protección de sobrecorriente para los tipos de conductor marcados por un símbolo (\*) no deberá exceder los 15 amperios para No. 14 AWG, 20 amperios para No. 12 AWG y 30 amperios para No. 10 AWG en cobre; 15 amperios para No. 12 AWG y 25 amperios para No. 10 AWG en aluminio o aluminio con recubrimiento de cobre, luego que se hayan aplicado todos los factores de corrección por efecto de temperatura ambiente o de número de conductores. (Ver Artículo 240-3 NEC 1999).

(1) Tabla basada en la tabla 310-16 del NEC 2002



Fuente: Mas voltaje. Capacidad por tipo de conductor. <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.12. Cableado máximo en tubería

Existen parámetros para definir la cantidad máxima de conductores por tubería, según el capítulo 9 Normas NTC 2050, estos parámetros contemplan dimensiones, espacio adicional de utilización y efectos de operación normal, a

continuación, se presenta una tabla que detalla la cantidad máxima de conductores dependiendo el grosor de la tubería:

Tabla II. Cantidad máxima de conductores en tubería

**Cantidad de Conductores Admisibles en Tubería Conduit**

**Cables THHN/THWN**

**Cantidad de conductores admisibles en tubería CONDUIT PVC - Cables THHN y THWN (NTC 2050 Tabla C11)**

Calibre AWG o kcmil	Tamaño comercial (Pulgadas / mm)																			
	1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		2		2 1/2		3		3 1/2		4	
	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW
14	16	11	27	18	44	31	73	51	96	67	150	105	225	157	338	235	441	307	566	395
12	11	THHN/THWN	19	14	32	24	53	39	70	51	109	80	164	120	246	181	321	236	412	303
10	7	6	12	10	20	18	33	29	44	38	69	60	103	89	155	135	202	176	260	228
8	4	3	7	6	12	10	19	16	25	21	40	33	59	50	89	75	117	98	150	125
6	3	1	5	3	8	6	14	9	18	13	28	20	43	30	64	45	84	69	108	75
4	1	1	3	2	5	4	8	7	11	9	17	15	26	22	39	33	52	44	66	56
2	1	1	1	1	3	3	6	5	8	7	12	11	19	16	28	24	37	32	47	41
1	1	1	1	1	2	1	4	3	6	5	9	7	14	11	21	17	27	22	35	29
1/0	1	1	1	1	2	1	4	3	5	4	8	6	11	10	17	14	23	19	29	24
2/0	1	-	1	1	1	3	2	4	3	6	5	10	8	14	12	19	16	24	21	17
3/0	-	-	1	1	1	2	1	3	3	5	4	8	7	12	10	16	13	20	17	14
4/0	-	-	1	1	1	1	1	3	2	4	4	6	6	10	9	13	11	17	14	11
250	-	-	1	-	1	1	1	1	2	1	3	3	5	4	8	7	10	9	14	12
300	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	3	2	4	4	7	6	9	8	12	10
350	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	2	4	3	6	5	8	7	10	9	8
400	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	1	3	3	5	5	7	6	9	8	7
500	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	3	2	4	4	6	5	7	7	7
600	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	5	4	6	5	5

**Cantidad de conductores admisibles en tubería CONDUIT metálica - Cables THHN- THWN (NTC 2050 Tabla C1)**

Calibre AWG o kcmil	Diámetro Nominal del Tubo (Pulgadas / mm)																			
	1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		2		2 1/2		3		3 1/2		4	
	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW	THHN	THW
14	12	8	22	15	35	25	61	43	84	58	138	96	241	168	364	254	476	332	608	424
12	9	6	16	11	26	19	45	33	61	45	101	74	176	129	266	195	347	255	443	326
10	5	5	10	8	16	14	28	24	38	33	63	55	111	96	167	145	219	190	279	243
8	3	2	6	5	9	8	16	13	22	18	36	30	64	53	96	81	126	105	161	135
6	2	1	4	3	7	4	12	8	16	11	26	18	46	32	69	48	91	63	116	81
4	1	1	2	1	4	3	7	6	10	8	16	13	28	24	43	36	56	47	71	60
2	1	1	1	1	3	2	5	4	7	6	11	10	20	17	30	26	40	34	51	44
1	1	1	1	1	1	1	4	3	5	4	8	7	15	12	22	18	29	24	37	31
1/0	1	-	1	1	1	1	3	2	4	3	7	6	12	10	19	16	25	20	32	28
2/0	-	-	1	1	1	1	2	1	3	3	6	5	10	9	16	13	20	17	26	22
3/0	-	-	1	1	1	1	1	1	3	2	5	4	9	7	13	11	17	15	22	19
4/0	-	-	1	-	1	1	1	2	1	4	3	7	6	11	9	14	12	18	16	16
250	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	3	3	6	5	9	7	11	10	15	13
300	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	3	2	5	4	7	6	10	8	13	11
350	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	2	1	4	4	6	6	9	7	11	10
400	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	4	3	6	5	8	7	10	9	8
500	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	3	3	5	4	6	6	8	7	7
600	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2	4	3	5	4	7	6	5

42

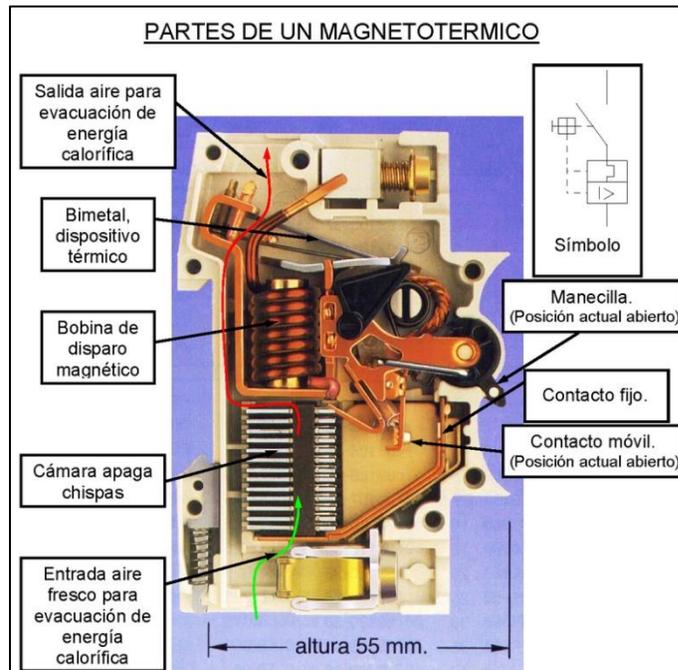
Fuente: Asei-ingenieria. *Cantidad máxima de conductores en tubería.* <https://www.asei-ingenieria.com/documents/conductorestuberia.pdf>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### **3.13. Dispositivos de protección**

Se llaman dispositivos de protección a los elementos destinados a minimizar el impacto de una falla en un circuito, estos elementos pueden además tener la función de interruptores de corriente para hacer mantenimientos o cualquier adecuación, en el mercado podemos encontrar de tipo térmico, termomagnético y electrónicos. Los tipos térmicos funcionan a partir de detectar una sobre corriente y provoca el dobléz de un material bimetálico se usan mayormente para proteger motores, los termomagnéticos son los dispositivos más comunes los cuales abren en situaciones de sobre corriente o pueden ser manipulados manualmente,

Los interruptores de protección pueden ser encontrados en variaciones de un polo para voltajes 120/240 V, también de dos o tres polos, los cuales pueden ser utilizados en niveles de voltaje de: 240, 480 y 600 con capacidades desde 10 amperios, cabe destacar que los termo-magnéticos son dispositivos que cuentan con una sola función, abrir y cerrar, estos no pueden ser modificados en cuanto a su curva de disparo, a excepción de los electrónicos, los cuales pueden ser modificados en función de variables particulares.

Figura 9. Partes de un interruptor termomagnético



Fuente: Comofunciona.co. *Partes de un interruptor termomagnético*. <https://comofunciona.co/un-interruptor-termomagnético/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.14. Cajas y accesorios

Estos elementos son utilizados como soporte de los elementos de un circuito, por ejemplo, contempla las cajas donde son colocados los tomacorrientes, los *switchs* y demás, su función principal es dotar de un espacio físico para la colocación de elementos del circuito, en la actualidad podemos encontrarlos en el mercado fabricados en PVC, latón y aluminio. Según la NEC 2014 las cajas deben ser lo más accesibles para personal calificado, de lo contrario deben ser lo más blindadas a efecto de no ser manipuladas accidentalmente.

### **3.15. Interruptores**

Estos son los dispositivos dirigidos a la operación de las instalaciones, tienen la función de poder hacer maniobras en un circuito, parte de sus particularidades es que deber completamente seguros para la operación de los usuarios, los mismos pueden funcionar para cargas de fuerza o iluminación principalmente, también pueden ser utilizados en cargas especiales.

### **3.16. Tablero de distribución**

Son gabinetes metálicos que cumplen la función de resguardar los interruptores de un circuito, estos deben garantizar la seguridad ante descargas tanto para la red como para las personas, según la ubicación los tableros de dividen en:

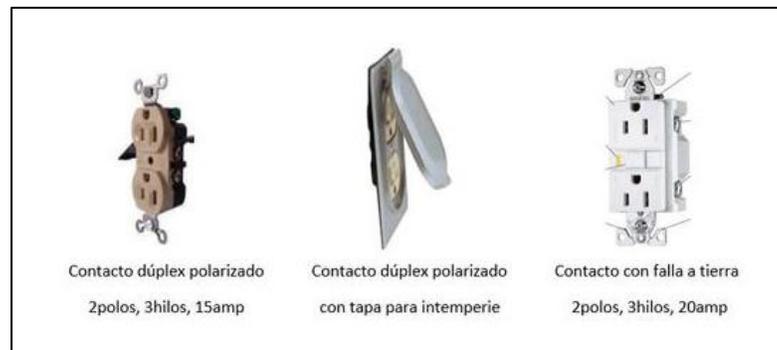
- Tablero principal: contiene la protección principal y general del circuito.
- Tableros de distribución: son tableros secundarios conectados del tablero principal, tienen la función de contener sistemas de protección de más circuitos.
- Tableros de paso: tienen la función de proteger derivaciones del circuito principalmente con fusibles.
- Tableros de comando: se utilizan para resguardar los dispositivos de maniobra y seguridad.

### **3.17. Tomacorrientes**

Son dispositivos enfocados a presentar una toma de voltaje para la conexión de equipos, estos son sistemas sumamente sencillos, los podemos encontrar para voltajes 120 y 240 V, estos dispositivos en su mayoría son

fabricados para ser colocados en una caja rectangular, también existen modelos que son para ser colocados en muro, contando así con su propio case, estos son colocados de forma perpendicular al suelo, también existen modelos especiales para colocarse en piso, incluso modelos para ser colocados a la intemperie:

Figura 10. **Tipos de tomacorrientes**



Fuente: Eléctrica Aplicada. *Tipos de tomacorrientes*. <https://www.tipos-de-tomacorrientes-electricos-para-casa/>. Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.18. Luminarias

Dependiendo de su tecnología se pueden clasificar las luminarias en:

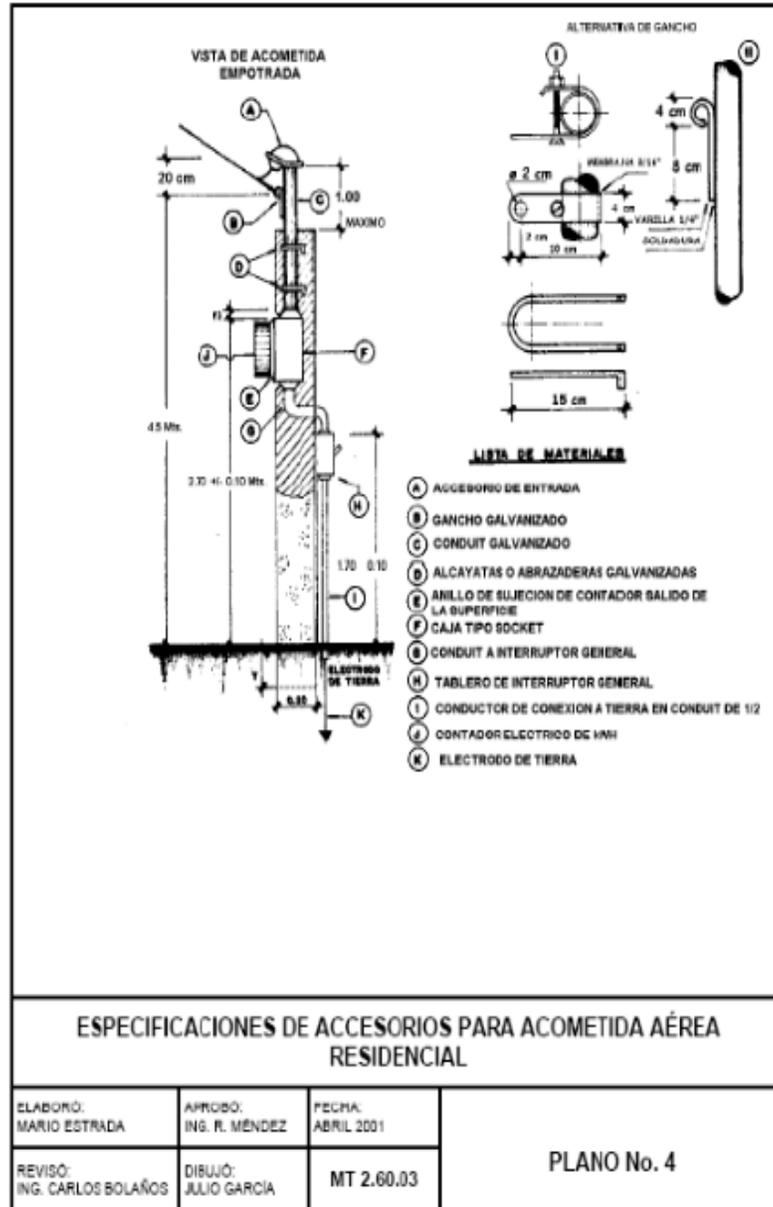
- Led, consiste en un diodo compuesto de varias capas de semiconductor, actualmente es considerada una de las tecnologías más ahorradoras del mercado por su alta luminosidad y bajo consumo energético.
- Incandescente, consiste en un dispositivo que emite luz a partir del calentamiento de un filamento interno efecto Joule.
- Fluorescente, funcionan a partir un tubo donde la descarga de vapor de mercurio a baja presión produce la iluminación.

- Halógenas, es la iluminación de una lámpara incandescente, con la diferencia que internamente cuenta con una pequeña cantidad de gas inerte y halógeno lo que provoca el rendimiento y la vida útil.
- Vapor de mercurio, consiste en una lámpara de descarga con una gran intensidad lumínica, dentro del bulbo cuenta con vapor de mercurio el cual se activa con un arco eléctrico.
- Vapor de sodio, es una luminaria que trabaja con vapor de sodio mediante descarga de gas, tiene la particularidad que es capaz de dar una gran cantidad de lúmenes por vatio consumido.

### **3.19. Puesta a tierra**

Según las Normas NEC recomiendan que todo sistema de corriente alterna que es alimentado mediante una acometida debe tener un electrodo de puesta a tierra, esto debe respetarse por cada acometida instalada, esta condición es confirmada mediante la normativa de acometidas de la EEGSA, donde solicitan dentro de su punto de medida la colocación de un electrodo aterrizado, el electrodo o varilla consiste en una pieza cilíndrica echa principalmente de acero y recubierta con una capa de cobre, la misma es insertada al suelo y conectada al interruptor general mediante una mordaza y conductor, a continuación se muestra la forma más básica de configuración para un servicio residencial:

Figura 11. Esquema de puesta a tierra



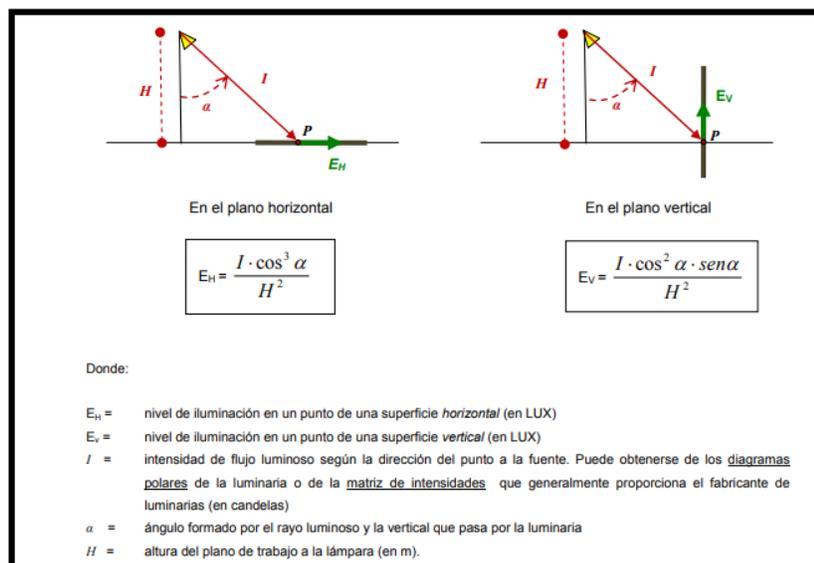
Fuente: CNEE. *Esquema de puesta a tierra según EEGSA.*  
<http://www.cnee.gob.gt/estudios electricos/Normas%20Tecnicas/05%20NTD OID.pdf>

Consulta: 20 de mayo de 2020.

### 3.20. Cálculo de iluminación método punto a punto

Uno de los métodos más utilizados para hacer el cálculo de la iluminación es el método de punto, este se caracteriza porque es capaz de hacer el cálculo de iluminación en un punto del cuadrante analizado.

Figura 12. Fórmulas para cálculo de iluminación, método punto a punto



Fuente: Riunet. Upv.es. *Fórmulas para cálculo de iluminación método punto a punto*.  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7556/AD\\_calculo\\_metodo\\_punto\\_por\\_punto.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7556/AD_calculo_metodo_punto_por_punto.pdf). Consulta: 20 de mayo de 2020.

Cabe destacar que para hacer cálculos con este método es necesario conocer la curva fotométrica o curva de distribución luminosa, esta información está disponible en los catálogos del fabricante. A continuación, se ejemplifica como se visualiza e interpreta la curva fotométrica de una luminaria:



un circuito total, dentro de este diagrama se dibujan los sistemas de protección, la representación del conductor y la carga, también representan la fuente que alimenta el sistema en general.

### **3.22. Planes de mantenimiento**

La formulación de planes de mantenimiento es clave para garantizar la calidad y continuidad del servicio de un circuito, es necesario crear protocolos estacionales enfocados a mantener una filosofía que sea capaz de cubrir desde una avería, hasta una adecuación o una actividad proactiva en la red. Para esto podemos definir tres líneas de acción:

- Plan de mantenimiento preventivo: está enfocado a mantener una inspección estacional de la red en general, este deberá recolectar en una primera fase un inventario de todos los elementos del circuito y su estado actual, para este caso se puede utilizar equipo para llegar a un nivel más profundo, como lo son: cámaras termográficas para la detección de puntos calientes, equipos de ultrasonido, para detectar puntos de fuga de corriente, multímetros para revisar caídas de voltajes y corrientes. Luego de realizada esta inspección se procederá a realizar la corrección de todos los problemas detectados.
- Plan de mantenimiento correctivo: consiste en preparar una serie de actividades o protocolos enfocados a definir políticas de acción frente a un estado de contingencia, donde ya se cuenta con una falla, este plan es una herramienta de toma de decisiones, cabe destacar que para poder atacar una falla se deberá definir un *stock* mínimo en reserva de elementos de repuesto, además de del recurso humano que pueda realizar las actividades independientemente del día y horario.

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

A continuación, se desarrolla la metodología utilizada para la elaboración del presente trabajo y los insumos utilizados.

### **4.1. Delimitación del campo de estudio**

El presente estudio se realizará en el Edificio del Museo de Arte Colonial, Antigua Guatemala, Guatemala, en donde se realizará un diagnóstico de las instalaciones eléctricas, un análisis de consumos energéticos y estudio de calidad de energía.

### **4.2. Recursos humanos disponibles**

La realización de la auditoría energética para las instalaciones eléctricas del Edificio del Museo de Arte Colonial, estuvieron a cargo del estudiante investigador, teniendo apoyo en su asesor y personal propio del edificio.

### **4.3. Recursos materiales disponibles**

Los recursos materiales necesarios fueron:

- Multímetro digital
- Amperímetro de gancho
- Desarmadores punta Phillips
- Desarmadores punta estrella
- Analizador de red modelo *Fluke* serie 435II,

- Cámara Nikon coolpix modelo L330
- Cámara termográfica *Fluke* Ti450
- Guantes *comfortgrip gloves wx-3009-24031* talla XL
- Casco TRUPER clase G
- Libreta de campo
- Alicata

#### **4.4. Auditoría de consumos**

Se realizará una revisión de consumos eléctricos, esto mediante la revisión mensual de los registros encontrados en el archivo de facturas eléctricas, esta revisión servirá para tabular los kilovatios consumidos mensualmente, a partir de esta matriz se podrán revisar tendencias mensuales, también se podrá cotejar versus el ingreso de visitantes si hay alguna relación, de igual forma podremos investigar si hay algún mes con consumos especiales.

#### **4.5. Termografía**

Mediante el uso de cámara termografía se podrán generar imágenes desde el punto de medición, interruptor general y tableros de distribución, esto con el afán de determinar si existen puntos donde la temperatura incremente sobre la temperatura ambiente, esto será un patrón que podrá identificar puntos con corrosión o falso contacto, a su vez arrojará información si la forma en la que están realizadas las conexiones son correctas y eficientes o están provocando puntos de pérdida por calentamiento.

#### **4.6. Documentación fotográfica**

Se realizará una documentación de todo el sistema eléctrico, esto podrá evidenciar gráficamente el estado actual de las instalaciones, también servirá para generar un archivo visual de todos los elementos que comprende el sistema eléctrico.

#### **4.7. Análisis de calidad de energía**

Mediante el uso de un analizador de calidad de energía se podrán conocer todas las variables y comportamientos de la red, se realizara la conexión de este equipo en el tablero general, este se colocara durante 7 días continuos, este analizador está generando una matriz en tiempo real de todos los patrones eléctricos con los cuales podremos generar análisis por fase de: niveles de voltaje, consumos horarios, potencia máxima, potencia mínima, niveles de corriente, factor de potencia, armónicos, frecuencia, posibles cortes por parte de la distribuidora de energía, entre otros.



## **5. EQUIPO DE MEDICIÓN**

### **5.1. Cámara fotográfica**

Se utilizará una cámara semiprofesional marca Nikon Coolpix L330, esta cámara tiene una resolución de 26 mega pixeles 1 280\*720 lente nikkor 26X.

### **5.2. Cámara termografía**

Se tomarán imágenes termográficas mediante una cámara *Fluke* Ti450, esta cámara tiene la particularidad de contar con un enfoque multisharp, el cual auto ajusta la imagen para un enfoque superior, tiene una resolución de 640\*480 pixeles, para este diagnóstico se usará la paleta de color verde y amarillo que facilita la visualización a niveles de bajo voltaje, estas imágenes serán analizadas mediante el uso del software *Smart View 4,3*, el cual es compatible con dicho equipo y consiste en una plataforma de visualización de imágenes termográficas.

### **5.3. Equipo de medición de calidad energética**

se instalará un equipo de medición de calidad marca *Fluke* serie 435II, este equipo cuenta con medidores de corriente y voltaje por fase, cabe destacar que la colocación de este equipo no interfiere con el funcionamiento normal del circuito como tal, es posible obtener todas las variables de voltaje, corriente, potencia, armónicos por fase en lapsos de cada minuto, con esta información podremos entender la curva horaria de consumo, esto podría explicar claramente efectos de la red como, caídas de voltaje, desbalances, presencia

de armónicos, falta de energía por falla de parte del distribuidor, etcétera. Para la interpretación de las matrices proporcionadas por el equipo se utilizará el software *Power Log 430-II* el cual es de uso gratuito y es proporcionado sin costo en la página oficial de *Fluke*.

#### **5.4. Multímetro**

Además de contar con el equipo de medición de calidad energética se utilizará un multímetro marca Greenlee modelo CMT-90 de gancho, la finalidad de usar este equipo es hacer confirmaciones de corriente y voltaje en puntos específicos del circuito.

## 6. DIAGNÓSTICO

### 6.1. Generalidades

Se realizó una visita de campo a las instalaciones del Museo de Arte Colonial para recolectar los datos necesarios para realizar el diagnóstico electrónico, durante la visita de campo, se realizaron las inspecciones necesarias para diagnosticar al inspeccionar visual e instrumentalmente las instalaciones eléctricas del Museo de Arte Colonial, enfocándose en la inspección eléctrica y evaluación de los principales circuitos eléctricos para el normal funcionamiento de las oficinas administrativas, talleres, salas de exposiciones entre otros. Se observó el cableado general aéreo y subterráneo de circuitos independientes, inspección y evaluación de cajas de conexiones, y determinación del consumo de corriente en función del tipo y cantidad de equipos conectados a los ramales de la instalación eléctrica del museo

Figura 14. **Museo de Arte Colonial vista interna**

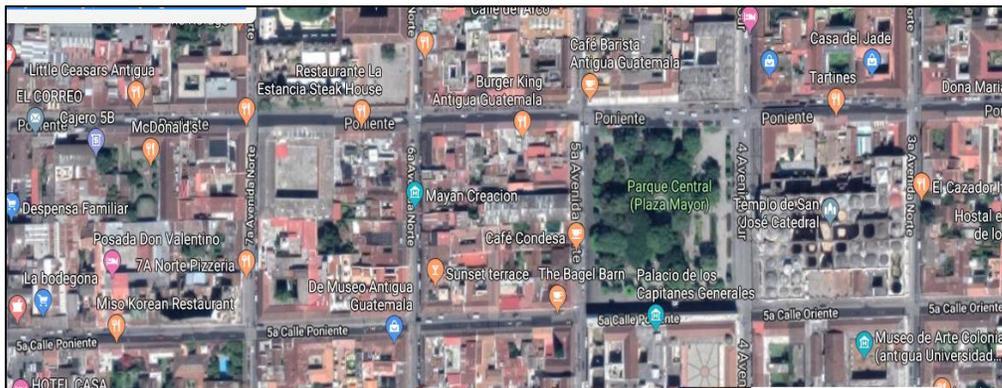


Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

## 6.2. Descripción del edificio

Como se aprecia en la figura 16 está el mapa de la ubicación del Museo de Arte Colonial en hoja cartográfica. El museo está ubicado en el departamento de Sacatepéquez, antigua Universidad de San Carlos de Borromeo, Antigua Guatemala.

Figura 15. Ubicación del Museo de Arte Colonial



Fuente: Ministerio de Cultura y Deporte. *Ubicación del Museo de Arte Colonial*.

<https://mcd.gob.gt/museo-de-arte-colonial/>. Consulta: 8 de julio de 2019.

## 6.3. Medidor

A continuación se describen lo que se localizó en la visita de campo.

### 6.3.1. Medidor tipo socket

En las visitas de campo se encontró un medidor tipo socket 120/240 con un flipón principal de 2x100 Amperios con caja para exteriores. Se encuentra empotrado en ventana de madera atrás de un bien mueble.

Figura 16. **Cajas tipo socket en acometida Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

#### **6.4. Acometida eléctrica**

Se tiene una acometida de baja tensión monofásica 120/240 subterránea, lado secundario del transformador, instalación interior en sala de exposiciones, cableado principal de alimentación accesible a particulares instalación interior en el inmueble atrás de una pintura colonial, tipo área, cableado principal de alimentación accesible a particulares.

Acometida principal, no existe instalación civil adecuada para el resguardo. El cableado del lado des secundario del transformador hacia el medidor accesible a personal no autorizado. No cumple con normas de acometida eléctrica de la EEGSA en lo referente a obra civil de acometida.

Figura 17. **Acometida eléctrica Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

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

### **6.5. Tableros de distribución y protecciones**

Los tableros de distribución y protecciones encontrados en la acometida del Museo de Arte Colonial no cumplen con la National Electrical Code® 2014 (NEC 2014) artículo 110, 240. Tablero principal de distribución. No se encuentra sujeto adecuadamente a la estructura, se encuentra accesible a personal no especializado. Circuitos desbalanceados, sin identificación sobre el lugar de utilización de cada circuito. Empalmes de cable de diferentes calibres. No existe un sistema adecuado de protección a tierra.

Figura 18. **Flipón principal acometida Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Flipon principal de la acometida es de 2x100 amperios no se encuentra aterrizada la caja RH. Empotrado en ventana de madera con acceso al personal no autorizado para su manipulación.

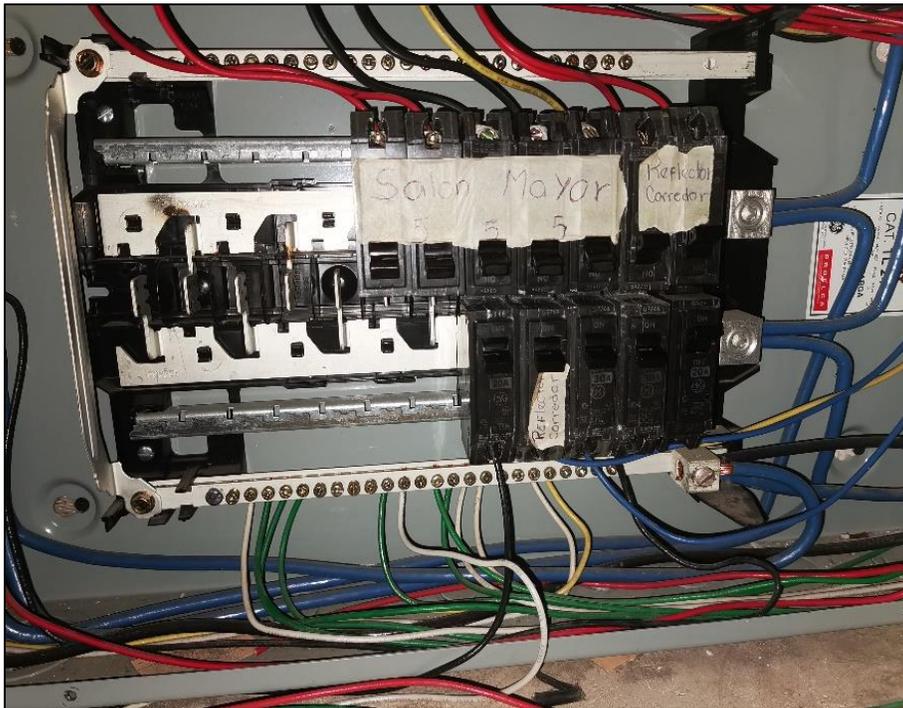
Figura 19. **Flipon principal 1**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Flipon principal de la acometida 2 con varios circuitos derivados sin conexión adecuada de neutral y no aterrizada. No cumplen con la National Electrical Code® 2014 (NEC 2014) artículo 110, 240.

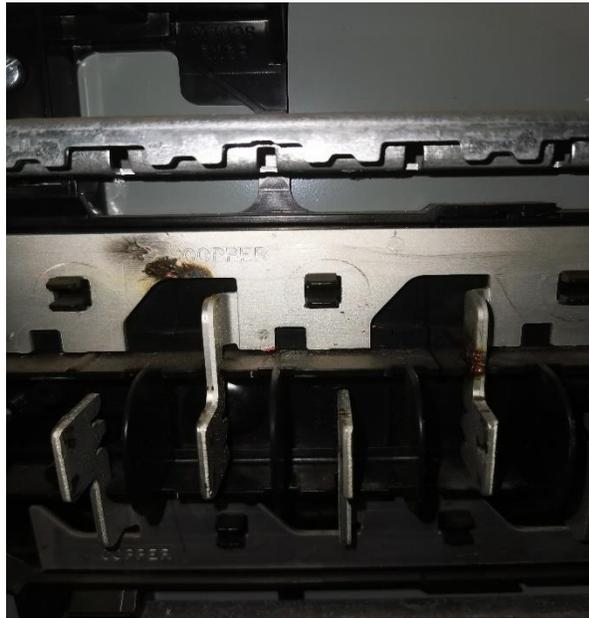
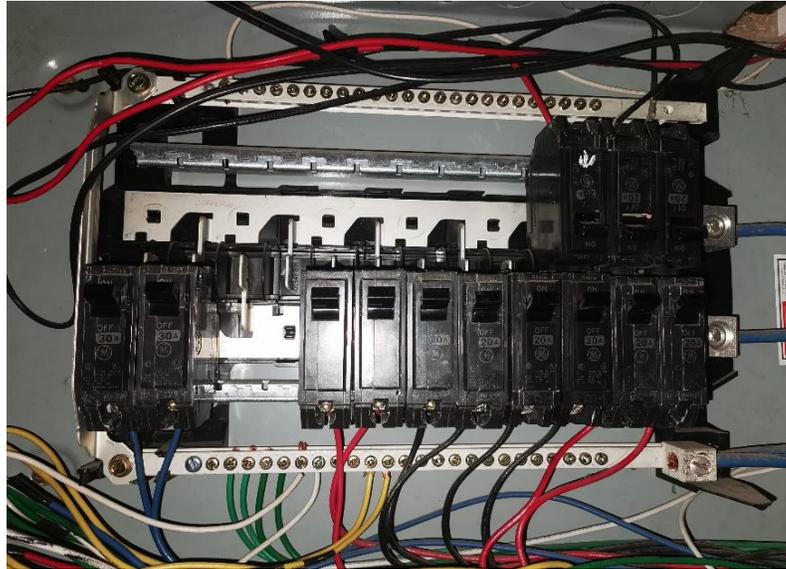
Figura 20. **Tableros de distribución secundarios**



Fuente: elaboración, propia, Museo de Arte Colonial.

Los tableros secundarios están empotrados en ventana de madera no sujetos adecuadamente, tienen una instalación vertical no aterrizada, no cumplen con la National Electrical Code® 2014 (NEC 2014) artículo 110, 240.

Figura 21. **Tablero de distribución secundario**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Se encontró el tablero secundario con rastros de corto circuitos debidos a sobrecargas de los ramales de distribución, y protecciones mal dimensionadas.

## 6.6. 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, no se encontró canalización adecuada en la acometida. En los circuitos de alimentación de carga e iluminación no cuentan con canalización en varios. No cumplen con la National Electrical Code® 2014 (NEC 2014), según lo especificado en el artículo 110 Requisitos para instalaciones eléctricas

Figura 22. **Conductores no canalizados en el Museo de Arte Colonial**

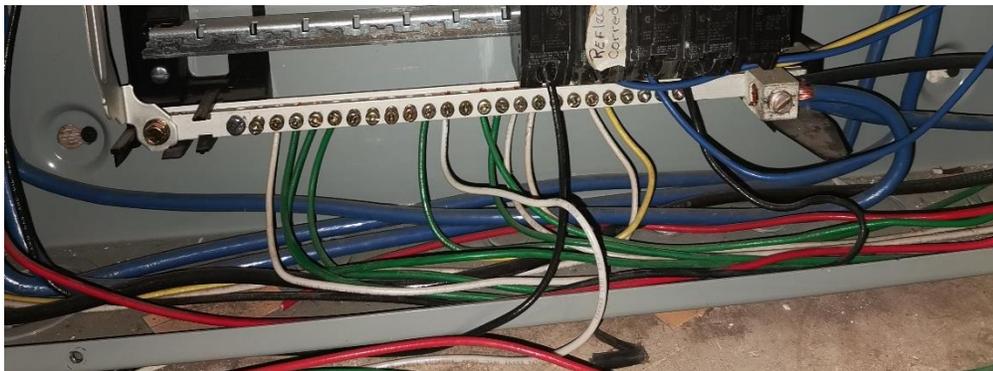


Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

## 6.7. Conductores

Se encontraron los conductores en estado, con aislamiento deteriorado y desgastado 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 (NEC 2014) artículo 200, 210, 215, 220, 225, 310.

Figura 23. **Conductores de circuitos de distribución e iluminación del Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

## 6.8. 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 24. **Iluminación Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Figura 25. **Candelabros Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

## **6.9. Prueba de disparo**

Se tomaron interruptores termomagnéticos al azar en los tableros de distribución y secundarios de las acometidas del Museo de Arte Colonial, para realizar las pruebas de disparo, para verificar su funcionamiento durante una falla. Y de las pruebas realizadas se verificó que su funcionamiento estaba aceptable.

## **6.10. Sobrecarga**

Las pruebas de sobre carga realizadas en los flipones de los tableros de distribución, consistió en poner en la posición de apagado el flipón; luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipón la línea de circuito que protege; después se conectó al flipón una de las puntas del circuito instalado para realizar la prueba que consistió en colocar en carga hasta sobrepasar la capacidad del flipón 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 flipón en el tablero.

## **6.11. Capacidad de cortocircuito**

La prueba de cortocircuito que se realizó consistió en poner en la posición de apagado el flipon, luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipón 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 poder instalarle un fusible, que en 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 encendido 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.

## 6.12. Puesta a tierra

No se encontró un sistema puesta a tierra, no cumple con la National Electrical Code® 2014 (NEC 2014) artículo 250, 280.

Figura 26. **Acometida sin conexión a tierra del Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

### **6.13. Apartarrayos**

Los pararrayos o sistemas de pararrayos están diseñados para proteger a las personas y los objetos en las instalaciones del Museo de Arte Colonial alcanzados por un rayo para evitar posibles peligros y daños en el mismo edificio o descargas en equipos cercanos, equipos eléctricos de bajo voltaje, equipos telefónicos y equipos especiales. No existe un pararrayos en la instalación del Museo de Arte Colonial, pero se recomienda instalar un sistema de pararrayos porque puede proteger el equipo eléctrico en él y de la descarga de la atmósfera.

### **6.14. Supresor de picos de voltaje**

No se encontraron protecciones contra transitorios de voltaje en el Museo de Arte Colonial. 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.

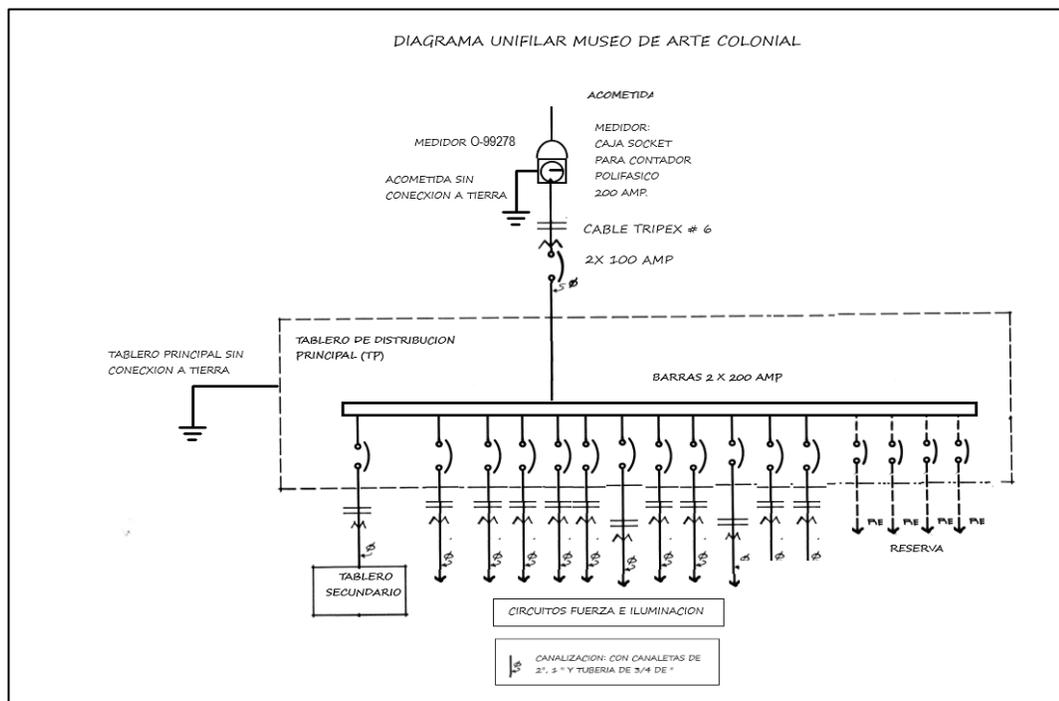


## 7. DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES

### 7.1. Diagrama unifilar del Museo de Arte Colonial

El diagrama unifilar se elaboró de acuerdo a las instalaciones eléctricas actuales del Museo de Arte Colonial y podemos observar en el diagrama unifilar la acometida, medidor, caja RH del flipon principal, tablero principal, tableros de distribución y sus ramales con sus protecciones.

Figura 27. Diagrama unifilar Museo Arte Colonial



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Paint 2010.



## 8. ANÁLISIS DE HISTÓRICOS DE CONSUMO

Con base en los datos históricos proporcionados en la facturación del medidor de la acometida del Museo de Arte Colonial en el año 2019 en este capítulo se analizará las tendencias en el consumo de electricidad y agua potable en el edificio del museo de Arte Colonial para predecir el consumo futuro de la instalación.

### 8.1. Consumo de energía eléctrica

Las instalaciones del edificio del Museo de Arte Colonial cuentan con un suministro de energía eléctrica que es brindado por la EEGSA.

- Servicio y tarifa en baja tensión alimentado por una red de baja

Tabla III. **Datos del servicio de energía eléctrica principal**

<b>Medidor</b>	<b>O-99278</b>
Tarifa	Baja tensión No Social - BTS
Voltaje	120/240 V
Fases	2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla IV. **Consumo energético de acometida eléctrica principal del Museo Arte Colonial**

Consumo de agua potable en el Museo de Arte Colonial del año 2019												
Expresado en Quetzales												
2019	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo kWh	1,17	1,23	1,23	1,23	1,3	1,3	1,3	1,33	1,33	1,33	1,34	1,34
Consumo kWh	1 329,00	1 494,00	1 533,00	1 802,00	1 778,00	1 701,00	1 417,00	1 489,00	999	1 489,00	1 312,00	1 120,00
Costo energía	1 554,93	1 837,62	1 885,59	2 216,46	2 311,40	2 211,30	1 842,10	1 980,37	1 328,67	1 960,37	1 758,08	1 500,80
Cargo fijo por cliente	8,88	9,14	9,14	9,14	9,54	9,14	9,14	937	937	937	958	958
Total sin IVA	1 563,81	1 847,76	1 894,73	2 225,50	2 320,54	2 220,44	1 881,24	1 989,74	1 338,08	1 989,04	1 777,66	1 500,38
Total con IVA	1 751,47	2 068,37	2 122,10	2 492,67	2 599,00	2 486,89	2 073,39	2 228,51	1 498,60	2 228,51	1 979,78	1 691,63
Tasa municipal alumbrado público	217,69	257,27	263,93	310,3	323,6	309,58	257,89	277,25	1 086,01	271,25	245,13	210,11
Total factura con IVA	1 969,19	2 325,54	2 306,08	2 802,98	2 922,50	2 796,47	2 331,28	2 505,76	1 384,62	2 516,76	2 225,91	1 901,74

Fuente: elaboración propia., empleando Microsoft Excel.

Como se observa en la tabla II se registró un consumo promedio mensual de 1 455 kWh durante el año 2019, lo que corresponde a un promedio mensual de Q 2 363,17 nicamente por concepto de pago de energía.

Adicional, se prevé un crecimiento por concepto de consumo energético bastante estable, siendo este alrededor de 25 kWh mensual para el año 2020.

Figura 28. **Pliego tarifario EEGSA año 2019**

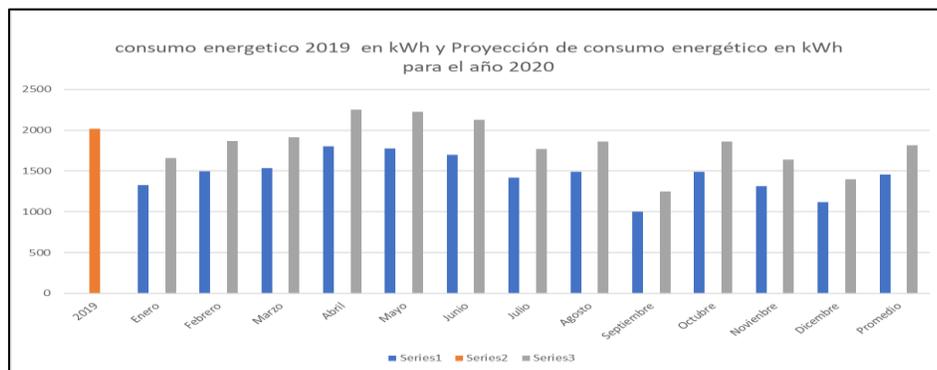
Resoluciones	CHEE-245-2019 CHEE-246-2019	CHEE-180-2019 CHEE-181-2020	CHEE-130-2019 CHEE-121-2019	CHEE-49-2019 CHEE-50-2019	CHEE-216-2018 CHEE-217-2018
	De Nov-2019 a Dic-2019	De Ago-2019 a Oct-2019	De May-2019 a Jul-2019	De Feb-2019 a Abr-2019	De Nov-2018 a Ene-2019
<b>TS</b>					
Cargo por Energía (Q/kWh)	1.255053	1.250044	1.255083	1.159342	1.189951
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	9.584295	9.375037	9.148141	9.148141	8.887887
<b>BTS</b>					
Cargo por Energía (Q/kWh)	1.34423	1.336747	1.306612	1.230627	1.172832
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	9.584295	9.375037	9.148141	9.148141	8.887887
<b>BTdp</b>					
Cargo por Energía (Q/kWh)	0.994387	0.997878	0.970736	0.891405	0.840717
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	115.011423	112.500439	109.777882	109.777882	106.65464
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	29.23252	27.054719	27.504606	27.504606	26.613899
<b>BTdp</b>					
Cargo por Energía (Q/kWh)	0.994033	0.997564	0.970422	0.890784	0.840676
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	115.011423	112.500439	109.777882	109.777882	106.65464
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	61.956325	58.036189	58.294128	58.294128	56.408337

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *pliego tarifario2019*. <https://eegsa.com>.

Consulta: 5 de febrero 2020.

Durante el año 2019 se dieron cinco resoluciones de los pliegos tarifarios siendo estas: CNEE-216-2018 CNEE-217-2018 con vigencia de noviembre 2018 a enero 2019, CNEE-49-2019 CNEE-50-2019 con vigencia de febrero 2019 a abril 2019, CNEE-120-2019 CNEE-121-2019 con vigencia de mayo 2019 a julio 2019, CNEE-180-2019 CNEE-181-2020 con vigencia de agosto 2019 a oct 2019 y CNEE-245-2019 CNEE-246-2019 con vigencia de noviembre 2019 a diciembre 2019.

Figura 29. **Proyección de consumo energético en kWh para el año 2020**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

Es importante destacar que, hasta la fecha, el servicio eléctrico del Museo no ha sido sancionado por incumplimiento de la normativa NTSD por bajo factor de potencia, tema que será tratado y analizado en capítulos posteriores.

## 8.2. Consumo de agua potable

El suministro de agua potable es prestado por la empresa municipal de Antigua Guatemala; para lo cual se recopiló la información de la facturación correspondiente al año 2019.

Tabla V. **Consumo de agua potable en el Museo Arte Colonial, año 2019**

Consumo de agua potable en el Museo de Arte Colonial del año 2019												
2019	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo m <sup>3</sup>	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09
Consumo m <sup>3</sup>	62	69	48	58	70	85	72	84	85	79	81	88
Costo consumo m <sup>3</sup>	749,58	713,31	580,32	677,04	848,03	885,85	870,48	773,78	1027,65	955,11	979,29	1009,74
Alcantarillado	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19	31,19
Cargo fijo	27,19	27,19	27,19	27,19	27,19	27,19	27,18	27,19	27,19	27,19	27,19	27,19
Total a pagar	807,96	771,89	636,7	735,42	904,68	844,23	928,86	832,14	1088	1013,49	1037,67	1098,12
Total factura	866,34	830,07	697,08	793,08	983,08	902,81	9878,24	890,52	1044,41	1071,87	1098,05	1158,05

Fuente: elaboración propia.

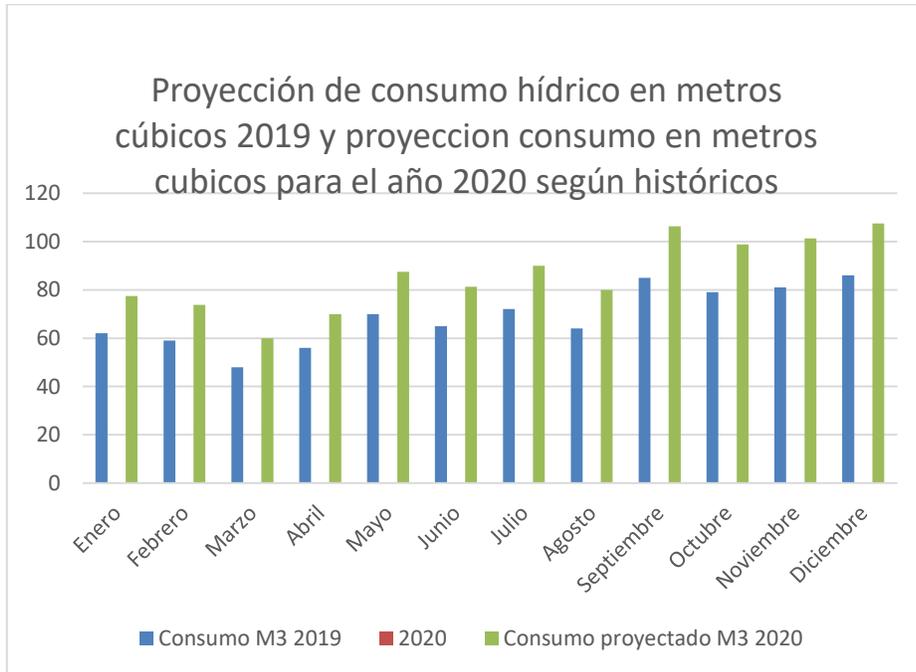
En el Museo de Arte Colonial se utiliza en servicio de agua potable para el suministro de agua en la fuente principal central, la pila interna, los servicios sanitarios, los lavamanos entre otros. Los servicios sanitarios fueron remodelados recientemente debido a filtraciones en las uniones, tuberías de los artefactos sanitarios, inodoros, mingitorios y lavamanos.

El cobro de agua potable se realiza por el consumo de metros cúbicos que son medidos a través de un medidor propiedad de la municipalidad de Antigua Guatemala.

Se estima un crecimiento en el consumo de agua potable para el año 2020 se prevé constante en términos estadísticos.

Se cuenta con un alcantarillado municipal que recibe las aguas negras y pluviales del Museo de Arte Colonial, se encontraron filtraciones en las caídas de agua del Museo de Arte Colonial

Tabla VI. **Proyección de consumo hídrico en metros cúbicos 2019 y proyección consumo en metros cúbicos para el año 2020 según históricos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

Es importante resaltar que la región de la gráfica mostrada anteriormente en la que los datos de costo y consumo que se presentaron con el suministro de agua potable durante la primera mitad del año 2019.

### 8.3. Inventario de equipo

Se realizó un inventario de todos los equipos existentes en el edificio del museo de Arte Colonial para determinar cuánta energía se consumía, y se calculó el costo económico de esta energía, en qué áreas del edificio se consumía más energía y cómo se usaba. A partir de los resultados obtenidos,

es posible determinar el área del edificio donde más se necesitan los planes de ahorro y eficiencia energética para reducir el costo mensual de uso del recurso.

#### 8.4. Iluminación

Al verificar y cuantificar la unidad de iluminación de cada área, el flujo luminoso de cada habitación, el estado del difusor, la altura óptima de cada luminaria, la temperatura de color y la eficiencia lumínica, se evalúa la iluminación del edificio del museo. En cada entorno, los defectos en el área y el uso de la luz suelen ocurrir durante todo el proceso de instalación.

Figura 30. **Luminarias del Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Figura 31. **Candelabros y rieles del Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Luego del recuento de luminarias en toda la instalación, se recaudó la siguiente información:

Tabla VII. **Total de luminarias**

<b>Ubicación</b>	<b>Luminaria</b>	<b>Cantidad</b>
Lámpara central y faroles	Bombilla incandescente	152
Oficinas, baños y bodegas	Lámparas fluorescentes 2x40W	16
Salas de exposición 1 y 2	Bombillas halógenas	96
Salas de exposición 3 y 4	Bombillas halógenas	28
Sala 5	Bombillas tipo led ojo de buey	56
Exterior de las salas de exposición	Bombillas led	52
<b>Total de luminarias en el edificio</b>		<b>400</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

## 8.5. Consumo eléctrico por luminaria

La potencia de cada una de las luminarias instaladas en el museo de Arte Colonial se detalla en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla VIII. Consumo eléctrico por luminaria

Luminaria	Potencia individual W	Potencia total W
Bombilla incandescente	100	15 200
Lámparas fluorescentes	40	1 280
Bombillas halógenas	30	2 880
Bombillas halógenas	50	1 400
Bombillas tipo LED ojo de buey	5	280
Bombillas LED	7	364
<b>Consumo eléctrico total en Iluminación</b>		<b>21 404</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

## 8.6. Tiempo promedio de operación por luminaria

A través de entrevistas e investigaciones con el personal del museo, se determinó el tiempo promedio de uso de las luces en cada área del edificio, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IX. Tiempo promedio de operación por luminaria

Ubicación	Luminaria	Tiempo de operación en horas
Lámpara central y faroles	Bombilla incandescente	14
Oficinas, baños y bodegas	Lámparas fluorescentes	8
Salas de exposición 1 y 2	Bombillas halógenas	10
Salas de exposición 3 y 4	Bombillas halógenas	10
Sala 5	Bombillas tipo led ojo de buey	10
Exterior de las salas de exposición	Bombillas led	10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

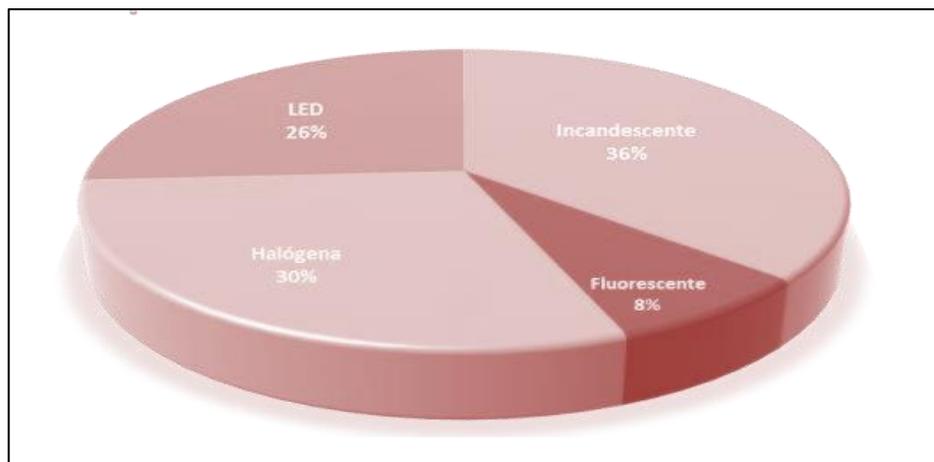
### 8.7. Total de consumo eléctrico diario

Según las tablas que se muestran arriba, estas tablas especifican la potencia de cada luminaria instalada en el museo y las horas de trabajo de cada luminaria, y determinan que el consumo eléctrico diario provocado por el sistema de iluminación es de 30 kWh/ día.

### 8.8. Análisis de los resultados de consumo eléctrico por iluminación

El consumo total de energía del sistema de iluminación del museo viene determinado principalmente por el consumo de energía, debido a que aún se utilizan bombillas incandescentes en el interior del edificio, que consume más energía que otras lámparas. La siguiente es la proporción de electricidad consumida por los equipos de iluminación actualmente en funcionamiento en el museo.

Figura 32. Consumo promedio en porcentaje de energía eléctrica por tipo de luminaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

## 8.9. Análisis de los resultados de eficiencia en iluminación

El proceso de cuantificación de Lux de cada área del museo se lleva a cabo mediante medición experimental utilizando la marca Luxmeter AEMC modelo CA813. Este modelo es un instrumento industrial que puede medir de manera fácil y rápida la iluminancia real y todo ambiente que no sea subjetivo. Para calcular el porcentaje de eficiencia lumínica en cada área del museo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{P_T}{l_x A} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$P_T$  = es la potencia total de iluminación en cada ambiente

$P_T \quad l_x$  = es la cantidad de luxes medidos en el lugar por medio del luxómetro

$A =$  es el área del lugar

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los niveles de iluminación actuales en cada área del museo; estos valores contrastan con los niveles de iluminación determinados por el Ministerio de Trabajo y Bienestar Social en el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional de 2016.

Tabla X. **Niveles de iluminación por áreas en El Museo**

Área o departamento	Nivel de Iluminancia (lux)		% Eficiencia
	Nivel actual	Nivel recomendado	
Recepción	50	300	No Aplica
Secretaría	178	500	22,5
Dirección	161	500	24,8
Contabilidad	336	500	7,9
Cuarto de control	86	500	31,0
Bodega de químicos	29	300	100
Sala de sesiones	43	350	31,0
Biblioteca	94	750	31,9
Taller de carpintería	65	500	24,6
Baño de mujeres	87	150	5,7
Baño de hombres	85	150	5,9
Pinacoteca	80	500	20,0
Comedor	70	400	28,6
Taller de restauración	75	500	21,3
Área de servicios generales	70	150	22,9
Baños sótano	68	200	39,2
Interior de la sala 5	180	200	2,8
Pasillos externos sala 5	70	150	3,1
Puerta de entrada principal	950	900	1,1
Sala de exposiciones No. 1	40	250	75,0
Sala de exposiciones No. 2	45	250	18,7
Sala de exposiciones No. 3	33	250	100
Sala de exposiciones No. 4	34	250	41,7
Zonas de paso lado norte	160	150	4,4
Zonas de paso lado sur	145	150	4,8

Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel 2020.

La información obtenida luego de realizar la inspección y el diagnóstico de las condiciones en las que se encuentra el sistema de iluminación del Museo de Arte Colonial se detalla en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla XI. **Condiciones de iluminación dentro del Museo**

Área de trabajo	Tipo de regulación de encendido y apagado	Luz natural			Deficiencias		
Ubicación		Luz natural	Ventanas	Tragaluz	Sombra	Deslumbramientos	Parpadeo
Lámpara central y faroles	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
Oficinas, baños y bodegas	CPI	Si	Si	No	Si	Si	No
Sala 5	CPI	No	No	No	No	No	No
Salas de exposición	CPI	No	No	No	Si	No	No

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

Los resultados obtenidos de la cuantificación de luminarias dan como resultado un total de 400 luminarias conformadas por 196 lámparas aproximadamente y un porcentaje total de eficiencia del 30 % en todo el interior del edificio del Museo de Arte Colonial.

Tabla XII. **Resumen de la eficiencia lumínica total dentro del Museo**

Luminarias	Total de lámparas	Eficiencia lumínica total	Potencia kW
400	196	30 %	20,8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

## 8.10. Equipos

Continuando con el inventario del equipo, en los siguientes apartados, se detalla el total de equipos, el consumo eléctrico por cada uno, el tiempo promedio de operación de los mismos, el total de consumo eléctrico diario y el análisis de los resultados de consumo eléctrico por equipo.

Figura 33. **Deshumificador en el área de salón de exposiciones**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Figura 34. **Equipo de cómputo en oficinas administrativas de Museo**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Figura 35. **Herramientas eléctricas taller de carpintería**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

### **8.11. Total de equipos**

Se realizó un levantamiento eléctrico en todo el museo mediante el cual se obtuvo el listado total de equipos que se encuentran actualmente funcionando en el Museo de Arte Colonial, así como la cantidad que hay en existencia de cada uno de ellos.

Tabla XIII. **Total de equipos que se encuentran actualmente funcionando**

<b>Equipos eléctricos en el Museo</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Computadora de escritorio	4
Monitor LCD para PC de escritorio	4
Computadora portátil	1
Impresoras	4
UPS	3
Máquina de escribir eléctrica	2
Televisor pantalla plana LCD	2
Televisor CRT	1
Scanner	2
Equipo deshumificador	1
Fotocopiadora industrial	1
Reproductor de DVD	1
Microondas	1
Estufa eléctrica	1
Dispensador de agua	1
Regulador electrónico de voltaje	1
Equipo de vigilancia CCTV	1
Equipo de sonido	1
Recicladora de papel	1
Planta telefónica	1
Bomba de agua de 3/4 HP	1
Cargadores de celular	5
Otros equipos	2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

## 8.12. Consumo eléctrico por equipo

Con base en los manuales del fabricante de cada uno de los equipos y en los datos técnicos de las etiquetas de cada uno de ellos, se determinó el consumo individual que implica el funcionamiento de estos.

Tabla XIV. Consumo eléctrico por equipo

Consumo eléctrico por equipo	
Equipo	Consumo individual wh
Computadora de escritorio	70
Monitor LCD para PC de escritorio	75
Computadora portátil	35
Impresoras	800
UPS	675
Máquina de escribir eléctrica	100
Televisor pantalla plana LCD	200
Televisor CRT	75
Scanner	150
Sumadora eléctrica	100
Fotocopiadora industrial	800
Reproductor de DVD	20
Microondas	1 300
Estufa eléctrica	1 100
Dispensador de agua	400
Regulador electrónico de voltaje	250
Equipo de vigilancia CCTV	75
Equipo de sonido	100
Recicladora de papel	200
Planta telefónica	40
Bomba de agua de 3/4 HP	550
Cargadores de celular	0,2
Otros equipos	5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

### 8.13. Tiempo promedio de operación de cada equipo

Por medio de entrevistas y encuestas al personal que labora en el museo, se determinó un tiempo promedio de utilización de los aparatos eléctricos instalados en cada área del edificio, siendo los resultados recabados los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Tiempo promedio de operación de cada equipo**

<b>Equipo</b>	<b>Tiempo promedio de uso horas</b>
Computadora de escritorio	5
Monitor LCD para PC de escritorio	5
Computadora portátil	5
Impresoras	1
UPS	1
Máquina de escribir eléctrica	0,3
Televisor pantalla plana LCD	7
Televisor CRT	1
Scanner	0,2
Sumadora eléctrica	0,2
Fotocopiadora industrial	1
Reproductor de DVD	1
Microondas	0,2
Estufa eléctrica	0,5
Dispensador de Agua	12
Regulador electrónico de voltaje	12
Equipo de vigilancia CCTV	24
Equipo de sonido	1
Recicladora de papel	1
Planta telefónica	24
Bomba de agua de 3/4 HP	3
Cargadores de celular	3
Otros equipos	2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

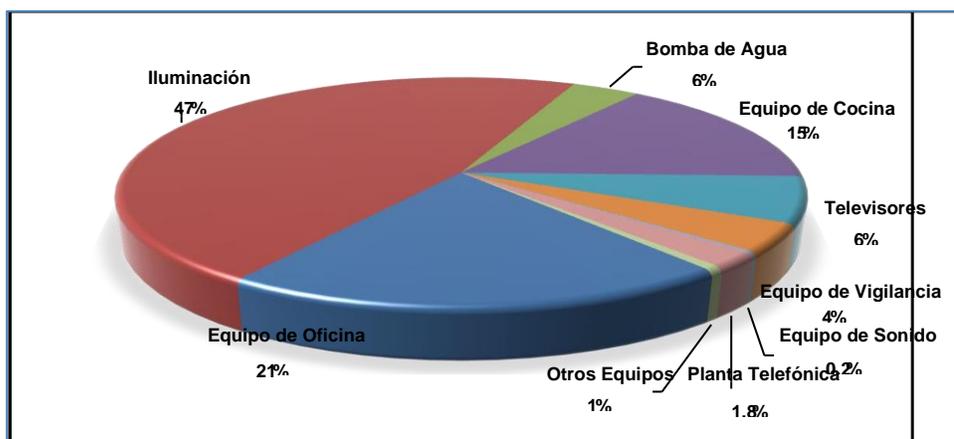
#### 8.14. Total de consumo eléctrico diario

Con base en las tablas mostradas anteriormente en las que se especifica la potencia de cada uno de los equipos instalados en el museo y el tiempo de operación de cada uno de ellos se determinó que el consumo eléctrico diario debido a equipos eléctricos es de 25,5 kWh/día.

#### 8.15. Análisis de los resultados de consumo eléctrico por equipo

El mayor consumo energético del museo corresponde al sistema de iluminación del edificio, representando aproximadamente el 59 % del consumo eléctrico total de la instalación. El segundo indicador de consumo de energía más grande del museo es el equipo de cómputo, impresoras, fotocopias y escaneo, que representan aproximadamente el 19 % del consumo total de energía. Equipamiento necesario para las distintas tareas administrativas y de oficina del museo.

Figura 36. Distribución de consumos eléctricos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

## 9. MEDICIONES ENERGÉTICAS

### 9.1. Mediciones eléctricas

Se realizó la instalación de un analizador de redes el cual estuvo conectado al tablero principal del edificio del 7 al 14 de julio del 2019 durante las 24 horas. Con esta base de datos se realizaron todos los análisis de parámetros eléctricos desarrollados a continuación, cabe destacar que el edificio cuenta con un sistema de 120/240 voltios, 2 fases 120 voltios y neutro:

Figura 37. **Instalación de analizador de redes**

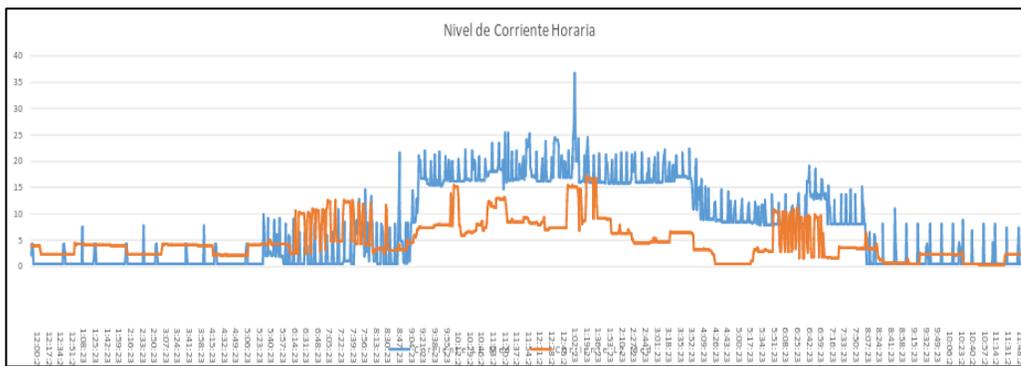


Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

## 9.2. Análisis de corrientes

A continuación, se muestra la gráfica de niveles de corriente en un lapso de 24 horas, para dicho análisis se tomó de base las mediciones realizadas el 7 de julio del 2019, en el mismo plano se han colocado los niveles de corriente de las dos fases:

Figura 38. Nivel de corriente horaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

Se aprecia una diferencia inferior en el nivel de voltaje de la fase 2 mayoritariamente en el horario de apertura del museo siendo de 9 de la mañana a 4 de la tarde, esto significa que el sistema actual posee un desbalance interno, pues el consumo en la fase 1 es significativamente mayor al de la fase 2.

El nivel de corriente máximo registrado en la fase 1 fue de 36,7 amperios, 1:10 PM y el mínimo de 0,4 amperios 12:10 AM. La media general se sitúa en 7,56 amperios.

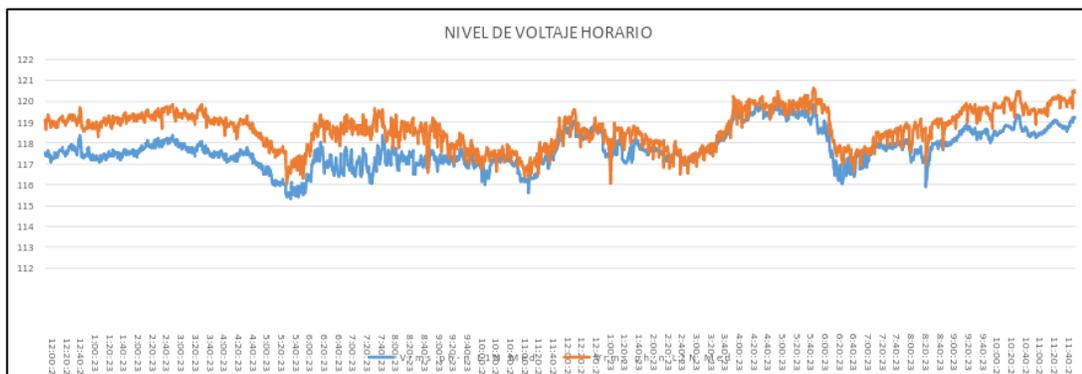
El nivel de corriente máximo registrado en la fase 2 fue de 17,3 amperios 1:27 PM y el mínimo de 0,5 Amperios 10:57 PM. La media general se sitúa en 4,84 amperios.

Se deduce que el incremento en el consumo de corriente en ambas fases entre la 1 y 2 de la tarde se debe a la utilización de estufas de resistencia eléctrica las cuales según su placa de fabricación consumen 1 000 watts de energía real. Ver inciso 2.3.

### 9.3. Análisis de voltaje

A continuación, se muestra la gráfica con niveles de voltaje medio en un lapso de 24 horas, para dicho análisis se tomó de base las mediciones realizadas el 8 de julio del 2019, en el mismo plano se han colocado los niveles de voltaje de las dos fases de ingreso:

Figura 39. Nivel de voltaje horario



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

Se aprecia una diferencia inferior en el nivel de voltaje de la fase 1 principalmente en la madrugada hasta las 9 de la mañana, posteriormente son casi igualadas durante el horario de trabajo del museo y nuevamente presenta diferencias a partir de las 7 de la noche.

El nivel de voltaje máximo registrado en la fase 1 fue de 120,1 voltios, 5:04 PM y el mínimo de 115,31 voltios 5:43 AM. La media general se sitúa en 117,70 voltios.

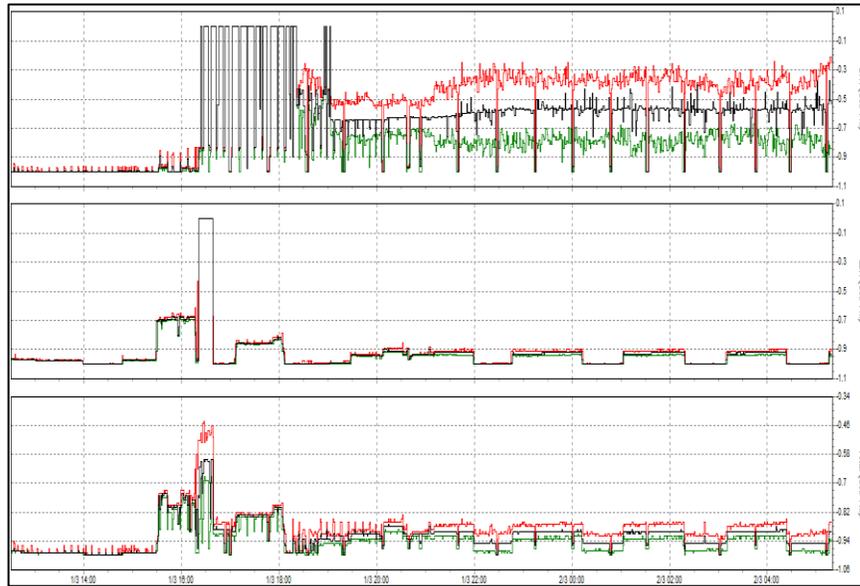
El nivel de voltaje máximo registrado en la fase 2 fue de 120,62, 5:54 PM y el mínimo de 116,07 voltios, 1:10 PM. La media general se sitúa en 118,66 voltios.

#### **9.4. Análisis de factor de potencia**

Actualmente el museo cuenta con un contrato de baja tensión ante la empresa eléctrica en el cual no se está midiendo el factor de potencia, por ende este tema no ha presentado algún tipo de preocupación a la administración, sin embargo, en la gráfica se puede observar distorsiones importantes principalmente en la fase 1 en horas de la noche, esto se debe a que al disminuir las corrientes generales y mantener algún equipo que provoca desfase es más evidente el efecto por la reducción de la potencia activa:

La figura 40, muestra en el primer gráfico una distorsión anormal, esto se dio a causa de una falla de la compañía de distribución.

Figura 40. **Análisis de factor de potencia**

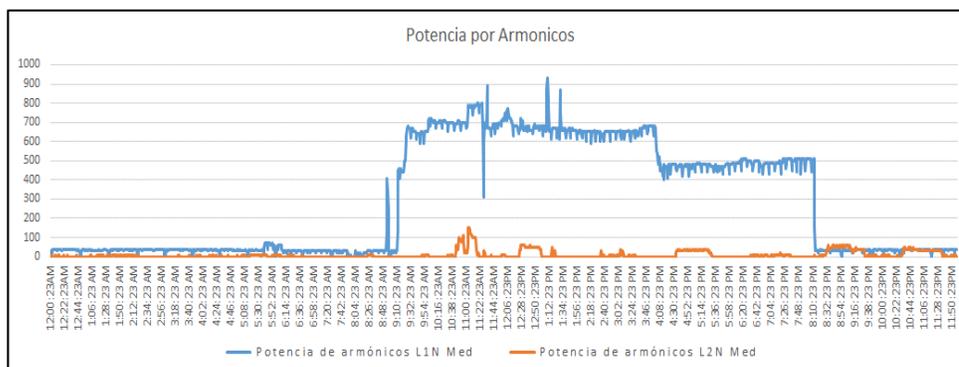


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

## 9.5. **Análisis de armónicos**

A continuación, se presenta la figura 41 de armónicos por fase, como se observa el índice es sumamente mayor el fase 1, esto a causa del desbalance que existe en el sistema general, son producidos por el uso de equipos electrónicos como computadoras y lámparas fluorescentes, como se aprecia este efecto es más evidente justo en la hora de apertura del museo, sin embargo, se reduce pasadas las 8 de la noche, es decir a pesar que el recinto se encuentra cerrado aún hay consumos activos que provocan este efecto, según el artículo 42 de las Normas NTSD los valores presentados por el museo están dentro del parámetro aceptable, cabe destacar que la presencia de armónicos en la red puede provocar sobre carga en el neutro y elevar el consumo de energía pérdidas derivado por efecto Joule.

Figura 41. Armónicos por fase



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2020.

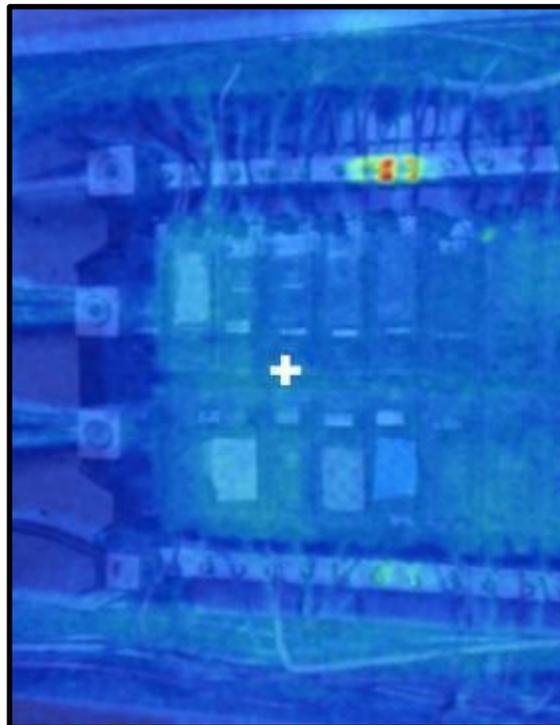
## 9.6. Análisis termográfico de la instalación eléctrica

El análisis de imágenes térmicas de equipos eléctricos se realiza para detectar anomalías que generalmente son invisibles a simple vista. Esto se realiza mediante la captura de imágenes digitales y térmicas, detectando el sobrecalentamiento debido a un contacto suelto, superficies de contacto sucias o irregulares, grietas en la costura de soldadura y desequilibrio general, y determinando la gravedad del problema con la ayuda de una cámara termográfica.

El edificio tiene cientos de conexiones y componentes eléctricos que deben revisarse periódicamente como plan de mantenimiento de la instalación. Algunos de estos elementos pueden ser contactos, interruptores, conductores, barras, entre otros. Debido al tiempo requerido y la dificultad para acceder a cada uno de ellos, es casi imposible inspeccionar cada uno de estos elementos, por lo que para detectar fallas eléctricas en una etapa temprana se utiliza una cámara termográfica, que pasa por su la resonancia, la sensibilidad al calor y otras características pueden visualizar puntos calientes y áreas con

alta radiación de calor en cada área del dispositivo. Conociendo la importancia del análisis de imágenes térmicas para el mantenimiento predictivo de equipos eléctricos en la figura 44 se presenta y explica el análisis de imágenes térmicas de equipos eléctricos en el museo.

Figura 42. **Capturas de la cámara termográfica en el tablero de distribución**

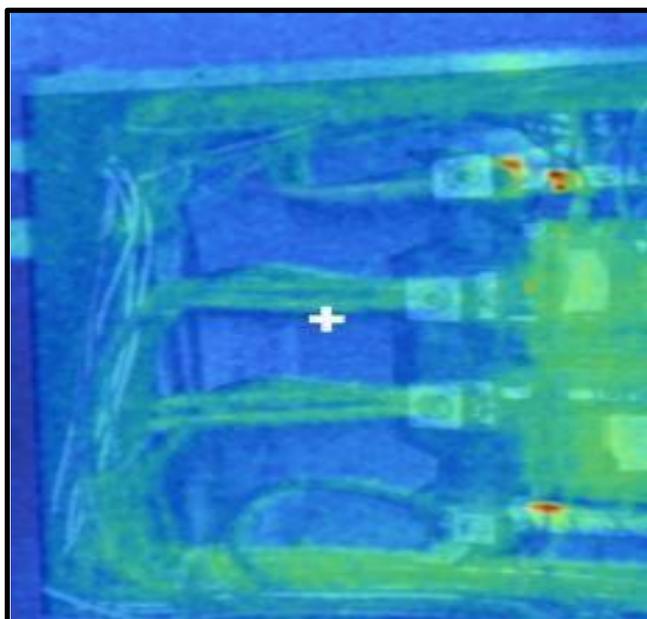


Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

En la figura 42 se pueden ver dos puntos de temperatura más altos, los cuales se ubican en el cable neutro de la derecha, el cual está conectado directamente a la tierra física, y llegan todos los conductores de retorno de corriente de cada circuito.

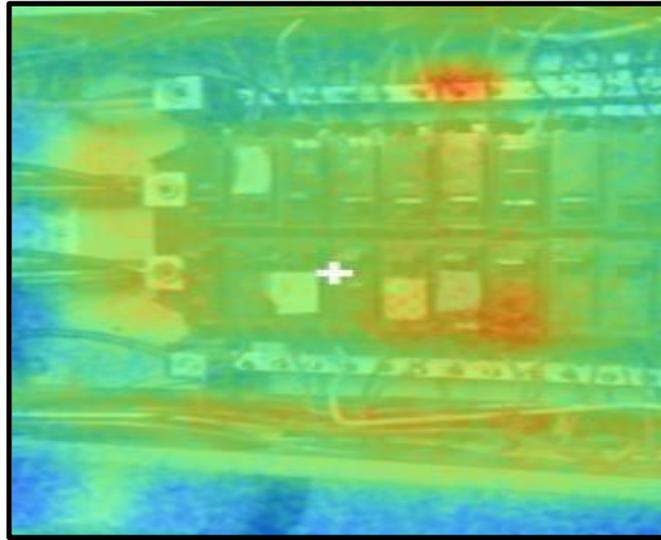
La razón de la temperatura excesivamente alta en este punto se puede atribuir al hecho de que las conexiones en estos puntos están poco reguladas, corroídas y sucias, lo que hace que este grupo de descubrimientos se convierta en puntos calientes en esa área de la placa base. Al igual que en el caso anterior, tomando registros de temperatura desde otro ángulo de la placa de circuito, se puede encontrar que la temperatura de tres puntos es superior a la temperatura del resto de la placa de circuito. Estos puntos están siempre ubicados físicamente en el cable neutro y la conexión a tierra.

Figura 43. **Captura termográfica desde otro ángulo del tablero**



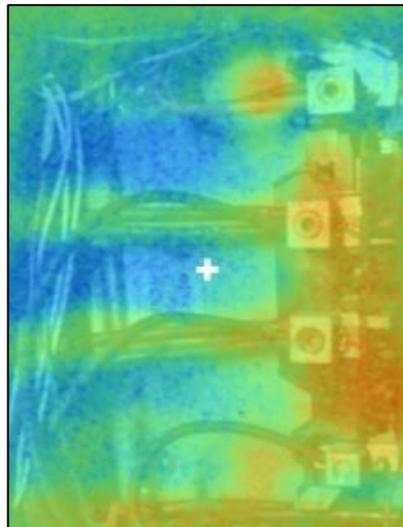
Fuente: elaboración propia, Museo del Arte Colonial.

Figura 44. **Áreas con mayor temperatura en el tablero de distribución**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

Figura 45. **Alimentadores del interruptor principal**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

En el alimentador, ya sea en la línea de fase o en el conductor de tierra, se puede detectar un cierto grado de sensibilidad con respecto al resto del tablero, especialmente en los terminales de entrada del tablero de distribución y en la parte final de cada uno de estos terminales. La temperatura sube al conductor. En este caso, la capa de aislamiento del cable perderá su rendimiento de aislamiento después de cierta temperatura, lo que puede ser la razón del área con mayor intensidad de calor en la figura siguiente. Es importante verificar cada revestimiento y su estado, porque cuanto mayor es la temperatura de sobrecarga, mayor es el riesgo de que el equipo se incendie.

A partir del análisis presentado anteriormente, se pueden hacer las siguientes recomendaciones para el uso y cuidado de la instalación eléctrica del Museo de Arte Colonial, las cuales son:

- Limpiar cada uno de los contactos de la barra neutra con el fin de eliminar la corrosión que hay en cada uno de ellos. De no ser posible eliminarla, cambiar la barra completa por una nueva.
- Asegurar bien y apretar cada contacto que llega a la barra neutra con el fin de eliminar todo falso contacto que posiblemente exista en los conductores de retorno de corriente que finalizan en esta barra conectada a tierra.
- Cambiar y renovar los conductores de alimentación principal para que estos posean nuevamente todas las propiedades originales del aislamiento que los recubre para así evitar acumulación de temperatura en estas áreas.
- Realizar un redimensionamiento de los interruptores termomagnéticos expuestos a un mayor incremento de carga, con el fin de prolongar su vida útil y mantener en buen estado la instalación.

- La supervisión y control de las diferentes instalaciones eléctricas utilizando la inspección termográfica es muy importante para conocer claramente las características del sistema y el entorno de los equipos hacia los cuales iba dirigido.
- El procedimiento de análisis termográfico que se llevó a cabo en los tableros principales del edificio, también puede ser extendido al análisis e inspección de futuros equipos o elementos con mayor carga como pueden ser bombas, motores y de aires acondicionados para proporcionar la información específica respecto a la calidad de la instalación de cada uno de ellos.
- Para una medición con mayor precisión, es necesario tomar en cuenta las condiciones ambientales y climáticas que existen en el instante de la toma de imágenes de la instalación con el fin de obtener la temperatura del entorno y establecerla como un valor de referencia para hallar la temperatura de cada componente eléctrico a través de la cámara termográfica.
- Se recomienda que, en la medida que se posible, se hagan estudios termográficos periódicamente como parte de un plan de mantenimiento que garantice la calidad de la instalación y la seguridad, así como de las personas que laboran dentro del edificio con el fin de evitar cualquier tipo de accidente futuro.



## **10. ANÁLISIS DE ARMÓNICOS**

De los problemas más comunes que afectan a la calidad de la energía en los sistemas eléctricos de baja tensión es la deformación de las ondas, que se debe principalmente al fenómeno de la distorsión armónica, que afecta tanto a las redes de distribución de energía como a los usuarios finales.

### **10.1. Origen**

En la actualidad, los sistemas eléctricos cuentan con una gran cantidad de elementos denominados cargas no lineales, estos elementos se generarán en la forma de onda sinusoidal de la frecuencia de la red, y otras ondas de otras frecuencias provocarán este fenómeno, llamado generación armónica. Los armónicos son un componente de la frecuencia fundamental de la red, cuando aparecen en la corriente del dispositivo pueden distorsionar la señal de intensidad o voltaje, interfiriendo con la distribución de energía y reduciendo la calidad de la energía.

### **10.2. Causas**

Los equipos de generación de armónicos existen en todas las instalaciones industriales, comerciales y residenciales. Los armónicos son causados por cargas no lineales. Carga no lineal: cuando la corriente que lo atraviesa y la forma sinusoidal de la tensión que la suministra son diferentes, la carga se considera no lineal.

Algunos de los equipos que causan armónicos en la red eléctrica del equipo incluyen:

- Equipos industriales máquina de soldar, hornos de inducción, rectificadores, entre otros.
- Variadores de velocidad para motores de corriente directa y asíncronos, motores, entre otros.

### **10.3. Factor de distorsión armónica total**

La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque cierto equipo ha introducido armónicos que no estaban en la señal de entrada. Puesto que son armónicos, es decir, múltiplos de la señal de entrada, esta distorsión no es tan disonante y es más difícil de detectar.

En relación a la distorsión armónica, normalmente se hace referencia a la llamada distorsión armónica total, que es precisamente, la cantidad de armónicos que el equipo introduce y que no estaban en la señal original.

La distorsión armónica total nunca debe estar por encima del 1 %. De estarlo, en lugar de enriquecer la señal, la distorsión empieza a desvirtuarla y la intensidad resultante empieza a dejar de parecerse al original, generando efectos negativos en la instalación.

El factor de distorsión armónica total, tanto para la tensión como para la corriente del sistema se define por las siguientes ecuaciones:

$$TH_v = \frac{\sqrt{\sum V_i^2}}{V_1} * 100$$

Ecuación 3

$$TH_I = \frac{\sqrt{\sum I_i^2}}{I_1} * 100$$

Ecuación 4

Dónde:

Los valores del factor THD se pueden encontrar comprendidos entre los siguientes rangos, los cuales representan un nivel de impacto a la red como se muestra a continuación:

$V_i$  = es la componente de tensión de la armónica de orden i

$V_1$  = es la componente de tensión de la frecuencia fundamental 60 Hz

$I_i$  = es la componente de corriente de la armónica de orden i

$I_1$  = es la componente de corriente de la frecuencia fundamental 60 Hz

Los valores del factor THD se pueden encontrar comprendidos entre los siguientes rangos, los cuales representan un nivel de impacto a la red como se muestra a continuación.

Tabla XVI. **Rango de valores del factor THD y sus efectos**

THD entre 1 % y 6 %	THD > 6 %
<p>Es aceptable: son valores normales para este factor en cualquier tipo de instalación que no contiene equipos industriales. No presenta mayor impacto en la red. Las pérdidas son mínimas.</p> <p>Estos valores de distorsión se presentan regularmente en instalaciones que carecen de cargas no lineales y que en su mayoría, su energía se consume en cargas resistivas dentro del lugar.</p> <p>Prácticamente no se corre el riesgo de mal funcionamiento de los equipos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Provoca sobrecalentamiento en los conductores.</li> <li>▪ Disparos inesperados en los <i>breaker's</i> del tablero de distribución.</li> <li>▪ Bajo factor de potencia.</li> <li>▪ Pérdidas de energía en grandes cantidades por calentamiento en los conductores, pérdidas por efecto Joule.</li> </ul> <p>Mal funcionamiento de los equipos a causa de la señal de entrada deformada.</p>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

#### 10.4. **Importancia de detectar armónicos en la red**

El flujo de armónicos en una instalación reduce la calidad de la energía y origina numerosos problemas como: sobrecarga de la red por el incremento de la corriente eficaz, deformación de la tensión de alimentación pudiendo perturbar a los receptores sensibles, desgaste de los conductores, reducción de la vida útil del forro de los conductores y de los equipos afectados por la señal distorsionada, entre otros.

Todas estas consecuencias tienen un impacto bastante significativo en el presupuesto económico del lugar, ya que, reduciendo la cantidad de estas perturbaciones en la instalación, se logran pérdidas de energía menores y a su vez, un ahorro económico en el pago de este servicio ya que se reducen esos pagos por energía adicional que no se está utilizando, más bien, que se está perdiendo en la red.

### 10.5. Resultados encontrados

Según los datos obtenidos por medio del analizador de redes *fluke 430II* en la instalación eléctrica del Museo de Arte Colonial durante la semana de medición, se registró un valor promedio de Distorsión Armónica Total tanto para el voltaje como para la corriente, tal y como se muestra a continuación:

Tabla XVII. **Valor del factor de distorsión armónica de voltaje y corriente en la red eléctrica del Museo de Arte Colonial**

<b>Distorsión armónica total de voltaje y corriente</b>	
<b>THD voltaje</b>	<b>THD Corriente</b>
1,5 %	1,3 %

Fuente: elaboración propia, elaboración propia.

### 10.6. Análisis de los armónicos en el museo

Tal y como se observa en la tabla mostrada anteriormente, el valor del factor de distorsión armónica total en la instalación eléctrica del Museo, tanto

para voltaje como para la corriente está dentro del rango admisible para una red eléctrica.

El motivo por el cual este edificio no presenta problemas de armónicos en su instalación es porque carece de cargas eléctricas inductivas y de cargas no lineales en su instalación. En su mayoría, la carga del Museo es puramente resistiva ya que predomina el uso de luminarias en el lugar y equipos electrónicos en el lugar.

Debido a que el porcentaje de distorsión armónica en la red es pequeño, es evidente que las pérdidas de energía eléctrica que se dan dentro de la instalación del Museo son, en su mayoría, causadas por los malos hábitos del uso racional de este recurso y no debido a problemas en los flujos de corriente a través de la red; Contribuye también a dichas pérdidas, el estado físico en el que se encuentran los conductores y elementos de la instalación eléctrica debido a la corrosión y a la falta de mantenimiento en los mismos.

La presencia de armónicos en una red es prácticamente imposible de anularla, sin embargo, el tener una cantidad tan pequeña de distorsión en la señal tanto del voltaje como de la corriente en el lugar, garantiza a la instalación el correcto funcionamiento de los equipos que se encuentran instalados en él así como también que no hayan pérdidas significativas a causa de armónicos en la instalación, protegiendo así la vida de los conductores y otros elementos de la red.

## **11. ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS**

### **11.1. Análisis y propuestas de mejoras en energía eléctrica**

Actualmente el Museo de Arte colonial cuenta con una acometida eléctrica monofásica 120/240 voltios con un flipón principal 2 x 50 amperios y un tablero principal de distribución de 200 amperios en barras para la distribución de energía eléctrica en los circuitos de fuerza e iluminación. No cuenta con sistema de tierras, supresor de transientes, ni sistema de pararrayos. Se observó el desconocimiento del personal de mantenimiento del estado de las instalaciones eléctricas del museo, se presenta el diagrama unifilar de la instalación:

### **11.2. Mejoras para acometida**

Realizar la instalación de la acometida principal de acuerdo a la normativa de EEGSA ya que el prestador de servicio de energía eléctrica en este punto es EEGSA. Se debe de implementar la construcción de una acometida eléctrica adecuada en el exterior del edificio ya que es una derivación de la red local de EEGSA que suministra el servicio y actualmente no tienen acceso al medidor ya que se encuentra adentro del inmueble.

El cableado de la acometida principal debe de estar protegido para evitar manipulación y acceso a personal no autorizado.

Figura 46. **Condiciones actuales de acometida eléctrica Museo de Arte Colonial**



Fuente: elaboración propia, Museo Arte Colonial.

### **11.3. Mejora tableros de distribución**

Se debe de instalar el tablero de distribución principal cumpliendo con las normativas técnicas y de seguridad de la norma NEC. Los espacios asignados deben ser dedicados exclusivamente para el tablero de distribución, no deben existir tuberías, ductos o equipos ajenos a la instalación eléctrica. Los tableros de distribución deben estar debidamente rotulados con:

- La tensión nominal
- La corriente nominal
- El número de fases

Los tableros de distribución se deben alojar y soportar en cajas de corte o encerramientos diseñados para esta aplicación y deben ser de frente muerto. En los tableros de distribución que alimentan cargas sensibles, se debe instalar un barraje adicional para conexiones de puesta a tierra aislada para equipos sensibles.

Figura 47. **Condiciones actuales de tableros de distribución**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

#### **11.4. Mejora de canalización, cajas de registro, protecciones y conductores eléctricos**

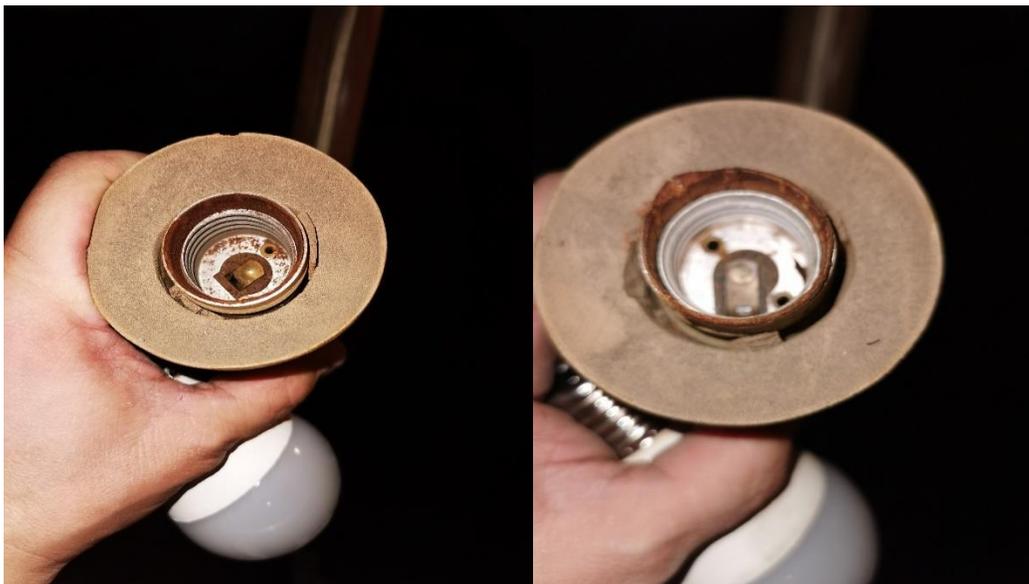
Todos los circuitos que llegan a los tableros de distribución del lado del secundario deben de estar debidamente canalizados, con sus respectivos sistemas de tierra instalado. En la cajas de registro del Museo de Arte Colonial se encontró deterioro de los conductores eléctricos de los circuitos de alimentación y distribución, por tal razón se recomienda el cambio de los conductores, protecciones de la instalación eléctrica del Museo de Arte Colonial.

Se debe de polarizar todas las instalaciones eléctricas de fuerza e iluminación.

#### **11.5. Mejora iluminación**

Mejorar la iluminación de los ambientes comunes, externos y alrededores del sitio. Se recomienda la instalación de luminarias tipo led, con sus respectivos soportes y cableados de alimentación protegidos con supresores de picos y armónicos con ductería metálica y cajas de registro, con acceso restringido a personal que no labora en el área de mantenimiento.

Figura 48. **Condiciones actuales de la iluminación**



Fuente: elaboración propia, Museo de Arte Colonial.

#### **11.6. Planta de emergencia y transferencia automática**

Se recomienda instalar una planta de emergencia y una transferencia automática, por medio de controles lógicos programables, dimensionando adecuadamente cada elemento constructivo. Instalación en un gabinete tipo 3 o NEMA 12. La totalidad del equipo debe estar en resguardo en un lugar exclusivo para la transferencia automática, con acceso restringido solo al personal especializado. La planta de emergencia se recomienda por el arte histórico que se encuentra exhibido, así el equipo de video vigilancia siempre va a estar con suministro de energía eléctrica.

## 11.7. Sistemas de puesta a tierra

Se recomienda la instalación de un sistema de tierras con las consideraciones siguientes:

- La conexión principal a tierra deberá ser por la plancha o varilla de toma de tierra.
- Los conductores de conexión a tierra serán de color verde.
- Tablero de conexión a tierra.
- El grueso del conductor de conexión a tierra deberá ser de conformidad con lo indicado en los planos y en el cuadro siguiente.
- Conexión a tierra de las demás cosas, amperaje nominal de disyuntores para alambrado.
- Grueso de conductor de conexión.
- Varillas de conexión a tierra en caso de emplearse varillas de conexión a tierra, éstas deberán ser de cobre de 14 mm de diámetro y 1,5 m de largo u otros equivalentes.
- Los conductores y uniones deberán ser enterrados en la tierra.
- Deberá medir el valor de la resistencia de todas las conexiones a tierra y dejará en el registro los datos como la fecha, estado de tiempo, valor obtenido de la resistencia, nombre de la persona que lo ha medido, aparato de medición usado, entre otros.
- Salvo indicación contraria, el valor de la resistencia deberá ser no mayor de 5  $\Omega$ .
- Se deberá medir el valor de la resistencia de todas las conexiones a tierra y dejará en el registro los datos como la fecha, estado de tiempo, valor obtenido de la resistencia, nombre de la persona que lo ha medido, aparato de medición usado, registro, entre otros.

## CONCLUSIONES

1. Se llevó a cabo una inspección visual y a través de mediciones con la cual se diagnosticó el estado actual de la instalación eléctrica del edificio del Museo de Arte Colonial, hallándose principalmente deficiencias en el sistema de iluminación y en el nivel de mantenimiento del tablero de distribución y sus demás componentes, generando pérdidas por calentamiento y corrosión, niveles inferiores de iluminación respecto a los recomendados por el ministerio de trabajo.
2. Por medio del inventario de equipos realizado en el museo se logró determinar que el mayor consumo eléctrico en el edificio es causado por el sistema de iluminación por el equipo de cómputo y oficina con el que cuentan las diferentes áreas del lugar.



## RECOMENDACIONES

1. Evaluar y considerar la implementación de las medidas de ahorro y eficiencia energética que se plantean en este documento.
2. Cambiar tecnología utilizando lámparas fluorescentes y halógenas por tipo led, colaborando así con el ahorro de consumo energético en el museo y contribuyendo también a un mayor nivel de confort para los empleados y un mejoramiento significativo en los niveles de iluminación de cada área del edificio.
3. Cambiar hábitos de consumo y compromiso de parte de todos los trabajadores del Museo para contribuir con la reducción del gasto energético.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas Técnicas del Servicio de Distribución NTSD*. Guatemala: CNEE, 2014. 114 p.
2. GONZÁLEZ LÓPEZ, Francisco. *Fundamentos de armónicos en sistemas industriales*. Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala 2007. 110 p.
3. Ministerio de Cultura y Deportes. *Misión y Visión*. [en línea]. <<https://mcd.gob.gt/museo-de-arte-colonial/>>. [Consulta: 21 de febrero de 2021].
4. \_\_\_\_\_. *Página oficial en Facebook*. [en línea]. <<https://www.facebook.com/CulturayDeportesGT/>>. [Consulta: 20 de mayo de 2020].
5. Ministerio de Energía y Minas. *Emisiones de gas de efecto invernadero*. [en línea]. <[www.mem.gob.gt](http://www.mem.gob.gt)>. [Consulta: 2 de julio 2018].
6. \_\_\_\_\_. *Plan Nacional de la Energía 2017-2032*. 2017. [en línea]. <[www.mem.gob.gt](http://www.mem.gob.gt)>. [Consulta: 2 de julio 2018].
7. SAMAYOA, Cristian; LEPE, Luis. *Desarrollo con bajas emisiones. Informe de Auditoría Energética efectuado en los edificios*

*principales de la Dirección General de Energía.* Universidad de San Carlos de Guatemala, DGE. 2017. 136 p.

6. VILLATORO MARTÍNEZ, Byron Julián. *Teorías de diseño de filtros activos para mitigación de armónicos en sistemas eléctricos de potencia,* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 125 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. **Leyes Sobre Protección del Patrimonio Cultural de Guatemalteco**

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, 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.

Continuación anexo 1.

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.

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.

Continuación anexo 1.

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 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:

Continuación anexo 2.

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.
4. La traza urbana de las ciudades y poblados. 5. Los sitios paleontológicos y arqueológicos.
6. Los sitios históricos.
7. 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.
8. 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

Continuación anexo 2.

h) El mobiliario antiguo

## 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.

Continuación anexo 2.

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:

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; y.
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).

Continuación anexo 2.

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.

Continuación anexo 3.

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.

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:

- a) Designar al Conservador de la ciudad;
- b) Nombrar al Asesor Jurídico del Consejo, funcionario que deberá ser abogado colegiado;
- c) Resolver los recursos que se presenten contra el Conservador de la Ciudad;
- d) Aprobar el proyecto de presupuesto de ingresos y egresos del Consejo;

Continuación anexo 3.

- e) 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;
- f) 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;
- g) 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;
- h) Publicar guías y materiales sobre la historia y el arte de la ciudad, de acuerdo con las funciones del Consejo;
- i) Someter a la aprobación del Ejecutivo el proyecto de Reglamento de esta ley y emitir su Reglamento interior;
- j) 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;
- k) Nombrar y remover a su personal administrativo; y
- l) 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.

Continuación anexo 3.

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.

1. 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;

3. 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.

Continuación anexo 3.

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

a) 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:

b) 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.

Continuación anexo 3.

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

c) 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 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.

Fuente: Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación.

#### 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

##### 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.

Continuación anexo 4.

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.

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.

Fuente: Ley Protectora de la Ciudad de la Antigua Guatemala.

## 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 estipulan 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.

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.