



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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL, MINISTERIO DE ENERGÍA Y
MINAS**

Mario Francisco Escobar Argueta

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL, MINISTERIO DE ENERGÍA Y
MINAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO FRANCISCO ESCOBAR ARGUETA
ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 15 de marzo de 2018.



Mario Francisco Escobar Argueta



Guatemala, 16 de octubre de 2018.
Ref.EPS.DOC.852.10.18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Mario Francisco Escobar Argueta** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **200011131** y **CUI 1633 66020 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"INFORME FINAL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA: MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS"**.

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



Guatemala 15 de octubre de 2018.
Ref.EPS.D.401.10.18.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

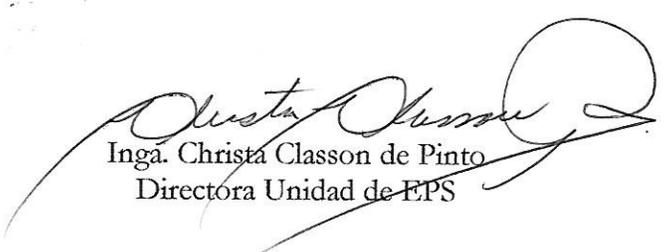
Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"INFORME FINAL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA: MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Mario Francisco Escobar Argueta**, 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 Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF. EIME 69. 2019.
2 de OCTUBRE 2019.

Señor Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **INFORME FINAL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA: MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS** del estudiante; **Mario Francisco Escobar Argueta**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador de Electrotecnia





REF. EIME 69. 2019.

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: MARIO FRANCISCO ESCOBAR ARGUETA titulado; INFORME FINAL DE AUDITORÍA ENERGÉTICA: MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 15 DE OCTUBRE 2019.



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Francisco Escobar Argueta**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Noviembre de 2019

AACE/asga
cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Jesucristo** Por ser mi salvador y ser mi fortaleza en todo momento, estoy seguro que estuvo conmigo siempre en este largo camino.
- Mis padres** Mario Escobar y Maria Argueta, por haberme guiado con amor durante mis años de formación y haberme dotado de todo lo necesario para llegar hasta acá.
- Mis hermanos** William y Vinicio Escobar, por haber sido mis confidentes y ser partícipes de mis sueños y metas.
- Mi esposa** Sarahi Paz, por darme tanto amor y haberme alentado en momentos difíciles.
- Mis hijos** Camila y Luisfer Escobar Paz, por ser mi inspiración y mi motor para seguir adelante.
- Mis abuelos** Josefina Alvarez, Francisco Escobar y Florencio Argueta, quienes desde el cielo seguramente se encuentra orgullosos y mi abuelita Victorina Alvarez, quien me dio todo su amor y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, brindándome la oportunidad de llegar a ser un profesional.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos necesarios en toda mi formación académica.

**Mis amigos de
la Facultad**

Con quienes viví una gran experiencia, llena de horas de estudio, pero también en donde pudimos compartir muchas aventuras y buenos momentos. Agradeceré siempre su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Antecedentes de la institución pública.....	1
1.2. Misión	1
1.3. Servicios prestados por la institución	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Instalación eléctrica	3
2.2. Acometida.....	3
2.3. Carga.....	4
2.4. Demanda	5
2.5. Elementos que forman una instalación eléctrica	5
2.5.1. Tubería	5
2.5.2. <i>Conduit</i> PVC.....	6
2.5.2.1. <i>Conduit</i> rígido	6
2.5.3. Cajas condulet.....	7
2.5.4. Polietileno	8
2.5.5. Tipos de conductores y capacidades asociadas.....	9

2.5.6.	Cableado máximo en tubería	12
2.5.7.	Dispositivos de protección.....	14
2.5.8.	Cajas y accesorios	15
2.5.9.	Interruptores.....	16
2.5.10.	Tablero de distribución	16
2.5.11.	Tomacorrientes	17
2.5.12.	Luminarias.....	18
2.5.13.	Puesta a tierra	19
2.6.	Cálculo de iluminación método punto a punto.....	20
2.6.1.	Diagrama unifilar	22
2.7.	Planes de mantenimiento.....	22
3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Auditoria de consumos.....	25
3.2.	Termografía.....	25
3.3.	Documentación fotográfica.....	25
3.4.	Análisis de calidad de energía	26
3.5.	Actualización de planos eléctricos	26
4.	EQUIPO DE MEDICIÓN	27
4.1.	Cámara fotográfica.....	27
4.2.	Cámara termográfica	27
4.3.	Equipo de medición de calidad energética.....	27
4.4.	Multímetro	28
4.5.	Luxómetro	28
5.	EVALUACIÓN HISTÓRICA DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	29
5.1.	Consumo eléctrico.....	29
5.2.	Consumo térmico	31

5.3.	Consumo hídrico	31
5.4.	Consumo de combustibles	34
5.5.	Identificación de consumos	35
5.6.	Índice de prestación energética.....	36
5.7.	Identificación de hábitos de consumo.....	37
5.8.	Encuesta sobre consumos energéticos	37
5.9.	Identificación de franja horaria.....	41
5.10.	Proyecciones del consumo energético	41
6.	PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA	47
6.1.	Elaboración del plan y presentación a autoridades involucradas	47
6.2.	Mediciones energéticas	47
6.2.1.	Mediciones eléctricas	48
6.3.	Medición y análisis de consumos	48
6.3.1.	Análisis de corrientes.....	49
6.3.2.	Análisis de voltaje	50
6.3.3.	Análisis de factor de potencia	51
6.3.4.	Análisis de armónicos.....	52
6.3.5.	Levantamiento eléctrico	53
6.3.6.	Mediciones térmicas	54
6.3.7.	Mediciones y análisis de iluminación	56
6.4.	Inventario de lámparas y luminarias	56
6.5.	Mediciones de lúmenes por metro cuadrado.....	58
6.6.	Cálculo de luxes ideales por zona de trabajo	58
7.	FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REPORTE FINAL.....	61
7.1.	Análisis y propuestas de mejoras en energía eléctrica.....	61
7.2.	Análisis y propuesta de utilización de energía renovable	66

7.3.	Análisis y propuestas de mejoras en energía térmica	67
7.4.	Análisis y propuestas de mejoras en iluminación	67
7.5.	Análisis técnico económico de las propuestas planteadas.....	72
7.6.	Emisiones de gases de efecto invernadero evitadas	75
CONCLUSIONES.....		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA.....		83
APÉNDICES.....		85
ANEXOS.....		103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de acometida según EEGSA.....	4
2.	Tubo <i>conduit</i> de PVC	6
3.	Tubo <i>conduit</i> acero galvanizado	7
4.	Dimensiones cajas <i>condulet</i>	8
5.	Capacidad por tipo de conductor	10
6.	Cantidad máxima de conductores en tubería.....	13
7.	Partes de un interruptor termomagnético	15
8.	Tipos de tomacorrientes.....	17
9.	Esquema de puesta a tierra según EEGSA	19
10.	Fórmulas para cálculo de iluminación, método punto a punto	20
11.	Curva fotométrica de una luminaria	21
12.	Consumo eléctrico.....	30
13.	Consumo térmico	31
14.	Consumo hídrico	32
15.	Consumo de agua.....	33
16.	Fuga constante de agua en sanitario para caballeros.....	34
17.	Consumo de combustible.....	35
18.	Costo de consumo energético.....	36
19.	Proyección de consumo eléctrico para los próximos 10 años.....	42
20.	Comportamiento 2015-2017.....	43
21.	Proyección 2015-2017	44
22.	Visitantes versus KWH consumidos 2015-2017.....	45
23.	Consumo promedio, mes / energía 2015-2017.....	46

24.	Plan y presentación a autoridades involucradas.....	47
25.	Instalación de analizador de redes	48
26.	Nivel de corriente horaria.....	49
27.	Nivel de voltaje horario	50
28.	Análisis de factor de potencia	52
29.	Armónicos por fase.....	53
30.	Levantamiento eléctrico	54
31.	Mediciones térmicas	55
32.	Diagrama unifilar de tableros	62
33.	7 tableros que conforman el circuito general del edificio	63
34.	Malas condiciones del tablero 4.....	64
35.	Acometida subterránea expuesta a la humedad, no cumple según NEC 2014, sin señalización y sin entubado adecuado	65
36.	Vida útil en horas	69
37.	Aspectos importantes entre ambas tecnologías	71
38.	Tecnología led	72
39.	Gráfico tendencial de consumos promedios con mejoras propuestas (mes / kwh).....	75
40.	Comparativo efecto invernadero.....	76
41.	Comparativo toneladas CO2, situación actual versus proyección don mejoras	77

TABLAS

I.	Consumos energéticos 2017 - 2018	30
II.	Consumo de agua.....	33
III.	Índice de prestación energética	36
IV.	Modelo de encuesta realizada	38
V.	Resultados de encuesta	39

VI.	Crecimiento anual	42
VII.	Datos de luminarias.....	56
VIII.	Inventario de lámparas del edificio	57
IX.	Estatus de cada lámpara.....	57
X.	Ratio promedio de iluminación por metro cuadrado	58
XI.	Calculo de luxes ideales por zona de trabajo	59
XII.	Ahorro mensual proyectado	66
XIII.	Comparativo de lámparas por tipo	68
XIV.	El 93 % de los equipos led está en buen estado.....	70
XV.	Costo y potencias.....	73
XVI.	Análisis comparativo	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CO₂	Dióxido de carbono
Kwh	Kilowatts por hora
M²	Metro cuadrado
Mts³	Metros cúbicos
No.	Número
%	Porcentaje
V	Voltios

GLOSARIO

CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala.
EPA	United States Environmental Protection Agency.
Flipon	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.
Generador eléctrico	Máquina capaz de transformar la energía primaria en energía eléctrica.
Led	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 (en relojes digitales, calculadoras de bolsillo...), entre otros.
Lux	Unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m ² . 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.

NTSD

Normas Técnicas del Servicio de Distribución.

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.

NEC

Normas National Electrical Code NEC/NFPA70 2014.

NTC 2050

Normas técnicas Colombianas.

Potencia

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

RESUMEN

Se ha realizado una auditoria energética la cual consistió en una revisión ocular completa del sistema: Hídrico, Térmico y Eléctrico, con esto se tendrá un análisis de la realidad actual que vive el museo. Se colocó un equipo de calidad de energía, el cual durante una semana recabo información que podrá revelar aspectos puntuales en el consumo eléctrico, como por ejemplo niveles de voltaje horarios, corrientes, potencias, factores de potencia, consumos mínimos y máximos y cualquier otra particularidad importante, además de esto se inspecciono con cámaras termo gráficas, medidores de corriente/voltaje y simuladores en computadora.

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

Diagnosticar y rediseñar las instalaciones eléctricas del Museo Nacional de Historia Natural del Ministerio de Energía y Minas.

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. Elaborar un juego de planos del recinto en formato digital.
4. Evaluar puntos de pérdidas de consumo energético en el edificio.
5. 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 Historia Natural representa una fuente de conocimiento para la juventud guatemalteca, además es una ventana para el turismo local e internacional, es sumamente importante que este tipo de patrimonios culturales se encuentren en óptimas condiciones para el deleite de sus visitantes, garantizar una buena experiencia durante la visita es un reto que día a día se debe cumplir.

Por ende, es sumamente importante y crítico que en general las instalaciones del museo garanticen una estadía segura desde todos los puntos de vista, otra arista importante que se debe tomar en cuenta es que además de una instalación segura se debe contar con una instalación eficiente, ya que cualquier tipo de ahorro en las operaciones diarias podría ser reutilizado en la inversión del museo.

Analizando el aspecto energético, se ha confirmado que no hay registros de ningún tipo de diagnóstico, esto con el fin de poder evaluar la eficiencia del edificio, las mejoras que se podrían hacer o los peligros que pudieran presentar debilidades en la continuidad de los servicios, por otro lado, no existe un plan a corto o mediano plazo que garanticen adecuaciones a manera de incorporar tecnología que pudiera presentar eficiencias en los costos por consumo mensual.

Esto se traduce en la necesidad de evaluar la situación actual del sistema energético, un escenario de cambio y una proyección de beneficios que puedan hacer viable el realizar un proyecto de inversión.

1. ANTECEDENTES

1.1. Generalidades

El museo tiene como objetivo principal el preservar y mantener un inventario de especies de área, está enfocado a nutrir de conocimiento a sus miles de visitantes a niveles nacionales e internacionales, principalmente orientado a la educación guatemalteca.

1.1.1. Antecedentes de la institución pública

Ubicado en la 6ta. avenida de la zona 13 el Museo Nacional de Historia Natural presenta una fuente permanente de conocimiento en materia de biología, el mismo cuenta con una exhibición de fósiles, reptiles, aves y minerales, el mismo se encuentra dentro de un complejo donde está rodeado de otros museos como lo es el Museo de Arte y El Museo del Niño, este complejo tiene la función de poder mostrar parte de la riqueza del país, el mismo es visitado constantemente por turistas nacionales e internacionales, sin dejar de lado la constante visita del sector estudiantil. El principal objetivo del Museo Nacional de Historia Natural es enfocarse en colocar una semilla de conocimiento a cada uno de sus visitantes, quienes a su vez podrían tomar acciones en pro de mantener y conservar la diversidad biológica del planeta.

1.2. Misión

“Colectar, estudiar, preservar y exhibir muestras representativas de la biodiversidad y de otros recursos naturales de Guatemala. Contribuir a la

conservación de nuestros recursos y el mejoramiento de nuestro medio ambiente, por medio de actividades educativas, la función del Museo no es solo brindar información, sino crear la sensibilidad ecológica y generar actitudes de los guatemaltecos hacia la solución de los problemas ambientales de Guatemala, asimismo también cumple una función de recreación al proporcionar el olvido de las tensiones diarias.”¹

1.3. Servicios prestados por la institución

“Exhibiciones permanentes: Representativas con muestras representativas con los recursos del suelo subsuelo, flora y fauna de Guatemala y algunos especímenes de otros países. Exposiciones Temporales: Con exposiciones con temas relacionados con el Museo. Visitas Guiadas: Para grupos de estudiantes, previa solicitud.”²

Es uno de los primeros museos en el país, su primera sede fue en el salón de té del Parque Nacional Zoológico “La Aurora” y a partir del 4 de julio de 1950, fue fundado el museo con el nombre de Museo Nacional de Historia Natural, en el área que ocupa actualmente en el complejo de los museos de la zona 13.³”

¹ Gobierno de Guatemala. *Misión y visión*. <http://mcd.gob.gt/museo-nacional-de-historia-natural/>. Consulta: 20 de julio de 2018.

² *Ibíd*

³ *Ibíd*.

2. MARCO TEÓRICO

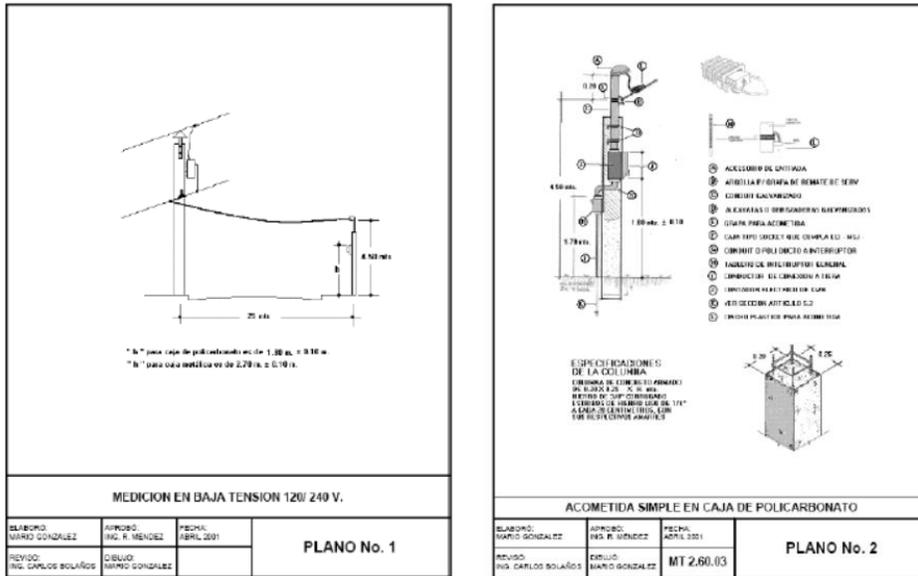
2.1. Instalación eléctrica

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.

2.2. 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:

Figura 1. Esquema de acometida según EEGSA



Fuente: EEGSA. Esquema de acometida según EEGSA.

file:///C:/Users/uf955913/Documents/EPS.%20Version%20Fina/Soportes/NORMA%20EEGSA%20(acometidas).pdf. Consulta: 28 de julio de 2018.

2.3. Carga

Podemos definir como carga eléctrica a un conjunto de elementos que comparte la misma tipología de funcionamiento y que debe ser alimentada durante la operación de un sistema eléctrico, por ejemplo, podemos agrupar la carga correspondiente a los circuitos de fuerza, circuitos de iluminación, circuitos especiales.

Esta carga representa la suma de las potencias nominales de estos conjuntos las cuales son medidas en KVA (Kilo vatio amperio) o KW (Kilo Watts).

2.4. 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 (KW), 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.

2.5. Elementos que forman una instalación eléctrica

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

2.5.1. 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:

2.5.2. Conduit PVC

El tubo *conduit* está fabricado principalmente a base de PVC (poli cloruro de vinilo) 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 2. **Tubo *conduit* de PVC**



Fuente: Euroelectrica. *Tubo conduit de PVC*. <https://euroelectrica.com.mx/producto/conector-tubo-conduit-pvc-pesado-102mm-4/>. Consulta: 27 de julio de 2018.

2.5.2.1. 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 3. **Tubo *conduit* acero galvanizado**



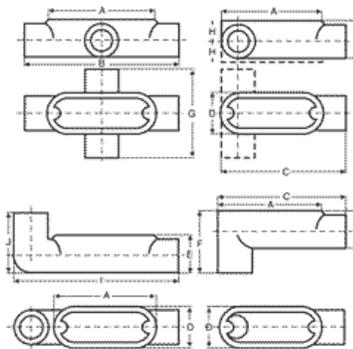
Fuente: Dincorsa. *Tuberías conduit*. <http://www.dincorsa.com/blog/dincorsa-tipos-usos-tuberias-conduit/>. Consulta: 30 de julio de 2018.

2.5.3. 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 de dimensiones del producto.

Figura 4. Dimensiones cajas *condulet*

Ø en pulgadas	Dimensiones en mm.											Peso promedio Kg.	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	AL	Fø	
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: Lynch. *Dimensiones cajas condulet*.

<http://www.electricidadlynch.com/sistemacondulets.htm>. Consulta: 3 de agosto de 2018.

2.5.4. 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.

2.5.5. Tipos de conductores y capacidades asociadas

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

- Conductor eléctrico, este 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, capa 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 etcétera.

La elección del conductor ideal varía en función de las particularidades del circuito que queramos construir, además de las condiciones propias del lugar debemos 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.

Figura 5. Capacidad por tipo de conductor

Calibre	Area 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
	AWG/MCM	C.M.		mm ²	#	pulg.	mm.	pulg.	mm.		
14	4110	2.08	1	0.015	0.38	0.004	0.10	0.102	2.59	23	8.81
12	6530	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	6530	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	0.818	20.78	1762	0.1052
400	400000	202.68	37	0.060	1.52	0.008	0.20	0.865	21.97	2003	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



Continuación de la figura 5.

AMPACIDADES CONDUCTORES DE COBRE⁽¹⁾

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, THHN, THHW, 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 obelisco (†) 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: phelps-dodge. *Capacidad por tipo de conductor*. <https://dokumen.tips/documents/catalogo-general-phelps-dodge-conducen-56d5ec9858f6b.html>. Consulta: 5 de agosto de 2018.

2.5.6. Cableado máximo en tubería

Existen parámetros para definir la cantidad máxima de conductores por tubería (capítulo 9 normas NTC 2050, anexo), 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.

Figura 6. 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	
	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103	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	226
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	59	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	1	3	2	4	3	6	5	10	8	14	12	19	16	24	21
3/0	-	-	1	1	1	1	2	1	3	3	5	4	8	7	12	10	16	13	20	17
4/0	-	-	1	1	1	1	1	1	3	2	4	4	6	6	10	9	13	11	17	14
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	1	2	2	4	3	6	5	8	7	10	9
400	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	5	5	7	6	9	8
500	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	4	4	6	5	7	7
600	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	5	4	6	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	
	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103	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	128	105	161	135
6	2	1	4	3	7	4	12	8	16	11	26	18	46	32	68	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	26
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	8	7	13	11	17	15	22	19
4/0	-	-	1	-	1	1	1	1	2	1	4	3	7	6	11	9	14	12	18	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
500	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	3	3	5	4	6	6	8	7
600	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2	4	3	5	4	7	6

42



Fuente: CENTELSA. Cantidad máxima de conductores en tubería.

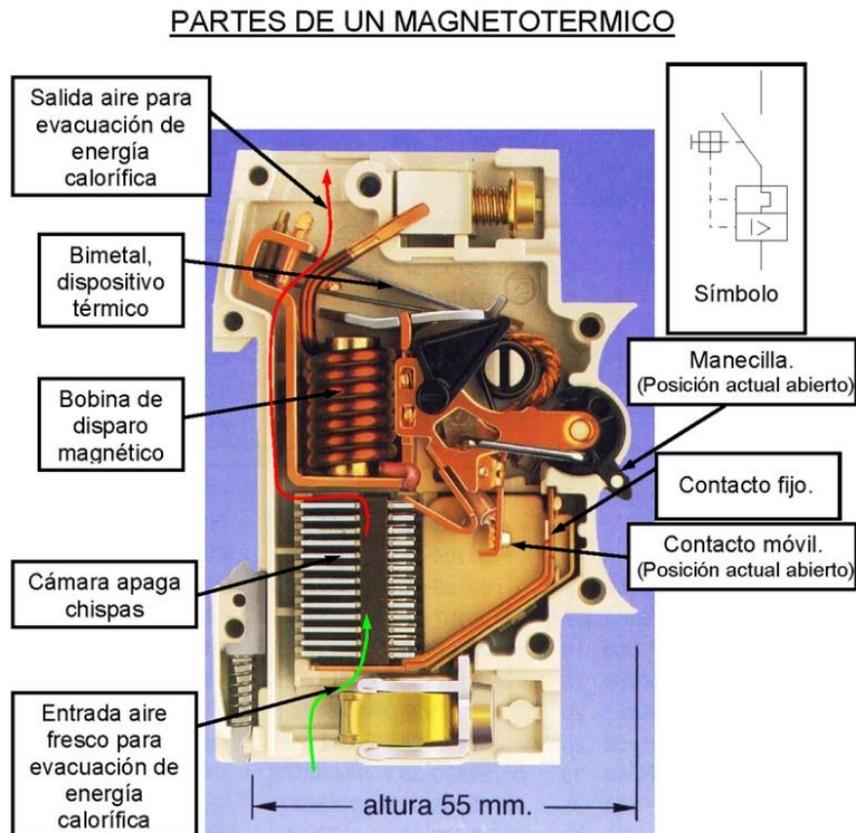
<http://www.centelsa.com.co/archivos/5344cd0e.pdf>. Consulta: 7 de agosto de 2018.

2.5.7. Dispositivos de protección

Llamamos 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, termo-magnético 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 600V con capacidades desde 10 amperios, cabe destacar que los termo-magnéticos son dispositivos que cuentan con una sola función, abrir (manual o con falla) 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 7. Partes de un interruptor termomagnético



Fuente: Wikipedia. *Partes de un interruptor termomagnético.*

https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_magnetot%C3%A9rmico#/media/Archivo:SeccionMagnetotermico.png. Consulta: 6 de agosto de 2018.

2.5.8. 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 switches 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.

2.5.9. 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 (motores).

2.5.10. 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:

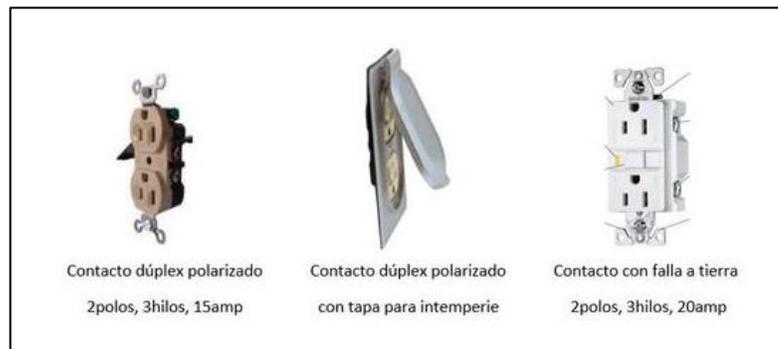
- Tablero principal, contiene la protección principal y general del circuito.
- Tableros de distribución, son tableros secundarios conectados del tablero principal, tienen la función de contener sistemas de protección de más circuitos.
- Tableros de paso, tienen la función de proteger derivaciones del circuito principalmente con fusibles.

- Tableros de comando, se utilizan para resguardar los dispositivos de maniobra y seguridad.

2.5.11. 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 V y 240V, 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 8. Tipos de tomacorrientes



Fuente: Surtido eléctrico S. A. *Tipos de tomacorrientes.*

<https://tienda.surtidorelectrico.com.mx/blogs/blog/29286403-conoce-los-distintos-tipos-de-apagadores-y-contactos>. Consulta: 7 de septiembre de 2018.

2.5.12. Luminarias

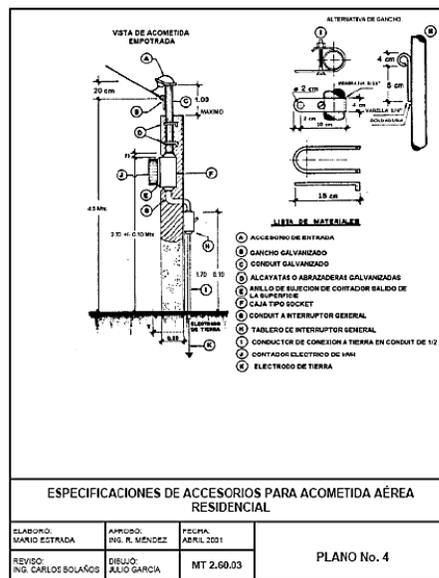
Dependiendo de su tecnología podemos clasificar las luminarias en:

- 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.

2.5.13. 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 hecha 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 9. Esquema de puesta a tierra según EEGSA



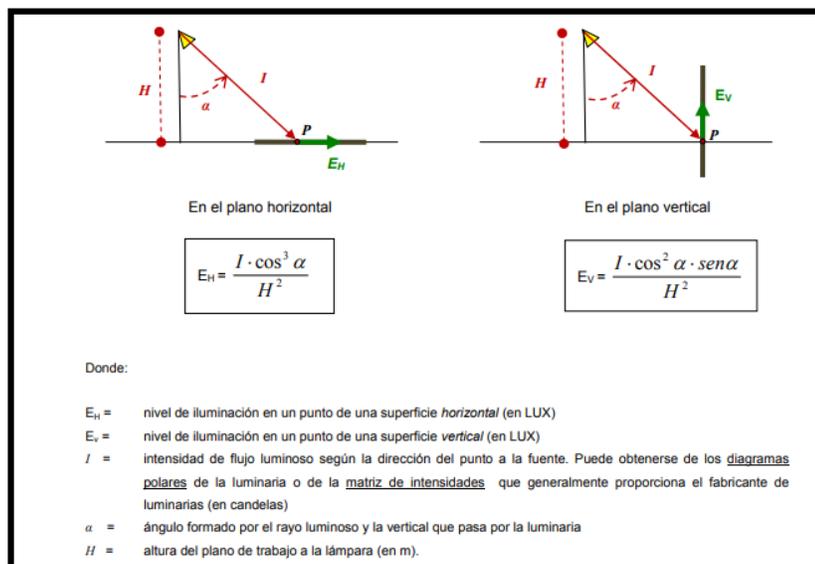
Fuente: Eegsa. Esquema de puesta a tierra.

file:///C:/Users/uf955913/Documents/EPS.%20Version%20Fina/Soportes/NORMA%20EEGSA%20(acometidas).pdf. Consulta: 8 de agosto de 2018.

2.6. 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, el mismo es muy bien analizado en el libro “iluminación y Color” escrito por Blanca Jimenez y Aguilar Rico, en el mismo se inicia bajo las condiciones de ubicación en el plano horizontal o vertical:

Figura 10. Fórmulas para cálculo de iluminación, método punto a punto



Fuente: Riunet. *Fórmulas para cálculo de iluminación, método punto a punto.*

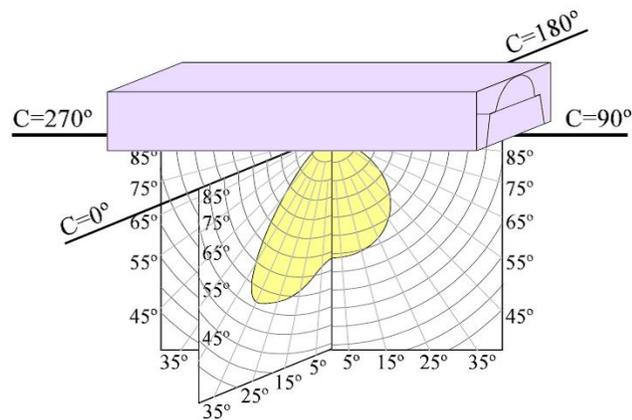
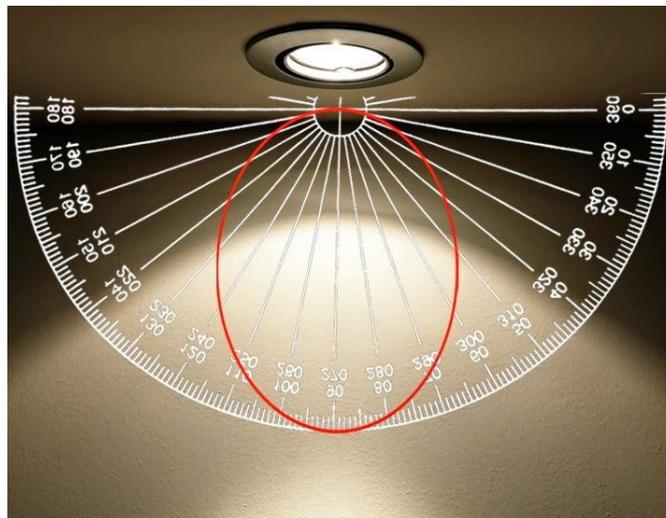
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7556/AD_calculo_metodo_punto_por_punto.pdf.

Consulta: 8 de agosto de 2018.

Cabe destacar que para poder 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.

Figura 11. **Curva fotométrica de una luminaria**



Fuente: Blogspot. *Curva fotométrica de una luminaria.*

<http://circuloelectricidad.blogspot.com/2014/12/conceptos-de-iluminacion-curvas-y.html>.

Consulta: 9 de agosto de 2018.

2.6.1. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es la representación más simple y entendible de un circuito, tiene la particularidad que se presenta mediante una línea continua independientemente del número de conductores que conformen el circuito, tiene como objetivo presentar un bosquejo simple y entendible de la generalidad de 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.

2.7. 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 para 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.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Auditoria 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.

3.2. 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 poder 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.

3.3. 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.

3.4. 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, etcétera.

3.5. Actualización de planos eléctricos

Se auditará el edificio completo, se revisará uno a uno todos los elementos que conforman el circuito y a su vez se compararan versus el plano actual, el objetivo principal de esta actividad es realizar las actualizaciones si fueran necesarias, de no encontrar un levantamiento se procederá a generar todos los planos en AutoCAD para que se tenga ya una base para ir realizando todas las actualizaciones en función del crecimiento de la red posteriores a la fecha de inspección.

4. EQUIPO DE MEDICIÓN

A continuación, se enlistan los equipos a utilizar durante el diagnóstico y sus principales características:

4.1. Cámara fotográfica

Se utilizará una cámara semiprofesional marca Panasonic modelo Lumix FZ40, esta cámara tiene una resolución de 14 mega pixeles (1280*720 pixeles) mediante un lente LEICA, cuenta con batería de litio y un zoom de 24X.

4.2. Cámara termográfica

Se tomaran imágenes termograficas 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 usara la paleta "verde-amarillo" la cual 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 termograficas.

4.3. 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 (www.fluke.com).

4.4. 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.

4.5. Luxómetro

Se utilizará un luxómetro marca TESTO serie 540, con este equipo se medirán los niveles de luxes en todos los ambientes del museo, con estas lecturas podremos conocer si la iluminación es la adecuada o es necesario ampliarlo, con estas mediciones se podrá hacer una comparativa.

5. EVALUACIÓN HISTÓRICA DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

La información histórica de los consumos energéticos fue recabada mediante la dotación de facturas de consumos a través de las autoridades del museo, se pudo observar que en la actualidad el mayor gasto se desembolsa para el pago de agua potable, más adelante se muestran los resultados del consumo de cada rubro energético.

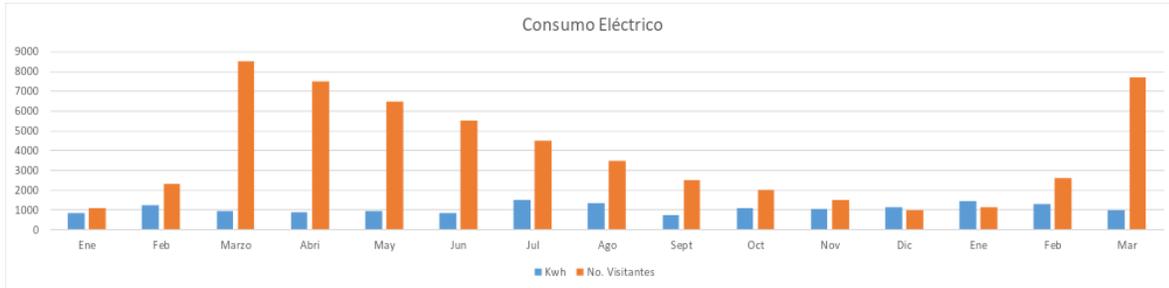
El sistema hídrico es prestado a través de Empagua para lo cual se cuenta con un medidor general en la entrada del edificio, este a su vez es leído mensualmente y facturado en función de los metros cúbicos consumidos.

El sistema eléctrico es prestado mediante un servicio en baja tensión de EEGSA, se cuenta con un medidor 120/240 tipo socket con acometida aérea proveniente de un transformador de uso colectivo, posteriormente existe una caja para exteriores con un flipon general de 2x100 amperios, del cual sale la alimentación de forma subterránea hacia los tableros de distribución internos del edificio.

5.1. Consumo eléctrico

Fue posible obtener los consumos energéticos registrados por el medidor de febrero 2017 a marzo 2018, estos consumos se encuentran documentados en kilovatios hora, esta información se coteja versus la cantidad de visitantes recibida para determinar si existe alguna relación entre el consumo y la cantidad de personas, a continuación, se muestra el gráfico.

Figura 12. Consumo eléctrico



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. Consumos energéticos 2017 - 2018

2017												
Mes	Ene	Feb	Marzo	Abri	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Kwh	831	1242	924	913	929	860	1484	1364	737	1093	1038	1152
No. Visitantes	1113	2300	8500	7500	6500	5500	4500	3500	2500	2000	1500	1000
Precio KW	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724	1.113724

2018				
Mes	Ene	Feb	Mar	Abri
Kwh	1456	1324	983	726
No. Visitantes	1133	2600	7700	

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 12, el consumo del edificio no es proporcional al número de visitantes, es decir, la cantidad de kilovatios hora consumida tiene un comportamiento distinto y no se ve alterado con la cantidad de personas que ingresaron.

5.2. Consumo térmico

Luego de realizada la revisión completa del sistema eléctrico se pudo constatar que las instalaciones del museo no cuentan con aires acondicionados, calderas o duchas eléctricas, actualmente el único consumo térmico que se pudo evidenciar es el utilizado pequeñas estufas eléctricas de 120 V y potencia de 1000 Watts, estas son utilizadas en promedio por 6 colaboradores del museo.

Figura 13. Consumo térmico



Fuente: elaboración propia.

5.3. Consumo hídrico

El sistema hídrico del edificio está compuesto por una cisterna subterránea la cual mide 3,33 mts. de ancho por 3,31 mts. de alto y 2,05 mts. de profundidad, lo cual representa una capacidad de 19,19 metros cúbicos de

agua para almacenamiento y consumo, la misma es impulsado al edificio a través de una bomba eléctrica de 55 KW de potencia, ¾ HP, 115 / 230 V, esta se ubica dentro del área de sanitarios para caballeros, y se encuentra conectada de forma automática.

Figura 14. **Consumo hídrico**



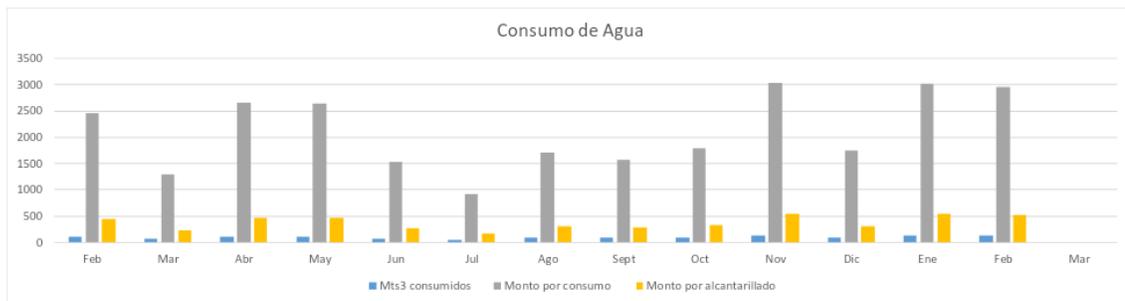
Fuente: elaboración propia.

Nota: anexo al edificio se encuentra una pequeña vivienda donde habitan familiares del fundador del museo, sin embargo, el sistema hídrico esta interconectado, por ende, actualmente la bomba de agua también suministra agua a dicha instalación adicional, no existen registros del consumo de esta área, ni el impacto que incide al consumo general del museo.

En el grafico no.2 y tabla no. 4 se presenta el resumen de consumos hídricos del edificio, hay que tomar en cuenta que luego de realizar una revisión de facturas el costo del metro cubico de agua para consumos menores a 100

metros es de Q. 19,32 y para consumos mayores a 100 metros el precio es de Q. 24,15, además de esto hay costo porcentual por el alcantarillado del agua consumida.

Figura 15. Consumo de agua



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. Consumo de agua

Ratio	2017												2018	
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Mts3 consumidos	96	102	67	110	109	79	48	89	81	93	126	91	125	122
Precio Mts3	Q 19.32	Q 24.15	Q 19.32	Q 24.15	Q 24.15	Q 19.32	Q 24.15	Q 19.32	Q 24.15	Q 24.15				
Monto por consumo	Q 1,854.72	Q 2,463.30	Q 1,294.44	Q 2,656.50	Q 2,632.35	Q 1,526.28	Q 927.36	Q 1,719.48	Q 1,564.92	Q 1,796.76	Q 3,042.90	Q 1,758.12	Q 3,018.75	Q 2,946.30
Monto por alcantarillado	Q 331.25	Q 439.95	Q 231.19	Q 474.45	Q 470.14	Q 272.59	Q 165.63	Q 307.10	Q 279.49	Q 320.90	Q 543.46	Q 314.00	Q 539.15	Q 526.21
No. Visitantes	1113	2300	8500	7500	6500	5500	4500	3500	2500	2000	1500	1000	1133	2600
Total	Q 2,185.97	Q 2,903.25	Q 1,525.63	Q 3,130.95	Q 3,102.49	Q 1,798.87	Q 1,092.99	Q 2,026.58	Q 1,844.41	Q 2,117.66	Q 3,586.36	Q 2,072.12	Q 3,557.90	Q 3,472.51

Fuente: elaboración propia.

Al momento de realizar la auditoria se pudo constatar que en el área de sanitarios para visitantes (caballeros) solamente un mingitorio funcionaba y el mismo contaba con una fuga constante de agua.

Figura 16. **Fuga constante de agua en sanitario para caballeros**



Fuente: elaboración propia.

5.4. Consumo de combustibles

Luego de realizar una revisión del parque vehicular del museo se pudo evidenciar que actualmente no cuentan con unidades de transporte, en su parque interior se encontraron dos unidades, sin embargo, las mismas están fuera de funcionamiento por diversos daños mecánicos.

Figura 17. **Consumo de combustible**

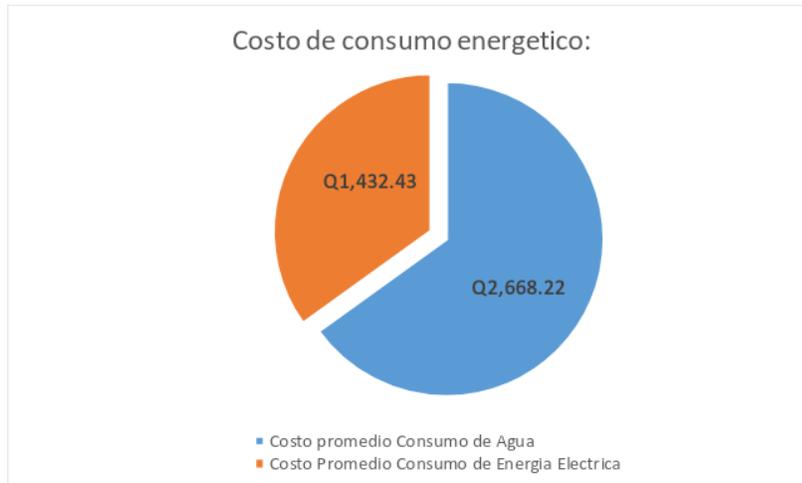


Fuente: elaboración propia.

5.5. Identificación de consumos

El edificio consume únicamente energía eléctrica e hídrica, a continuación, se detalla el valor del consumo promedio, la suma de ambos rubros asciende a Q. 4 100,65 mensuales, de los cuales 65 % es por pago de agua y el 35 % por pago de energía eléctrica.

Figura 18. **Costo de consumo energético**



Fuente: elaboración propia.

5.6. Índice de prestación energética

A continuación, se presenta el índice de prestación en función del área promedio del edificio, el mismo calcula una relación de consumo por metro cuadrado en uso.

Tabla III. **Índice de prestación energética**

Consumo Energetico promedio	1066	
Area Promedio edificio	2752	M ²
Indice de Prestacion Energetica	0.38737298	/M ²

Fuente: elaboración propia.

5.7. Identificación de hábitos de consumo

Durante los recorridos realizados dentro de las instalaciones, se pudo comprobar que permanecen en promedio siete colaboradores administrativos y un agente de seguridad a tiempo completo, cabe destacar que siempre un guardia de seguridad pernocta en el edificio y tiene rotación con otro compañero mediante un roll de turnos. Este equipo de trabajo utiliza regularmente los sanitarios, realiza las reparaciones mínimas en el sistema hídrico y eléctrico, también hace uso de la estufa eléctrica para calentar sus alimentos.

5.8. Encuesta sobre consumos energéticos

A continuación, se muestra el modelo de la encuesta realizada a los colaboradores del edificio y en la tabla IV se encuentran los resultados de dicha encuesta, la misma fue dividida en dos partes, la primera parte con un enfoque en el consumo eléctrico y la segunda parte con un enfoque en el consumo hídrico.

Tabla IV. Modelo de encuesta realizada

	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Entrevistado 5	Entrevistado 6	Entrevistado 7	Entrevistado 8
Consumo Eléctrico								
1	Conoce ud el precio actual del kWh (Kwh = kilovatio hora)?							
2	¿Cuál es el número de tiempos de comoda que realiza dentro del edificio que implique utilizar la estufa eléctrica u otro medio de calentamiento?							
3	Tiempo promedio en minutos que utiliza para calentar dichos alimentos?							
4	Agrega las horas al salir de un recinto en uso? (h/ho)							
5	Reporta a su superior cualquier fallo eléctrico en la red del edificio?							
6	Se cuenta con con protocolo para poder documentar cualquier tipo de desperfecto en el sistema eléctrico del edificio? (s/no)							
7	Conoce si se realiza mantenimiento anual del sistema eléctrico (s/ no)							
8	Durante el día se mantiene encendido el sistema de iluminación del edificio? (s/no)							
9	Cuenta unidad con equipo de cómputo? (s/no)							
10	Si la respuesta de la pregunta anterior es "sí" agrega el equipo al retiro de sus labores?							
11	Conoce si existen fugas en el edificio (s/no) ha realizado alguna vez algún tipo de reporte (s/no)							
12								
13	conoce si existe algún tipo de registro de daños del sistema hídrico (s/no)							
14	Conoce unidad el precio actual del metro cubico de agua? (s/no)							
15	Conoce unidad cual es el consumo promedio (mts ³) del edificio? (s/no)							
16	Sabe que significa el rubro de alcantarillado cobrado en la factura de consumo de agua? (s/no)							
Consumo Hídrico								

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Resultados de encuesta

		Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Entrevistado 5	Entrevistado 6	
Consumo Eléctrico	1	Conoce ud el precio actual del kwh (Kwh = kilovatio hora)	No	No	No	No	No	
	2	Cual es el numero de tiempos de comida que realiza dentro del edificio que implique utilizar la estufa eléctrica u otro medio de calentamiento?	2	1	1	1	1	
	3	Tiempo promedio en minutos que utiliza para calentar dichos alimentos?	10	2	2	3	2	5
	4	Apaga las luces al salir de un recinto sin uso? (si/no)	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	5	Reporta a su superior cualquier fallo eléctrico en la red del edificio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	6	Se cuenta con con protocolo para poder documentar cualquier tipo de desperfecto en el sistema eléctrico del edificio? (si/no)	No	No	No	No	No	No
	7	Conoce si se realiza mantenimiento anual del sistema eléctrico (si / no)	No	No	No	No	No	No
	8	Durante el día se mantiene encendido el sistema de iluminación del edificio? (si/no)	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	9	Cuenta usted con equipo de computo? (si/no)	No	SI	SI	No	No	No
	10	Si la respuesta de la pregunta anterior es "SI" apaga el equipo al retirarse de sus labores?	N/a	SI	SI	N/a	N/a	N/a
Consumo Hidrico	11	Conoce si existen fugas en el edificio (si/no)	SI	SI	No	No	SI	No
	12	ha realizado alguna vez algún tipo de reporte (si/no)	SI	No	No	SI	No	No
	13	conoce si existe algún tipo de registro de daños del sistema hidrico (si/no)	No	No	No	No	No	No
	14	Conoce usted el precio actual del metro cubico de agua? (si/no)	No	SI	No	No	SI	No
	15	Conoce usted cual es el consumo promedio (mts3) del edificio? (si/no)	No	SI	SI	No	No	No
	16	Sabe que significa el rubro de alcantillado cobrado en la factura de consumo de agua? (si/no)	No	No	No	No	No	No

Fuente: elaboración propia.

Derivado de la encuesta las principales conclusiones a las que se pudo llegar son:

- Todos los colaboradores indicaron que al menos realizan un tiempo de comida dentro del edificio.
- Nadie conoce el precio actual de kilowatt hora.
- No se cuenta con un protocolo de reporte y documentación de fallas del sistema eléctrico, indicaron que algunas reparaciones se realizaban con el mismo personal que hace diversas actividades dentro del museo, ya que esperar la asignación de un electricista está sujeto a programación y en promedio llega hasta los 4 meses.
- Se pudo confirmar que no existe un plan de revisión y mantenimiento del sistema eléctrico del edificio.
- Dentro del edificio solamente 2 personas cuentan con equipo de cómputo e indicaron que al culminar sus labores apagan y desconectan las computadoras, además de una práctica para reducir el consumo indicaron que desconfiaban de la estabilidad de la red del edificio y temían por algún tipo de daño si se presentaba una falla por las noches.
- Al menos el 50 % de los entrevistados indicaron que conocen de fugas de agua que se han presentado, sin embargo, no hay un protocolo de reporte y documentación de este tipo de fallas, al igual que lo eléctrico, las reparaciones al sistema hídrico se realizan por parte del personal que labora diariamente en el museo.

- Únicamente 2 personas conocen el precio actual del metro cubico de agua.

5.9. Identificación de franja horaria

El museo abre sus puertas al público a las 9 de la mañana de martes a domingo, el mismo cierra a la 1 de la tarde durante una hora para que los colaboradores del recinto tomen sus alimentos, un guardia de seguridad pernocta en las instalaciones, sin embargo, fuera del horario de atención de visitantes se apagan la mayoría de las luminarias y únicamente se utilizan una pocas lámparas, esto se puede confirmar con las gráficas de corriente las cuales evidencian que el consumo se presenta en los horarios de visitas.

5.10. Proyecciones del consumo energético

Según los valores del 2015, 2016 y 2017 se elaboraron tres modelos para explicar el comportamiento para los próximos años, el primer modelo dio como resultado en analizar un crecimiento anual dando como índice un +14 % el cual es el promedio de la base de datos de los 3 años antes descritos, esta proyección fue realizada de forma lineal y con el mismo valor porcentual constante.

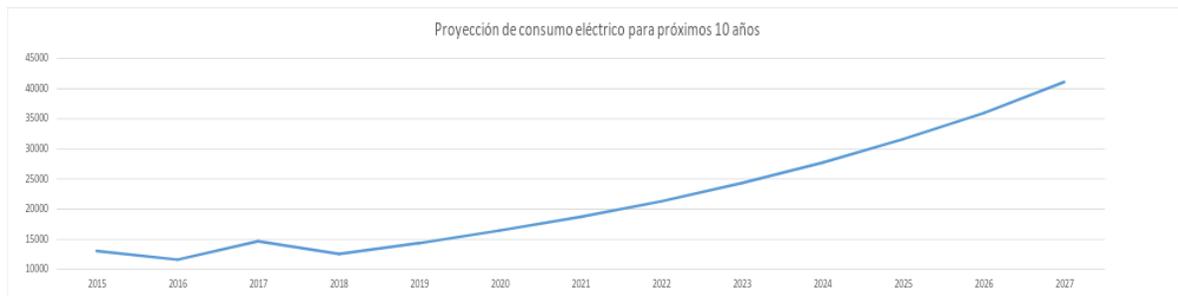
Tabla VI. Crecimiento anual

Mes / Año	2015	2016	2017	Promedio últimos 2 periodos	2016-2015 Dif %	Proyección 2018 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2019 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2020 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2021 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2022 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2023 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2024 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2025 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2026 (vrs tasa crecient o)	Proyección 2027 (vrs tasa crecient o)
Ene	1278	580	831	706	43%	804	917	1045	1192	1358	1549	1765	2012	2294	2615
Feb	1398	749	1242	996	66%	1135	1294	1475	1681	1917	2185	2491	2840	3237	3691
Mar	1309	921	924	923	0%	1052	1199	1367	1558	1776	2025	2308	2632	3000	3420
Abr	818	724	913	819	26%	933	1064	1213	1382	1576	1797	2048	2335	2662	3034
May	800	885	929	907	5%	1034	1179	1344	1532	1746	1991	2270	2587	2950	3362
Jun	889	824	860	842	4%	960	1094	1247	1422	1621	1848	2107	2402	2738	3121
Jul	863	740	1484	1112	101%	1268	1445	1647	1878	2141	2441	2783	3172	3616	4122
Ago	760	834	1364	1099	64%	1253	1428	1628	1856	2116	2412	2750	3135	3574	4074
Sep	742	670	737	704	10%	802	914	1042	1188	1355	1544	1760	2007	2288	2608
Oct	726	793	1093	943	38%	1075	1226	1397	1593	1816	2070	2360	2690	3067	3496
Nov	689	854	1038	946	22%	1079	1230	1402	1598	1822	2077	2367	2699	3077	3507
Dic	802	975	1152	1064	18%	1213	1382	1576	1797	2048	2335	2662	3034	3459	3943
Total Kwh Año	13089	11565	14585	13080	26%	12607	14372	16384	18677	21292	24273	27671	31545	35961	40996

Fuente: elaboración propia.

Esta matriz de datos da como resultado la figura 19 de proyección de consumo eléctrico, en él se logra apreciar como en el 2017 se tuvo un consumo total de 14,585 kilovatios hora y para el año 2027 se proyectaría un consumo total de 40,996 kilovatios hora.

Figura 19. Proyección de consumo eléctrico para los próximos 10 años

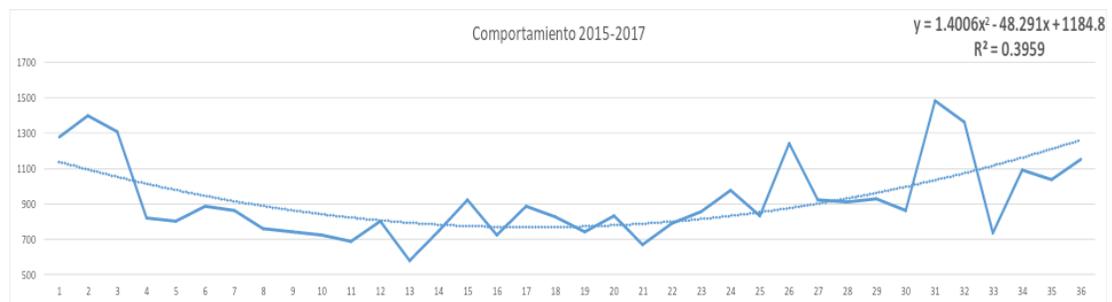


Fuente: elaboración propia.

Como segunda opción se realizó una simulación tomando de base el ploteo de todos los registros existente del consumo de energía del edificio 2015-2017, utilizando modelos matemáticos de Excel se encontró una ecuación que represento dicho comportamiento con un factor de correlación de 0,39, donde “X” es el mes y “Y” el consumo:

$$Y = 1,4006x^2 - 48,291x + 1184,8$$

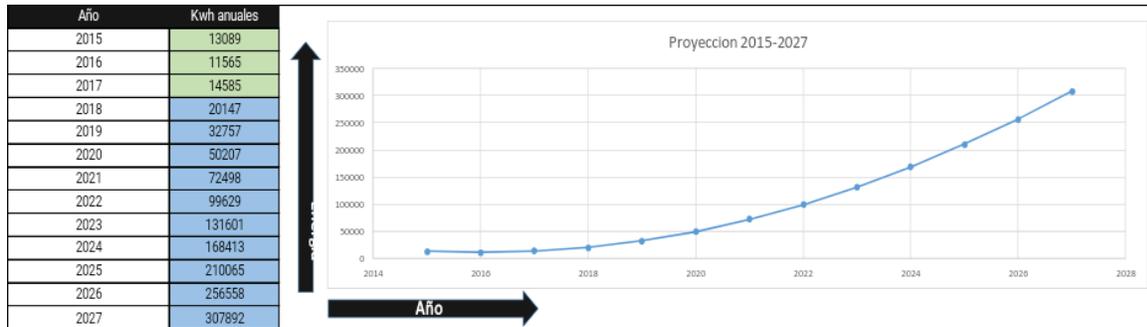
Figura 20. **Comportamiento 2015-2017**



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, como se aprecia en la figura 21 al realizar la proyección con una ecuación que tiene un valor de correlación tan bajo da como resultado proyecciones para el 2027 de 307,892 Kwh, es decir, se proyectaría un crecimiento del 2 111 %:

Figura 21. **Proyección 2015-2017**



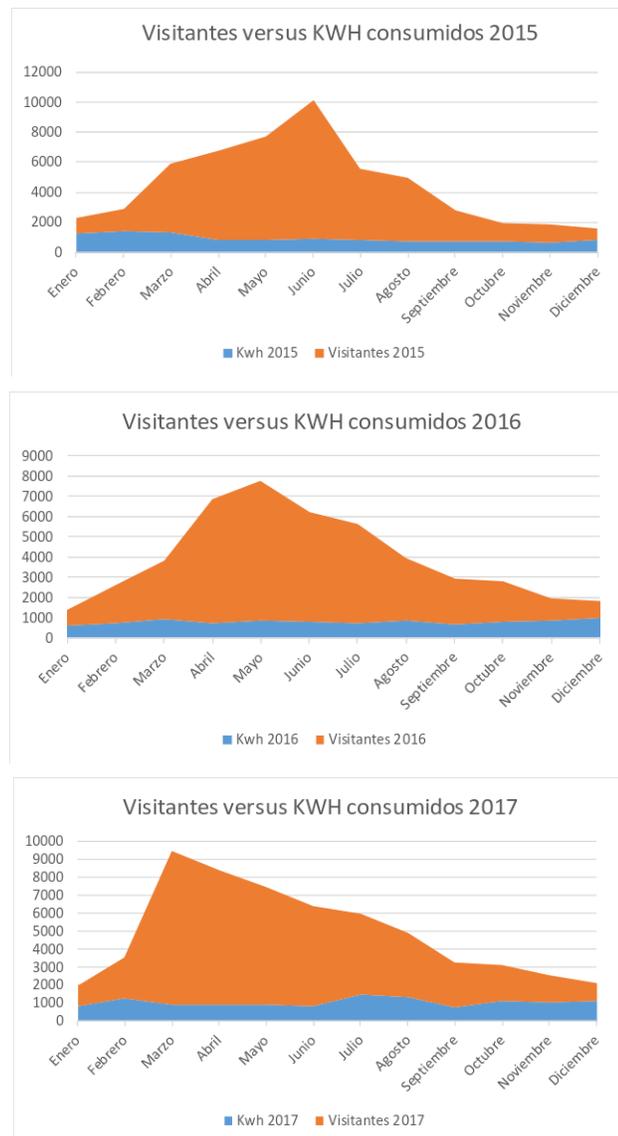
Fuente: elaboración propia.

Derivado de este análisis se decidió cambiar la constante, pues proyectar en función del tiempo presenta en los dos casos anteriores crecimientos lineales o exponenciales.

La tercera simulación se realizó con el método de correlación entre visitantes y los kilovatios consumidos a lo largo de los 3 años de los cuales se tiene el registro completo, sin embargo, esta simulación dio como resultado un factor de correlación de -3 %, para tener un modelo apropiado es necesario alcanzar una correlación lo más cercano posible al 100 %, es decir, con el -3 % se puede concluir que no hay una correlación entre los kilovatios consumidos y el número de ingreso de visitantes, esto a causa de que por el tipo de institución que es, independientemente del número de personas que asistan el consumo es casi el mismo a lo largo del año, una explicación simple que lo demuestra es el hecho de que el consumo por iluminación es el mismo independientemente si hay 5 o 100 visitantes pues todo permanece encendido, en la figura 22 se puede confirmar esta afirmación a lo largo de 3 años, vemos como la energía consumida es casi la misma con diferente número de visitantes, la diferencias que se perciben son en realidad derivado de algunas actividades fuera de lo

normal, por ejemplo exhibiciones especiales o actividades nocturnas eventuales:

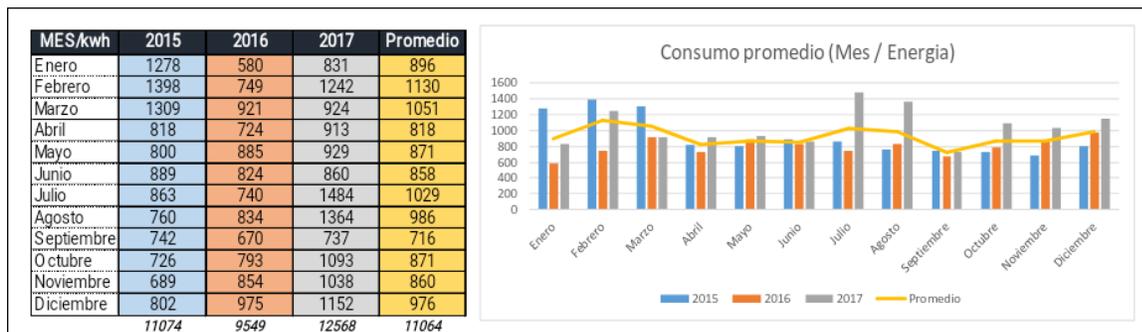
Figura 22. **Visitantes versus KWH consumidos 2015-2017**



Fuente: elaboración propia.

Por lo que como se explicó anteriormente el consumo del edificio será lineal y tendrá una tendencia promedio anual, es decir, se tendrá un consumo promedio anual el cual solamente se verá alterado permanente te a causa de la incorporación de nuevas salas de exposiciones u equipo conectada a la red actual, en la figura 23 se demuestra como el consumo cuenta con una tendencia predeterminada constante.

Figura 23. **Consumo promedio, mes / energía 2015-2017**



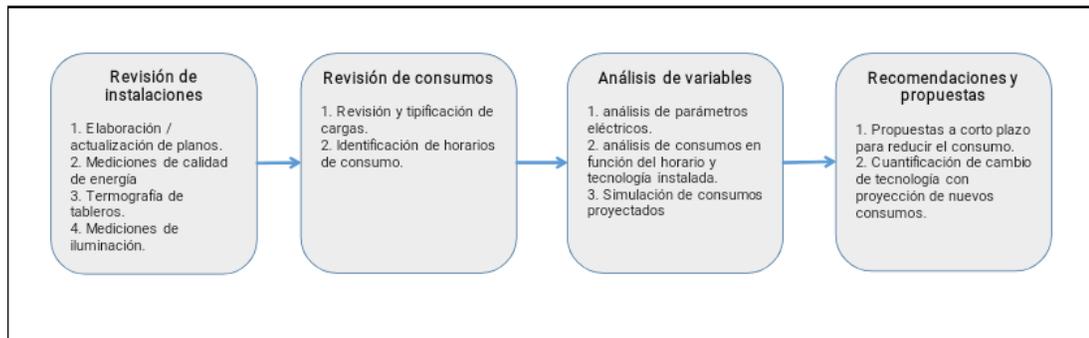
Fuente: elaboración propia.

6. PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA

6.1. Elaboración del plan y presentación a autoridades involucradas

El mismo fue planteado a las autoridades del museo quienes estuvieron de acuerdo en todo momento y aportaron toda la información requerida, dicho plan se fundamentó en 4 ejes siendo estos.

Figura 24. Plan y presentación a autoridades involucradas



Fuente: elaboración propia.

6.2. Mediciones energéticas

A continuación, se muestran las mediciones energéticas.

6.2.1. Mediciones eléctricas

Se realizó la instalación de un analizador de redes el cual estuvo conectado al tablero principal del edificio del 1 al 7 de marzo del 2018 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 V y neutro).

Figura 25. **Instalación de analizador de redes**



Fuente: elaboración propia.

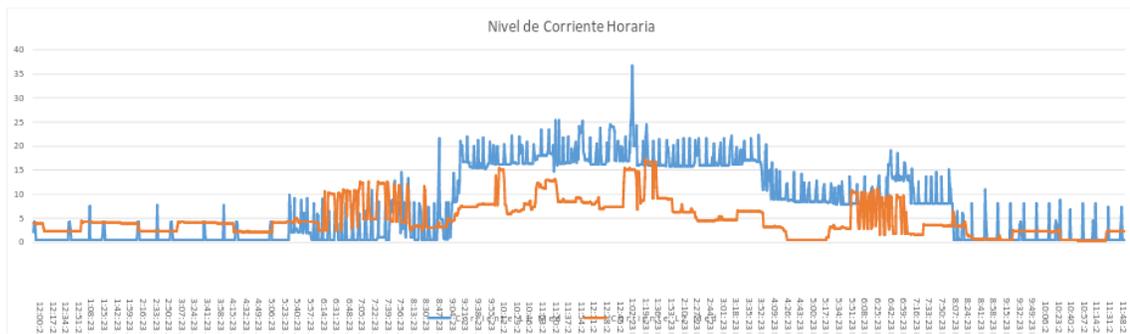
6.3. Medición y análisis de consumos

A continuación, se muestra la medición y análisis de consumos.

6.3.1. 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 2 de marzo de 2018, en el mismo plano se han colocado los niveles de corriente de las dos fases.

Figura 26. Nivel de corriente horaria



Fuente: elaboración propia.

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.

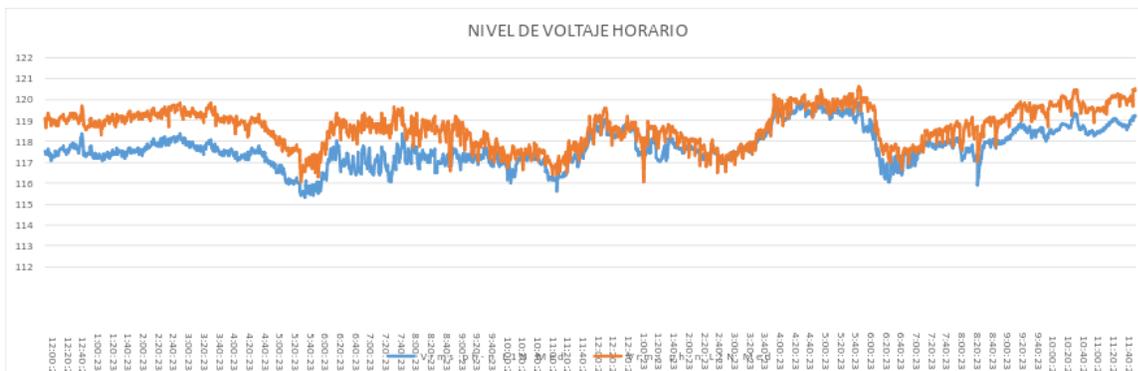
El nivel de corriente máximo registrado en la fase 2 fue de 17,3 amperios (1:27 PM) y el mínimo de 0,5 amperios (10:57 PM). La media general se sitúa en 4,84 amperios.

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)

6.3.2. 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 2 de marzo del 2018, en el mismo plano se han colocado los niveles de voltaje de las dos fases de ingreso.

Figura 27. Nivel de voltaje horario



fuelle: elaboración propia.

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 voltios (5:54 PM) y el mínimo de 116,07 voltios (1:10 PM). La media general se sitúa en 118,66 voltios.

6.3.3. 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:

Figura 28. **Análisis de factor de potencia**



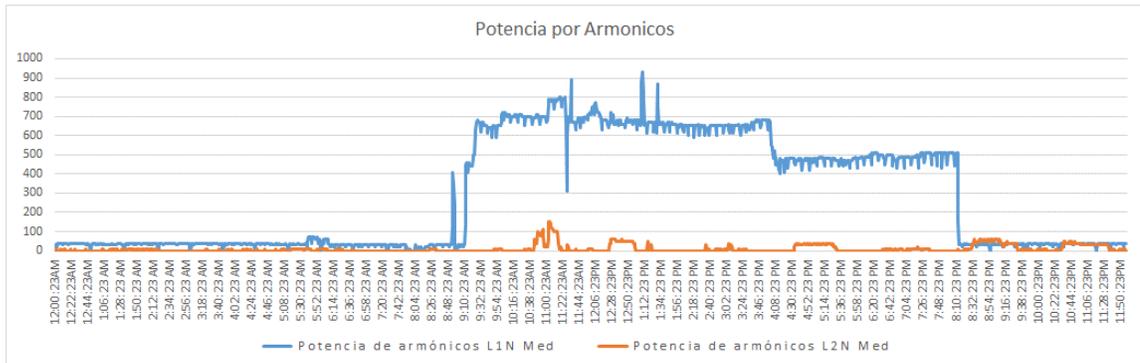
Cabe destacar que en primer gráfico se aprecia una distorsión anormal, esto se dio a causa de una falla de la compañía de distribución.

Fuente: elaboración propia.

6.3.4. **Análisis de armónicos**

A continuación, se presenta el gráfico de armónicos por fase, como vemos 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 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 perdidas derivado por efecto Joule:

Figura 29. Armónicos por fase

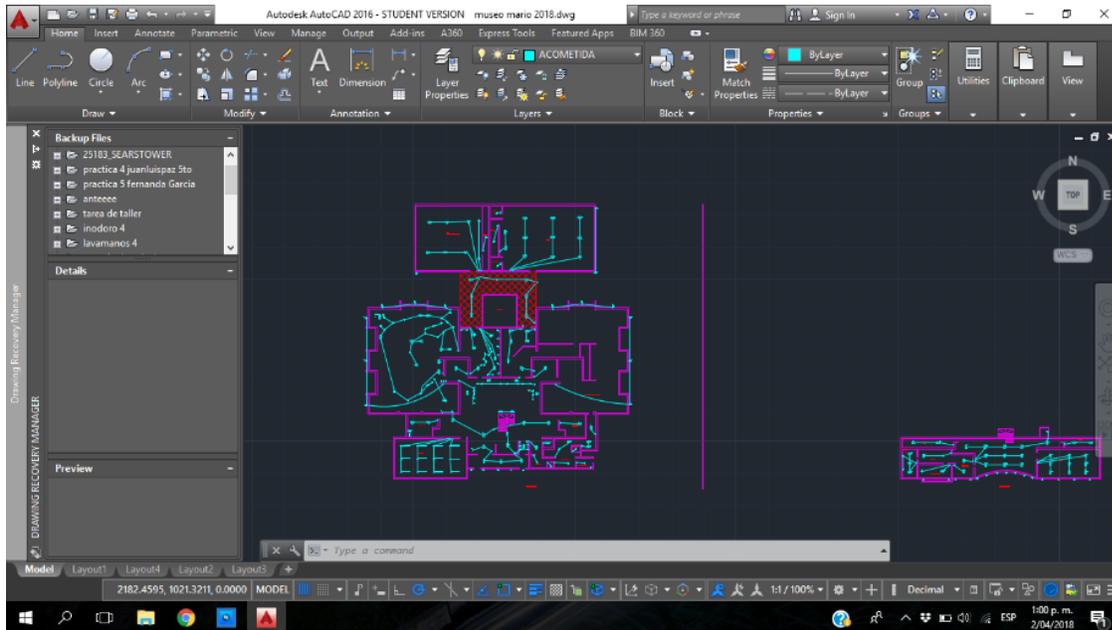


Fuente: elaboración propia.

6.3.5. Levantamiento eléctrico

Al momento de iniciar con la auditoria eléctrica se pudo comprobar que no existían planos eléctricos del edificio, incluso no había planos civiles de la edificación, por ende, fue necesario realizar un levantamiento completo del complejo, para eso se elaboró un juego de 6 planos (tableros y acometidas nivel 1 y 2, iluminación nivel 1 y 2, fuerza nivel 1 y 2), los mismos serán entregados como anexo del informe para futuras modificaciones / impresiones.

Figura 30. Levantamiento eléctrico



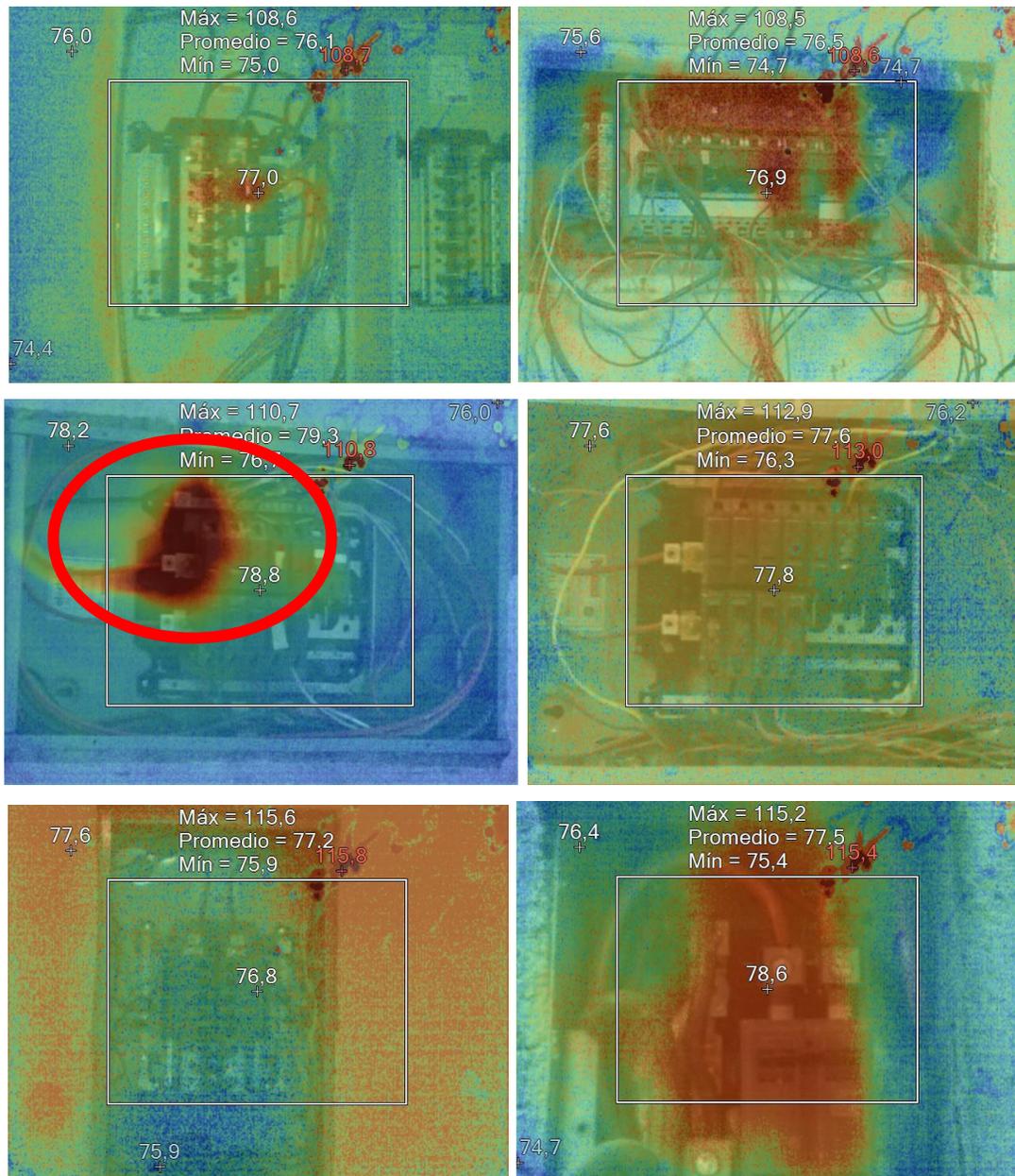
Fuente: elaboración propia.

6.3.6. Mediciones térmicas

Mediante el uso de una cámara termografía fueron tomadas imágenes en los tableros del edificio con el fin de ubicar puntos calientes en los bornes y disyuntores, se eligió la paleta verde-amarillo a resolución 640*480 pixeles, la cual facilita la visualización con niveles de bajo voltaje (>500 V), con este diagnóstico podríamos ubicar algún tipo de falla potencial por corrosión y perdidas por calentamiento, estas mediciones dieron como resultados parámetros normales de temperatura (0-70 grados) a excepción del tablero no. 2 el cual presento una diferencia de temperatura en la fase central (círculo rojo), este incremento no representa un posible punto de falla por corrosión pues visualmente no se encontraron puntos de desgaste por calentamiento, pero si demuestra que existe un desbalance en la carga entre las fases, es decir, por

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

Figura 31. Mediciones térmicas



Fuente: elaboración propia.

6.3.7. Mediciones y análisis de iluminación

Dentro de la base de datos de luminarias se realizaron mediciones de luminosidad bajo todas las lámparas para determinar los luxes por unidad luminaria, también figura el detalle si existe iluminación natural en cada ambiente, a continuación, se muestra el resumen lumínico por tipo de lámpara, el promedio general es de 498 luxes.

Tabla VII. Datos de luminarias

Tipo de Lámpara	No Luminarias	Total de Luxes	Luxes Promedio
Ahorrador Bombillo Espiral	43	22224	517
Doble base para reflector ahorrador	16	11471	717
Fluorecente de 1 tubo	7	94	13
Fluorecente de 2 tubos	57	23335	409
Fluorecente de 4 tubos	1	0	0
Lámpara de emergencia de 2 focos	1	7	7
Lámpara tipo Ojo de buey Led	44	29362	667
Reflector con espiral ahorrador	10	3565	357
Sin Foco / Plafonera sencilla	3	635	212
Total general	182	90693	498

Fuente: elaboración propia.

6.4. Inventario de lámparas y luminarias

Se realizó un inventario de lámparas del edificio, estas no se encontraban en ninguna base de datos o plano de referencia, las mismas fueron identificadas y clasificadas en los juegos de planos y bases de datos, se ubicaron un total de 182 luminarias de diferentes tipos, estas suman una potencia instalada de 7 570 Watts, a continuación, se enlistan con sus potencias individuales.

Tabla VIII. Inventario de lámparas del edificio

Tipo de Lámpara	No Luminarias	Potencia promedio por lámpara
Fluorecente de 4 tubos	1	160
Fluorecente de 2 tubos	57	80
Lámpara de emergencia de 2 focos	1	50
Doble base para reflector ahorrador	16	50
Fluorecente de 1 tubo	7	40
Reflector con espiral ahorrador	10	25
Ahorrador Bombillo Espiral	43	25
Lámpara tipo Ojo de buey Led	44	9
Sin Foco / Plafonera sencilla	3	0
Total general	182	42

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que únicamente el 62 % del total de las luminarias están en buen estado, es decir, la potencia en funcionamiento es de 4 693 Watts, a continuación, se detalle por tipo de lámparas el estatus de cada una:

Tabla IX. Estatus de cada lámpara

Tipo de Lámpara	No. Luminarias instaladas	% en buen estado
Ahorrador Bombillo Espiral	43	47%
Doble base para reflector ahorrador	16	13%
Fluorecente de 1 tubo	7	86%
Fluorecente de 2 tubos	57	68%
Fluorecente de 4 tubos	1	50%
Lámpara de emergencia de 2 focos	1	0%
Lámpara tipo Ojo de buey Led	44	93%
Reflector con espiral ahorrador	10	50%
Sin Foco / Plafonera sencilla	3	0%
Total general	182	62%

Fuente: elaboración propia.

6.5. Mediciones de lúmenes por metro cuadrado

Con las mediciones de luxes por área fue posible extraer una ratio promedio de iluminación por metro cuadrado, en la tabla 12 se puede apreciar dicho valor:

Tabla X. **Ratio promedio de iluminación por metro cuadrado**

Luxes promedio	501	Lumen
Area Promedio edificio	2752	M2
Indice de iluminacion por metro cuadrado	0.18207351	luxes/M2

Fuente: elaboración propia.

6.6. Cálculo de luxes ideales por zona de trabajo

Según el artículo 167 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 no hay una clasificación para comparar un museo versus un estándar ideal, por lo que se ha tomado como base la medición de una sala de espera y pasillos de un hospital, el cual indica que debería estar entre 200 y 500 luxes, como se demuestra en la tabla 13 vemos que en el museo no es posible alcázar esta ratio donde hay instaladas lámparas fluorescentes de 1 tubo.

Tabla XI. **Calculo de luxes ideales por zona de trabajo**

Tipo de Lampara	No Luminarias	Total de Luxes	Luxes Promedio
Ahorrador Bombillo Espiral	43	22224	517
Doble base para reflector ahorrador	16	11471	717
Fluorecente de 1 tubo	7	94	13
Fluorecente de 2 tubos	57	23335	409
Fluorecente de 4 tubos	1	0	0
Lampara de emergencia de 2 focos	1	7	7
Lampara tipo Ojo de buey Led	44	29362	667
Reflector con espiral ahorrador	10	3565	357
Sin Foco / Plafonera sencilla	3	635	212
Total general	182	90693	498

Fuente: elaboración propia.

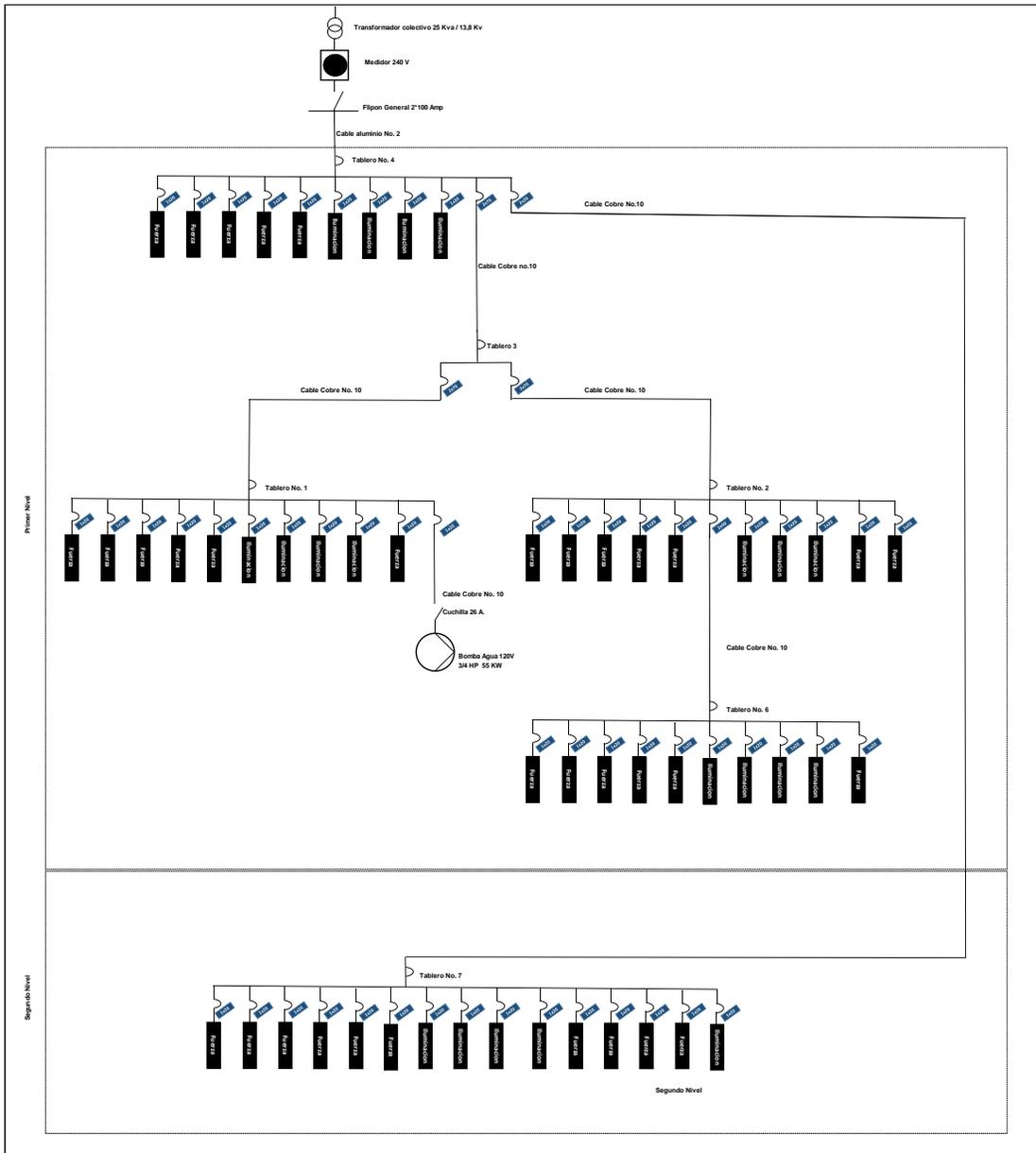
Otro dato importante es que de igual forma este acuerdo gubernativo exige según el artículo 77 la colocación de lámparas de emergencia, pero en las instalaciones solo se logró apreciar una lámpara, la cual está en mal estado, por ende, no hay iluminación de respaldo al momento de tener un corte de energía eléctrica.

7. FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REPORTE FINAL

7.1. Análisis y propuestas de mejoras en energía eléctrica

Actualmente el edificio cuenta con 5 tableros los cuales están interconectados entre si y distribuyen el suministro eléctrico a todo el edificio, se pudo evidenciar que el personal desconoce la configuración de los mismos y la forma de operarlos, a continuación, se presenta el diagrama unifilar de la instalación.

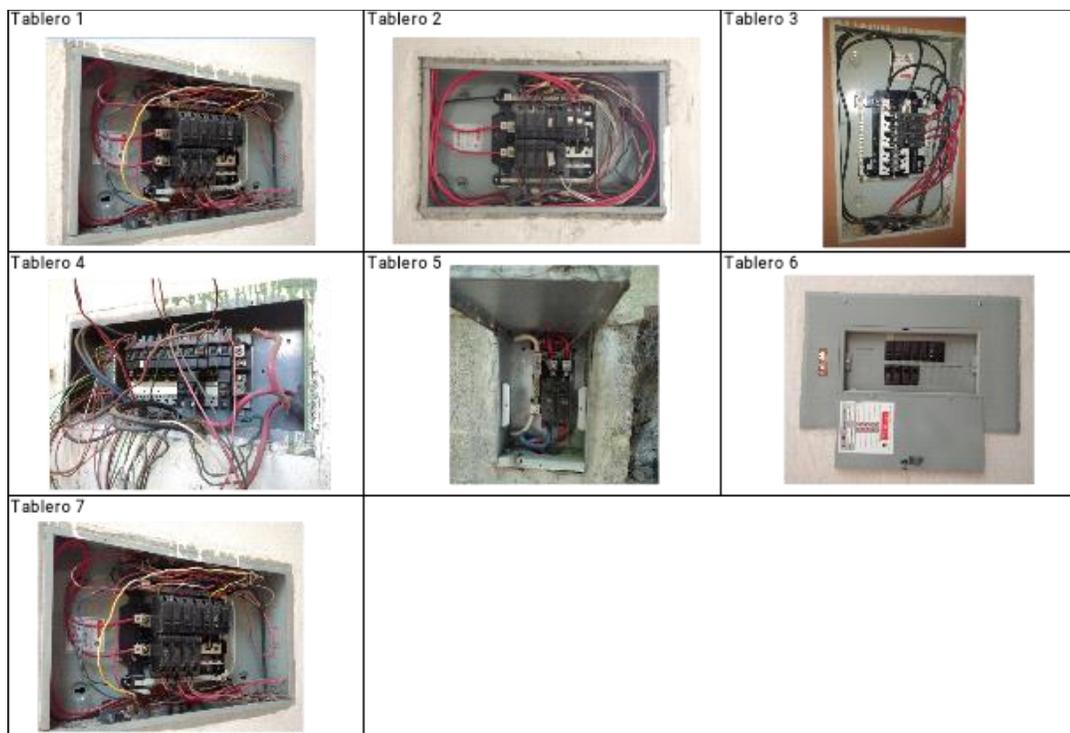
Figura 32. Diagrama unifilar de tableros



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se presentan las fotografías de los 7 tableros que conforman el circuito general del edificio, se pudo constatar que recientemente hubo algunas adecuaciones, pues el tablero núm. 3 es de reciente instalación, según se pudo investigar indicaron de parte de la administración que esta remodelación se dio a causa de problemas con el tablero no. 4.

Figura 33. **7 tableros que conforman el circuito general del edificio**



Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que durante la revisión se pudo determinar que el tablero no. 4 se encuentra en muy malas condiciones, pues no cuenta con su tapa de seguridad, tiene una serie de líneas las cuales no están identificadas y las mismas están expuestas, lo cual podría provocar un corto circuito que de alguna manea comprometiera la instalación general, pues este tablero es

utilizado de paso general a continuación, se presenta una imagen ampliada del estado del mismo:

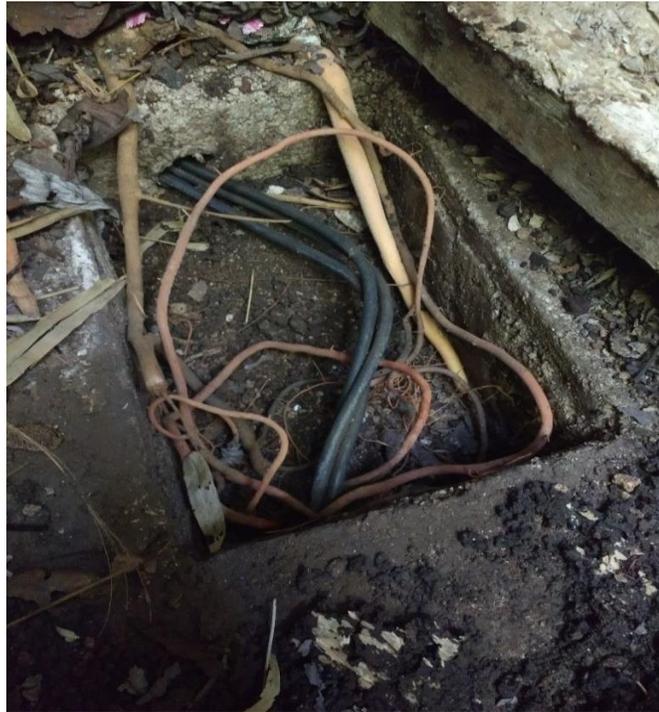
Figura 34. Malas condiciones del tablero 4



Fuente: elaboración propia.

Además, se descubrió que la acometida ingresa al edificio de forma subterránea, sin embargo, está expuesta a la humedad directa, pues carece de una tubería adecuada y cajas de registro para su revisión y mantenimiento:

Figura 35. **Acometida subterránea expuesta a la humedad, no cumple según NEC 2014, sin señalización y sin entubado adecuado**



Fuente: Elaboración propia

Por lo que es necesario realizar de forma urgente:

- Cambio de tablero núm. 4 y normalización del cableado del mismo.
- Instalación de cajas de registro y revisión/sustitución de tubería subterránea para el ingreso de la acometida al sistema eléctrico del edificio según normativa NEC 2014.
- Impresión de planos de sistema eléctrico para que el personal pueda realizar cortes / activaciones por emergencia o mantenimiento.

- Creación de registro para documentación de fallas, mejoras y adecuaciones.

7.2. Análisis y propuesta de utilización de energía renovable

Para independizar actualmente el consumo del museo es necesaria una inversión de Q 221 000,00 en la compra de un sistema de paneles solares, con esta inversión se lograría recuperar en 12,7 años, es decir se tendrían de beneficio aproximadamente 12 años más, el ahorro mensual proyectado es de Q 1 450,32 mensuales los cuales sumarian Q 17 403,85 anuales. Esta propuesta está basada en el principio de colocar un sistema de paneles solares, los cuales mediante un inversor son capaces de inyectar potencia al sistema eléctrico del edificio, cabe destacar que será necesaria la colocación de un medidor general bidireccional, esto con el afán de lograr entregar la energía sobrante en momentos de baja demanda, es importante indicar que actualmente ya es posible adquirir estos equipos en el mercado nacional a precios competitivos como se muestra a continuación.

Tabla XII. **Ahorro mensual proyectado**

Precio KW / Tarifa BTS	Q 1,11	
Inversion inicial	Q 402 214,80	Q 221 218,14
Ahorro mensual	Q 2 636,95	Q 1 450,32
Ahorro Anual	Q 31 643,36	Q 17 403,85
TIR	12,5 Años	12,7 Años
Vida Util Proyecto	25 Años	25 Años

Fuente: elaboración propia.

7.3. Análisis y propuestas de mejoras en energía térmica

Como se indicó en el inciso 2.3 actualmente el personal que labora en el museo utiliza pequeñas estufas eléctricas de 1 000 watts cada una, en promedio 7 personas la utilizan al medio día, el tiempo promedio de uso es de 15 minutos por colaborador, haciendo un total de 1 000 watts a lo largo de 1,75 horas, es decir, aproximadamente 1,75 Kwh, esto multiplicado por 31 días nos da un consumo promedio de 54,25 Kwh al mes, multiplicado por Q.1,10 (tarifa no social EEGSA) nos da un consumo mensual por calentamiento de alimentos de Q. 59,67.

Ahora bien utilizando un horno de microondas se podría reducir a un 30 % el tiempo necesario para poder calentar los alimentos por persona (5 minutos por colaborador), esto supondría reducir el consumo a Q.17,91 mensual, esto a su vez representa una reducción mensual de Q. 41,76, actualmente un horno de microondas de 1 000 watts tiene un costo de Q. 950 (precio de referencia www.max.com.gt), es decir, se podría recuperar la inversión en 23 meses, mientras que el tiempo promedio de vida según el fabricante es de 5 años.

7.4. Análisis y propuestas de mejoras en iluminación

Luego de realizada la auditoria se pudo evidenciar una serie de carencias las cuales afectan directamente el consumo de energía eléctrica por iluminación, como se planteó en el inciso 4.14 tabla XI, únicamente el 62 % de las luminarias están en buen estado, otro punto importante es la eficiencia que conlleva tener el universo de lámparas actualmente instaladas en el museo, a continuación, se muestra un comparativo por tipo.

Tabla XIII. **Comparativo de lámparas por tipo**

Tipo de Lámpara	No Luminarias	Promedio de Potencia total	Promedio de Luxes
Fluorecente			
Doble base para reflector	16	50	717
Ahorrador Bombillo Espiral	43	25	517
Fluorecente de 2 tubos	57	80	409
Reflector con espiral ahorrador	10	25	357
Sin Foco / Plafonera sencilla	3	0	212
Fluorecente de 4 tubos	1	160	210
Fluorecente de 1 tubo	7	40	13
Lámpara de emergencia de 2 focos	1	50	7
Led			
Lámpara tipo Ojo de buey Led	44	9	667
Total general	182	42	499

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XIV se puede evidenciar que el 76 % de las lámparas son de tecnología fluorescente y el 24 % es tecnología led, a continuación, se presenta un gráfico que hace una comparación directa entre ambas tecnologías desde el punto de vista de la vida útil.

Figura 36. Vida útil en horas



Fuente: Norbel. *Vida útil en horas*. <https://www.ledgiluminacion.es/ventajas-de-la-iluminacion-led/>. Consulta: de agosto de 2018.

Podemos darnos cuenta que el 76 % de las lámparas las cuales son fluorescentes cuentan con tan solo una fracción del tiempo de vida de la tecnología led, esto provoca alta sustitución de equipos dañados y prueba por qué el índice de elementos dañados es mayoritariamente fluorescente. Cabe destacar que como se muestra en la tabla XIV el 93 % de los equipos led está en buen estado.

Tabla XIV. **El 93 % de los equipos led está en buen estado**

	Fluorescente	LED
<i>Contiene Mercurio y metales pesados</i>	SI	NO
<i>Usa cebador</i>	SI/NO(HFP)	NO
<i>Usa balastro</i>	SI	NO
<i>Genera energía reactiva</i>	SI	NO
<i>Consume con tubo fundido</i>	SI	NO
<i>Potencia tubo 60cms</i>	18W	9W
<i>Potencia tubo 120cms</i>	36W	18W
<i>Potencia tubo 150cms</i>	58W	22W
<i>Consumo balastro/driver 1x60cms</i>	3W-7W	1W
<i>Consumo balastro/driver 1x120cms</i>	5W-7W	2W
<i>Consumo balastro/driver 1x150cms</i>	7W-11W	3W
<i>Emite infrarrojos (IR)</i>	Si	NO
<i>Emite ultravioletas (UV)</i>	Si	NO
<i>Temperatura de superficie</i>	80°	40°
<i>Rango de temperatura de trabajo</i>	de 5° a 45°	de -20° a 60°
<i>Peligro por rotura</i>	SI	NO
<i>Tensión de trabajo</i>	240V	12V
<i>Riesgo eléctrico</i>	SI	NO
<i>Vida útil (en horas)</i>	6.000/17.000	50.000
<i>Vida media</i>	8.000/19.000	80.000
<i>Oscurece techos / decolora</i>	SI	NO
<i>Produce parpadeo durante el uso</i>	SI	NO
<i>Encendido instantaneo</i>	NO	SI
<i>Encendido a plena luminosidad</i>	NO	SI
<i>Sobre consumo por encendidos múltiples</i>	SI	NO
<i>Degradación lumínica por cada 3.000 horas</i>	30%	2%

Fuente: DENIA. *93 % de los equipos led está en buen estado.* <https://www.denia.com/los-tubos-led-se-imponen-a-los-fluorescentes-a-pesar-de-su-arraigo-en-el-mercado/fluorescente-vs-led/>.

Consulta: 10 de agosto de 2018.

En la figura 26 podemos ver también algunos aspectos importantes entre ambas tecnologías, como lo son por ejemplo la diferencia entre potencia consumida e iluminación obtenida, vemos como el led puede reducir el consumo en un 50 % en comparación de la tecnología incandescente, otro aspecto importante es el impacto que tienen en el medio ambiente derivado de que contienen mercurio y metales pesados las cuales son sustancias sumamente contaminantes, según la EPA (United States Environmental Protection Agency) es necesario darle un tratamiento especial al manejo de

lámparas fluorescentes, cabe destacar que no se cuenta con un protocolo para el manejo y desecho de estas lámparas.

Figura 37. Aspectos importantes entre ambas tecnologías

¿Cómo evitar la rotura de las bombillas fluorescentes?

Lo mejor, lógicamente, es evitar su rotura. Pero, ¿cómo?

- No usar este tipo de bombillas en lugares con peligro de rotura o en lámparas que puedan caer al suelo fácilmente.
- Tocar las bombillas con la luz apagada y una vez esté fría.
- A ser posible, coger la bombilla cuidadosamente por la base plástica o cerámica, no por el tubo de cristal.

Si la rotura de la bombilla ya se ha producido, ¿cómo tengo que actuar?

- Desalojar la habitación de personas y mascotas y abrir puertas y ventanas para que se ventile.
- Apagar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado para que no recojan aire contaminado.
- Recoger los trozos rotos con un cartón o papel duro y una cinta adhesiva para ir pegando en ella los pedazos pequeños y el polvo que quedan por el suelo.
- Limpiar el suelo con una toalla mojada o toallitas húmedas.
- Es preferible no utilizar aspiradora pero, en el caso de hacerlo, hay que ventilarla bien y desechar la bolsa.
- Desechar todos los escombros de la bombilla y el material de limpieza utilizado dentro de una bolsa plástica sellada o de un tarro de vidrio con tapa metálica.
- Lavarse bien las manos con agua y jabón y continuar ventilando el dormitorio.

En definitiva, si actuamos correctamente no existe ningún peligro. Simplemente hay que realizar una buena limpieza y desechar cualquier objeto que haya estado en contacto con el material. Muchas de nuestras lámparas de diseño decorativas, admiten este tipo de bombillas por lo que consideramos que es importante que los usuarios de las mismas tengan en cuenta estos aspectos.

Fuente: ESTILUZ. Aspectos importantes entre ambas tecnologías.

<https://www.estiluz.com/es/blog/bombillas-fluorescentes-consejos-para-evitar-la-contaminaci%C3%B3n>. Consulta: 12 de agosto de 2018.

Desde el punto de vista de eficiencia energética a continuación vemos un ejemplo en el cual la constante es producir 800 lúmenes, vemos claramente que para producir el mismo nivel de iluminación se debe colocar un bombillo de 15 Watts mientras que un con tecnología led es posible producir la misma iluminación consumiendo 10 Watts.

Figura 38. Tecnología led



Fuente: Byverdleds. *Tecnología led*. <https://www.byverdleds.com/content/7-guia-practica-de-compra-led>. Consulta: 12 de agosto de 2018.

7.5. Análisis técnico económico de las propuestas planteadas

El análisis inicia sobre la cuantificación para la sustitución de lámparas que representa la mayor carga utilizada normalmente en el museo, como se pudo evidenciar en la auditoria actualmente se cuenta mayoritariamente con iluminación tipo fluorescente, la cual además de ser menos eficiente que otras tecnologías está sujeta a un correcto manejo de residuos, por el tipo de recinto se hace necesario el cambio de dicha tecnología pues es visitado a lo largo del año por estudiantes y familias, actualmente en el mercado es posible utilizar tecnología led para este tipo de fines, a continuación se coloca un cuadro comparativo el cual proyecta el costo y potencias para realizar la sustitución:

Tabla XV. Costo y potencias

Situación Actual				Proyección						
Lampara Actual	Potencia Actual	Cantidad	Potencia Total (watts)	Lampara equivalente	Nueva Potencia	Potencia Total (watts)	Costo Lampara	Costo Total	Nueva potencia total	
Doble base para reflector ahorrador	50	16	800	Bombilla led reflector de 16W	16	256	Q 110.12	Q 1,761.92	256	
Ahorrador Bombillo Espiral	25	43	1074	Bombillo Clasico 14W	14	602	Q 20.37	Q 875.91	602	
Fluorecente de 2 tubos	80	57	4560	Tubo Led claro 18W	36	2052	Q 52.12	Q 2,970.84	2052	
Reflector con espiral ahorrador	25	10	250	Bomillo Led tipo reflector 16W	16	160	Q 55.06	Q 550.60	160	
Fluorecente de 4 tubos	160	1	160	Tubo Led claro 18W	72	72	Q 104.24	Q 104.24	72	
Fluorecente de 1 tubo	40	7	280	Tubo Led claro 18W	18	126	Q 26.06	Q 182.42	126	
Lampara de emergencia de 2 focos	50	1	50	Lampara de emergencia para interior	4	4	Q 127.00	Q 127.00	4	
			7174			3272	Q 6,572.93		3272	

Fuente: elaboración propia.

Es notable que se podría pasar de 7 174 watts de consumo con tecnología fluorescente a tan solo 3 272 watts, es decir, esto representa un ahorro en potencia instalada del 54 %, la inversión para el cambio de tecnología asciende a Q. 6 572,93 (cotización en anexo general), cabe destacar que esta inversión es únicamente por el valor de las luminarias, pues no es necesario realizar el cambio de las bases y solo requiere una sustitución sencilla, para el caso de las lámparas que tienen tubo de igual forma se puede hacer la instalación utilizando las mismas bases, solo es necesario anular el balastro mediante un puente eléctrico.

A continuación, se presenta un análisis comparativo para determinar el tiempo promedio de recuperación de la inversión en la sustitución de lámparas, este ejercicio es proyectado mediante un supuesto de 25 días continuos de iluminación durante 8 horas.

Tabla XVI. **Análisis comparativo**

Situación Actual		Situación Proyectada	
Potencia Total	7174	Potencia Total	3272
Tiempo diario (horas)	8	Tiempo diario (horas)	8
Días	25	Días	25
Tiempo Total (horas)	200	Tiempo Total (horas)	200
Kilovatios hora	1434.8	Kilovatios hora	654.4
Costo Kilovatio Hora	Q 1.10	Costo Kilovatio Hora	Q 1.10
Costo Total Iluminacion	Q 1,578.28	Costo Total Iluminacion	Q 719.84

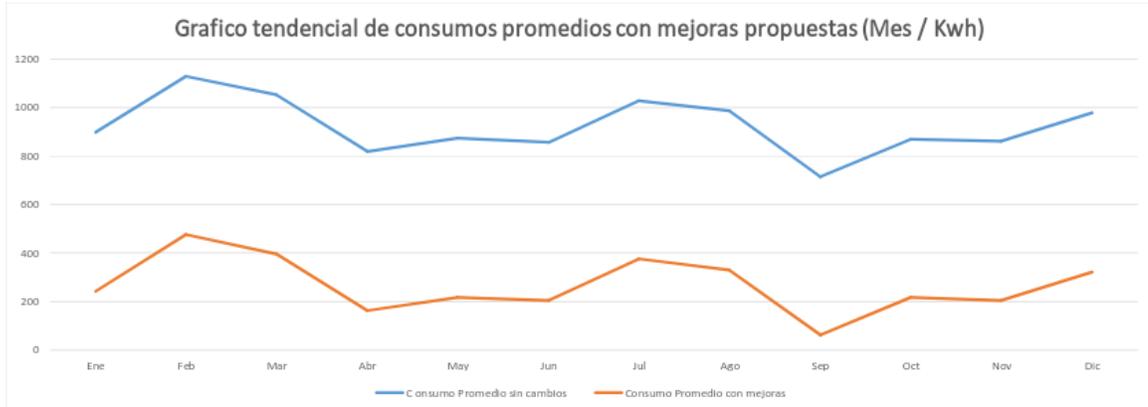
Ahorro Mensual	Q 858.44
Meses necesarios para recuperar inversion	7.7
Tiempo de vida de tecnología Led	5000 horas
Tiempo de vida de proyecto según proyeccion de uso en meses	25

Fuente: elaboración propia.

Según se muestra en la tabla 16 bajo las condiciones de utilizar los nuevos equipos durante 8 horas diarias y 25 días al mes es posible recuperar la inversión en 7,7 meses, estos equipos tienen una vida útil de 25 meses, es decir, podrían representar un ahorro mensual de Q.719,84, bajo este panorama luego de pagar el proyecto se tendrá un ahorro total de Q. 12 484,31 en los siguientes 17,3 meses la de vida total del proyecto.

A continuación, se muestra el grafico tendencial entre un consumo promedio y la reducción propuesta por mejoras, en dicho grafico se muestra el consumo a lo largo de un año sin realizar mejoras al sistema y con las recomendaciones.

Figura 39. Gráfico tendencial de consumos promedios con mejoras propuestas (mes / kwh)



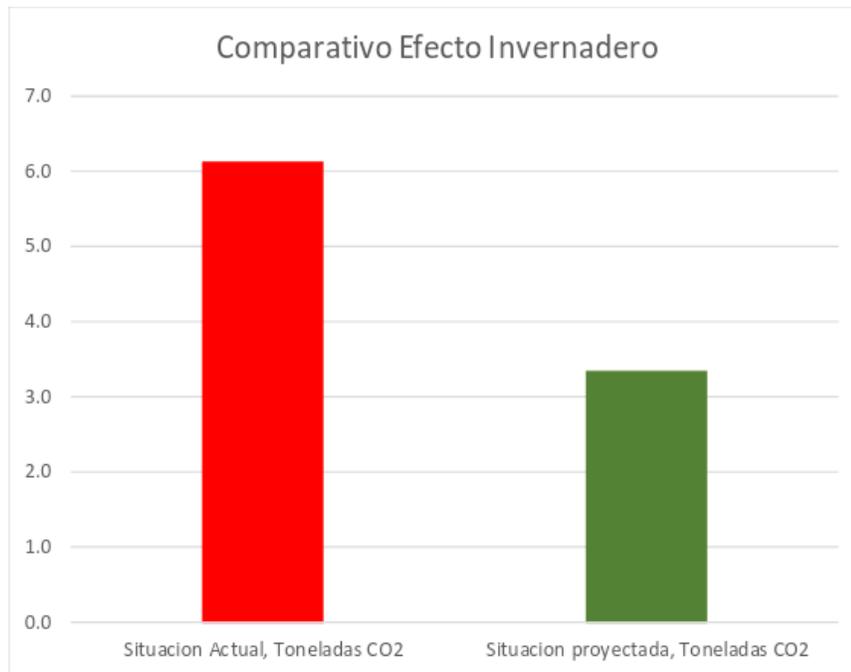
Fuente: elaboración propia.

7.6. Emisiones de gases de efecto invernadero evitadas

Derivado del cambio climático es necesario realizar cambios en beneficio del mismo, actualmente las contaminaciones por el uso de combustibles están produciendo un efecto invernadero, el cual es solo la punta del iceberg a la cantidad problemas que estos cambios están ocasionando en el planeta tierra, esta situación va en aumento y demuestra la necesidad de utilizar tecnologías más eficientes que contrarresten y desaceleren dichos cambios.

Actualmente el Museo de Historia Nacional consume un total de 11 065 Kwh en promedio al año, esto a su vez equivale a la generación de 6.1 toneladas de CO₂ en emisión de gases de efecto invernadero, al implementar las medidas de ahorro y eficiencia se podría reducir a 3,4 toneladas de CO₂.

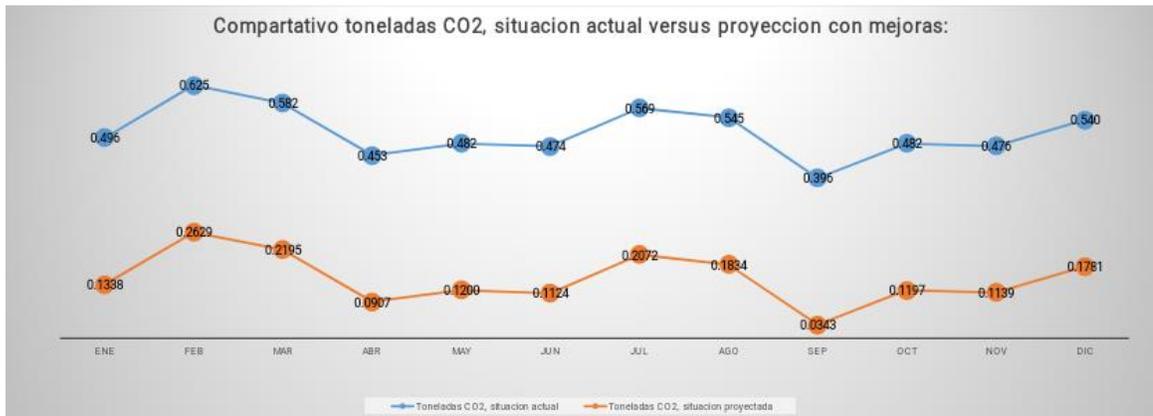
Figura 40. **Comparativo efecto invernadero**



Fuente: elaboración propia.

Este tipo de mejoras tendrían una reducción importante la cual mensualmente sería percibida en función del consumo, a continuación, se muestra el evolutivo basados en una proyección de consumo promedio:

Figura 41. **Comparativo toneladas CO2, situación actual versus proyección don mejoras**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. En función del diagnóstico del sistema eléctrico del museo se obtuvieron particularidades importantes del circuito siendo las principales: el estado crítico del tablero número 4, ya que el mismo no cuenta con su tapa, por lo que se tiene alto riesgo de corto circuito, sin dejar de lado la posibilidad de provocar un accidente. Además, no tiene ningún tipo de identificación en sus elementos de protección. Además de esto entre el tramo donde se ubica el flipón general y el tablero número 4 existen aproximadamente 30 metros de línea subterránea (cable aluminio forrado), la misma no se encuentra bajo ningún tipo de norma de construcción vigente, esto podría provocar un considerable y acelerado desgaste del aislamiento del conductor, estas dos situaciones críticas del sistema podrían provocar fallas importantes que comprometerían el sistema completo del edificio, dentro de las propuestas de rediseño está el sustituir estos elementos.
2. Después de revisar el comportamiento del circuito a través del uso de analizadores de red, termografía y medición de parámetros se evidenció que el cambio en la tecnología de iluminación presentaría reducciones importantes en el consumo de energía eléctrica además de ser un proyecto en el cual podría recuperarse la inversión en el 50 % del tiempo de vida útil, ya que la tasa interna de retorno se sitúa en 13 años y el proyecto tiene una vida útil de 25 años pues la tecnología de iluminación del edificio actualmente es fluorescente. Se ha demostrado mediante cálculos, cómo el cambio de tecnología, presenta una solución en materia de eficiencia. Por la particularidad de ser un edificio para

exhibiciones, cualquier tipo de mejora es sostenible y rentable en el tiempo sin muchos cambios y puede rentabilizarse rápidamente, ya que la curva de consumo es prácticamente lineal y constante.

3. Se han dado charlas de capacitación a la actual administración del museo para mostrar la forma en que se realiza el cálculo y cobro de los kilovatios de energía y los metros de agua consumidos, en la actualidad es de mucho beneficio para los colaboradores, pues se ha logrado aclarar un panorama desconocido y abrió el espacio para poner en marcha posibles prácticas que puedan reducirlo.
4. Después de realizar el levantamiento completo del recinto fue posible la elaboración de un juego de planos eléctricos en AutoCAD, una copia fue entregado al Ministerio de Energía y Ambiente, también a la administración del museo.
5. Con base en la encuesta realizada se evidenció una serie de tendencias de consumo, las cuales podrían mejorar más la eficiencia en el consumo energético del edificio, ya que muchas de las pérdidas evidenciadas en el análisis son producto de malas prácticas o del uso de tecnología obsoleta.
6. En el anexo se encuentra una guía del sistema eléctrico para impresión, esta tiene la función de disponer con un documento con información básica de la red eléctrica del museo y una serie de recomendaciones para operar o reparar dicho sistema al presentar una falla.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una revisión de la red y un análisis de carga anualmente, esto con el fin de visualizar la curva de carga al colocar nuevamente un analizador de redes y realizar una inspección visual del circuito, esto podrá dotar de información importante que sirva para la toma de decisiones para futuras remodelaciones o mantenimientos preventivos.
2. Se ha elaborado un juego de planos del sistema eléctrico del edificio en formato digital (autoCAD), es necesario actualizar todas las adecuaciones que tenga el sistema a lo largo del tiempo.
3. Mantener en un lugar visible y con conocimiento de los colaboradores del museo, una copia de la guía del sistema eléctrico, de tal manera que ante cualquier falla o duda se pueda consultar fácilmente.
4. Elaborar un plan para documentar todas las mejoras, fallas y hallazgos importantes del sistema energético del edificio (eléctrico e hídrico), esto con el fin de contar con registros y una historia de eventos, los cuales son mucha ayuda para futuros mantenimientos, ampliaciones y cualquier decisión de operación del sistema.
5. El presente trabajo de graduación ha demostrado la rentabilidad de utilizar energía solar como parte complementaria, esto a su vez tendría un impacto importante en la reducción de toneladas de gases de efecto invernadero.

6. Actualmente el museo tiene conectada a su toma de agua una vivienda, la cual es utilizada por colaboradores estatales, es urgente independizar este suministro, pues actualmente el consumo del museo es la suma del mismo más dicha vivienda, por ende, no es posible calcular con exactitud la cantidad de metros cúbicos de consumo del museo, además, no existe un control de consumos o fugas en dicha vivienda lo cual daña aún más el tema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas técnicas del servicio de distribución (NTSD)*. Guatemala, 2003. 114 p.
2. _____. *Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID)*. Guatemala, 1995. 52 p.
3. Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala. *Acuerdo gubernativo 229-2014 y sus reformas. Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional*. Guatemala, 2014. 82 p.
4. Ley General de Electricidad. *Marco Legal del Sub Sector Eléctrico de Guatemala, Compendio de Leyes y Reglamentos*. 2013. 123 p.
5. (NEC) National Electrical Code NEC/NFPA70 2014. 121 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Evidencia de lecturas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Instalación subterránea de edificio (acometida)**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cotización lámparas

				Fecha: 03/09/18
				Hora: 15:24:06
				Página: 1
N.I.T.	1839710-7	Proforma No.	1916399	
Nombre	MARIO ESCOBAR	Guatemala,	03/09/18	
Dirección	CIUDAD zona GUATEMALA GUATEMALA			
Comentario (Obra)	Forma de Pago:		EF	EFFECTIVO

Código	Cantidad	Catalogo	Descripción	Precio Unitario	Totales
B0182	32	LT-PAR38/16W-WW	BOMBILLA LED TIPO REFLECTOR PAR38 16W WW 'LIGHT-TEC'	55.0600	1761.92
ZB003043		A19-LED/005/65	BOMBILLA LED CLASICA 14W DL 'TECNO LITE'	20.3700	875.91
TF268	114	LT-TP/18W-M	TUBO LED 48" DL 18W CLARO DE PLASTICO 'LIGHT-TEC'	26.0600	2970.84
B0182	10	LT-PAR38/16W-WW	BOMBILLA LED TIPO REFLECTOR PAR38 16W WW 'LIGHT-TEC'	55.0600	550.60
PLP15	3	1175/M	PLAFONERO SIN CADENA BEIGE 'EAGLE'	4.1300	12.39
ZB003043		A19-LED/005/65	BOMBILLA LED CLASICA 14W DL 'TECNO LITE'	20.3700	61.11
TF268	4	LT-TP/18W-M	TUBO LED 48" DL 18W CLARO DE PLASTICO 'LIGHT-TEC'	26.0600	104.24
TF268	7	LT-TP/18W-M	TUBO LED 48" DL 18W CLARO DE PLASTICO 'LIGHT-TEC'	26.0600	182.42
L1310	1	LT-LB/4W-M	LAMPARA DE EMERGENCIA LED 2X1W 120-277V 'LIGHT-TEC'	127.0000	127.00
Entrega				Valor Total en Quetzales Q.	6,646.43
Vigencia	0	dias			
LOS PRECIOS YA INCLUYEN I.V.A. PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO MATERIAL SUJETO A PREVIA VENTA					
				F) _____	
				Vendedor	RU030 Tp: 12D
SI PAGA CON CHEQUE EMITIR A NOMBRE DE:					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Inventarios de lámparas

Núm. Plano	Hora de medición	Tipo	Tecnología	Estado (B=Buen estado, M=Mal estado)	% buen estado	Luxes	Cuenta con iluminación natural	Potencia total
1	10:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	430	Si	80
2	10:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	288	Si	80
3	10:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	278	Si	80
4	10:24	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	157	Si	25
5	10:25	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	217	Si	25
6	10:26	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	32	Si	25
7	10:34	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	165	Si	25
8	10:41	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
9	10:44	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	0	No	80
10	10:43	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	0	Si	0
11	11:02	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	12	Si	80
12	11:12	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	180	No	80
13	11:10	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	368	Si	80
14	11:14	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	900	Si	80
15	11:16	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	860	Si	80
16	11:17	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1196	Si	80
17	11:19	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	298	Si	80
18	11:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	396	Si	80
19	11:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	78	Si	80
20	11:23	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	162	Si	9
21	11:24	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	98	Si	9
22	11:24	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	7	Si	80
23	11:25	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	62	Si	80
24	11:28	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	336	Si	9
25	11:57	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	320	Si	9
26	11:58	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	277	Si	9

Continuación del apéndice 4.

27	11:59	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	245	Si	9
28	11:59	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	205	Si	9
29	12:00	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	295	Si	9
30	12:00	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	2M	0	590	Si	9
31	12:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	270	Si	80
32	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1660	Si	9
33	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1660	Si	9
34	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
35	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
36	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
37	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1665	Si	9
38	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1665	Si	9
39	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1739	Si	9
40	12:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	910	Si	9
41	12:11	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1650	Si	9
42	12:11	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1850	Si	9
43	12:15	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	100	Si	80
44	12:25	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	285	Si	25
45	12:25	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	285	Si	0
46	12:26	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	350	Si	25
47	12:26	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	350	Si	0
48	12:29	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	830	Si	80
49	12:30	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1950	Si	80
50	12:30	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1950	Si	80
51	12:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	156	Si	80
52	12:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	120	Si	80
53	12:49	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	75	Si	80
54	12:51	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	115	No	80

Continuación del apéndice 4.

55	12:52	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	124	No	80
56	12:54	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	600	Si	80
57	12:55	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1600	Si	80
58	14:16	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	995	Si	80
59	14:17	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	1900	Si	25
60	14:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	75	Si	80
61	14:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	228	Si	80
62	14:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	275	Si	80
63	14:23	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	215	Si	80
64	14:23	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	70	Si	80
65	14:24	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	150	Si	80
66	14:32	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1965	Si	80
67	14:33	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1900	Si	80
68	14:35	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	800	Si	80
69	14:36	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	450	Si	9
70	14:36	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	406	Si	9
71	14:37	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	330	Si	9
72	14:37	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	241	Si	9
73	14:38	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	285	Si	9
74	14:38	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	285	Si	9
75	14:40	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	175	Si	9
76	14:40	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	210	Si	9
77	14:41	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	235	Si	80
78	14:43	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	130	Si	80
79	14:44	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	151	Si	80
80	14:46	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1M	0	110	Si	9
81	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1M	0	190	Si	9
82	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	715	Si	9
83	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	425	No	9

Continuación del apéndice 4.

84	14:46	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	655	No	9
85	14:47	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	245	Si	9
86	14:47	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	460	Si	9
87	14:49	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	513	Si	9
88	14:50	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	242	Si	9
89	14:52	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	339	Si	9
90	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
91	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	69	No	25
92	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
93	13:49	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	60	No	25
94	13:50	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	12	No	40
95	13:50	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
97	13:45	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	7	No	50
98	13:46	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	25	No	25
99	13:46	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	12	No	25
100	13:47	Lámpara de emergencia de 2 focos	Fluorescente	2M	0	7	No	50
101	13:45	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	7	No	50
102	13:46	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	20	No	25
103	13:45	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	5	No	80
104	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	12	No	25
105	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	17	No	25
106	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	18	No	25
107	13:35	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	35	Si	50
108	13:35	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	22	Si	50
109	14:10	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25
110	14:10	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25

Continuación del apéndice 4.

111	14:11	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	21	No	25
112	14:11	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	21	No	25
113	14:18	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
114	14:18	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
115	14:18	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25
116	13:39	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1M	0	5	No	40
117	14:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	21	No	80
118	14:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	21	No	80
119	13:48	Fluorescente de 4 tubos	Fluorescente	2B2M	0.5	210	No	160
120	14:27	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	65	Si	25
121	14:28	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	35	Si	25
122	15:44	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
123	15:45	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	722	Si	25
124	15:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	210	Si	80
125	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	150	No	80
126	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	184	No	80
127	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	173	No	80
128	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	147	No	80
129	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	167	No	80
130	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	170	No	80
131	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	191	No	80
132	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	207	No	80
133	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	184	No	80
134	15:06	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	1	207	Si	25
135	15:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	226	No	80
136	15:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	266	No	80
137	15:05	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	190	Si	25
138	14:57	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	45	Si	24
139	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	512	Si	9

Continuación del apéndice 4.

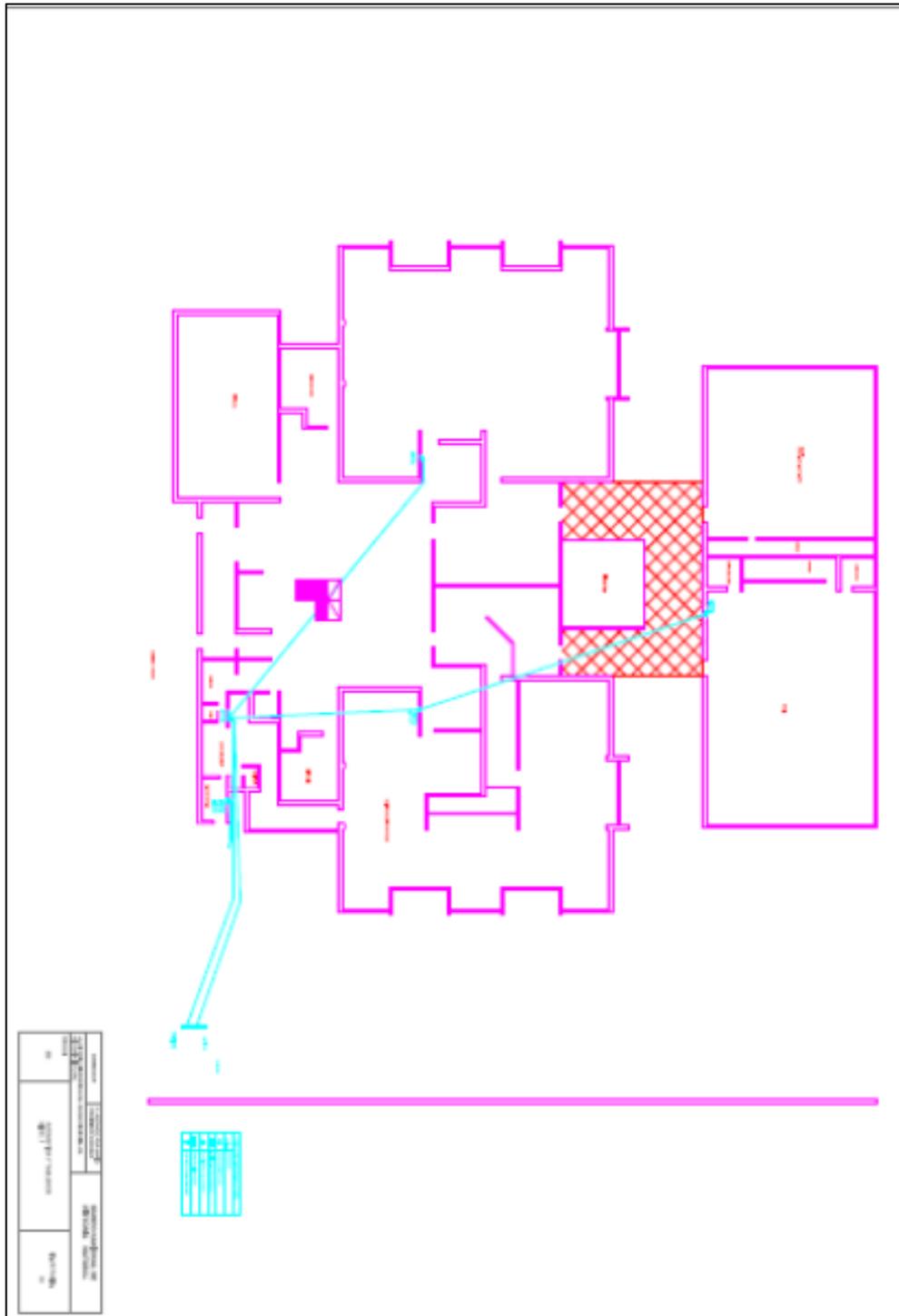
140	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	512	Si	9
141	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	510	Si	9
142	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
143	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
144	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
145	11:09	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	566	Si	80
146	14:00	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	16	No	40
147	14:00	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	16	No	40
148	14:15	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	5	No	25
149	14:15	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	14	Si	25
150	11:00	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	15	Si	80
151	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
152	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
153	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
154	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
155	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
156	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
157	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
158	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
159	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
160	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
161	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
162	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50

Continuación del apéndice 4.

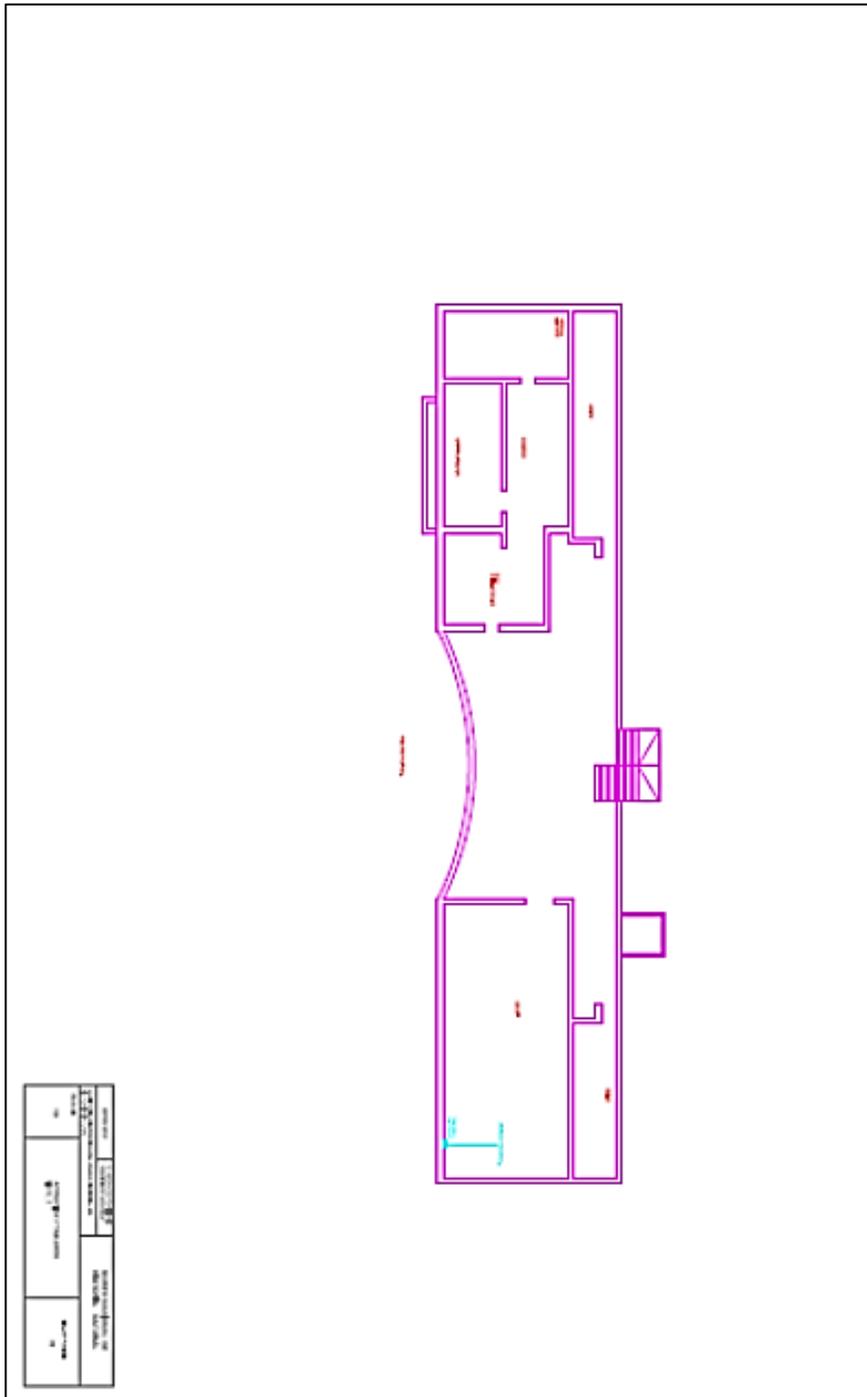
163	11:40	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
164	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
165	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
166	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
167	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
168	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
169	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
170	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
171	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
172	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
173	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
174	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
175	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
176	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
177	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
178	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
179	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
180	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
181	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
182	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
183	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Planos tableros nivel 1 y 2

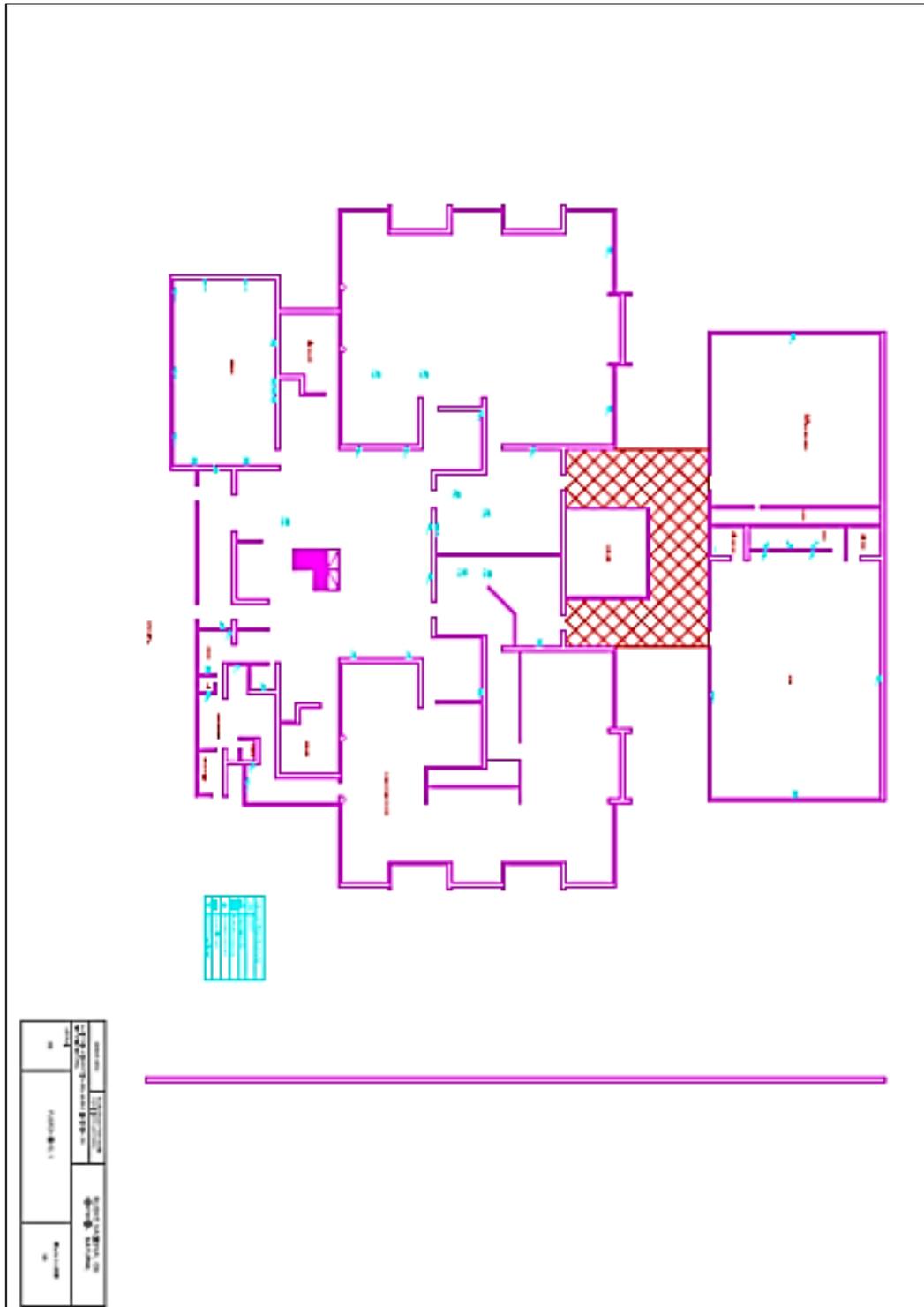


Continuación del apéndice 5.

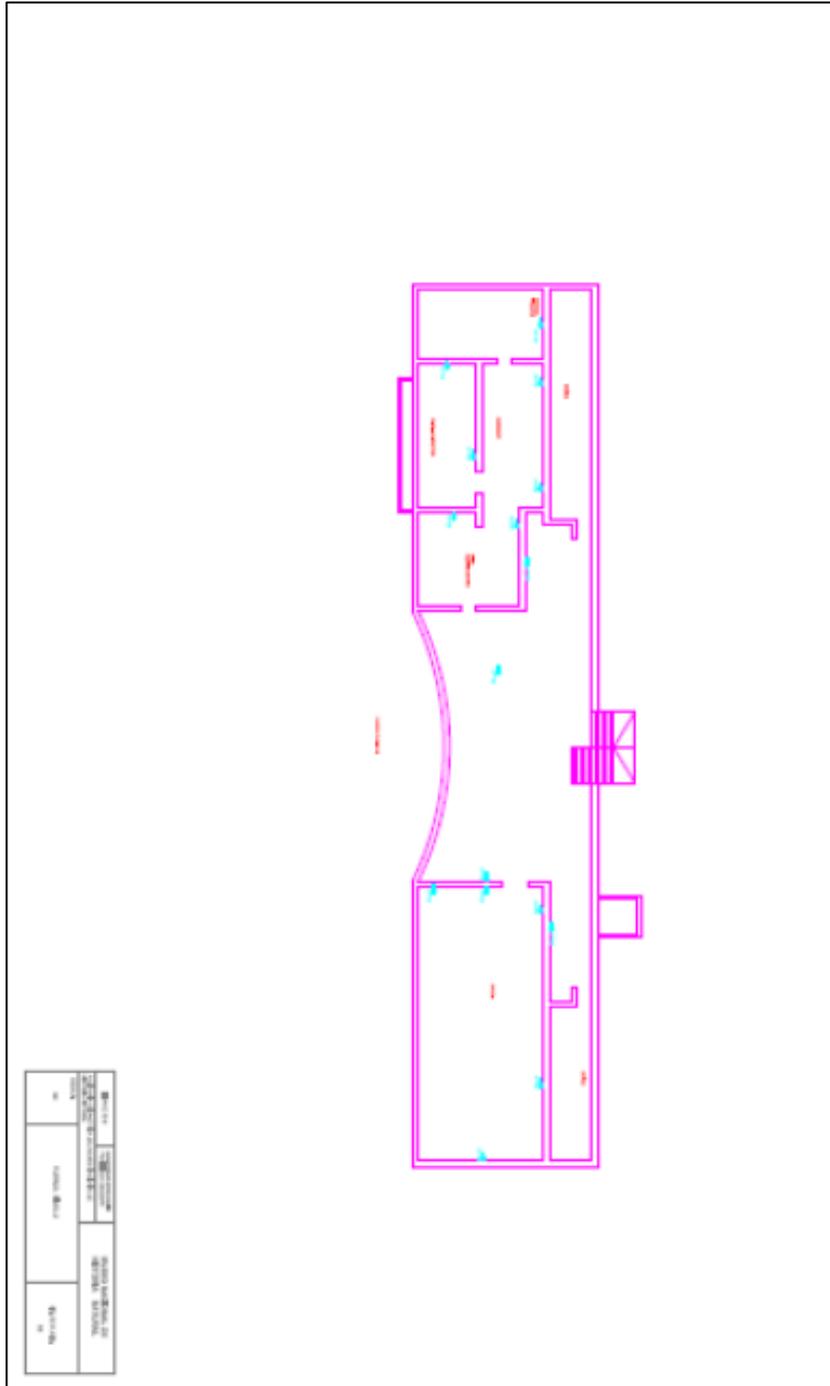


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 6. Planos de fuerza nivel 1 y 2

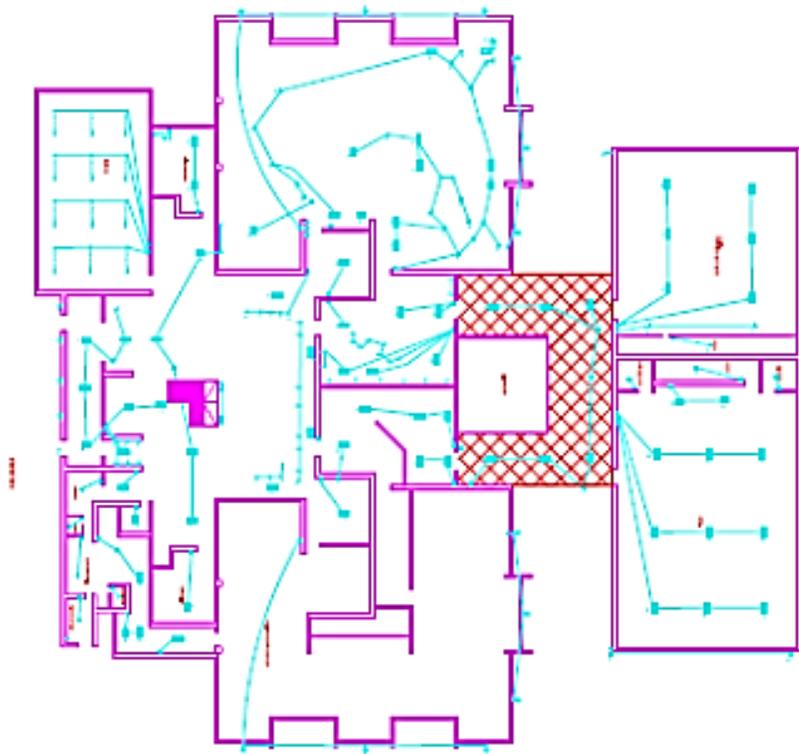


Continuación del apéndice 6.



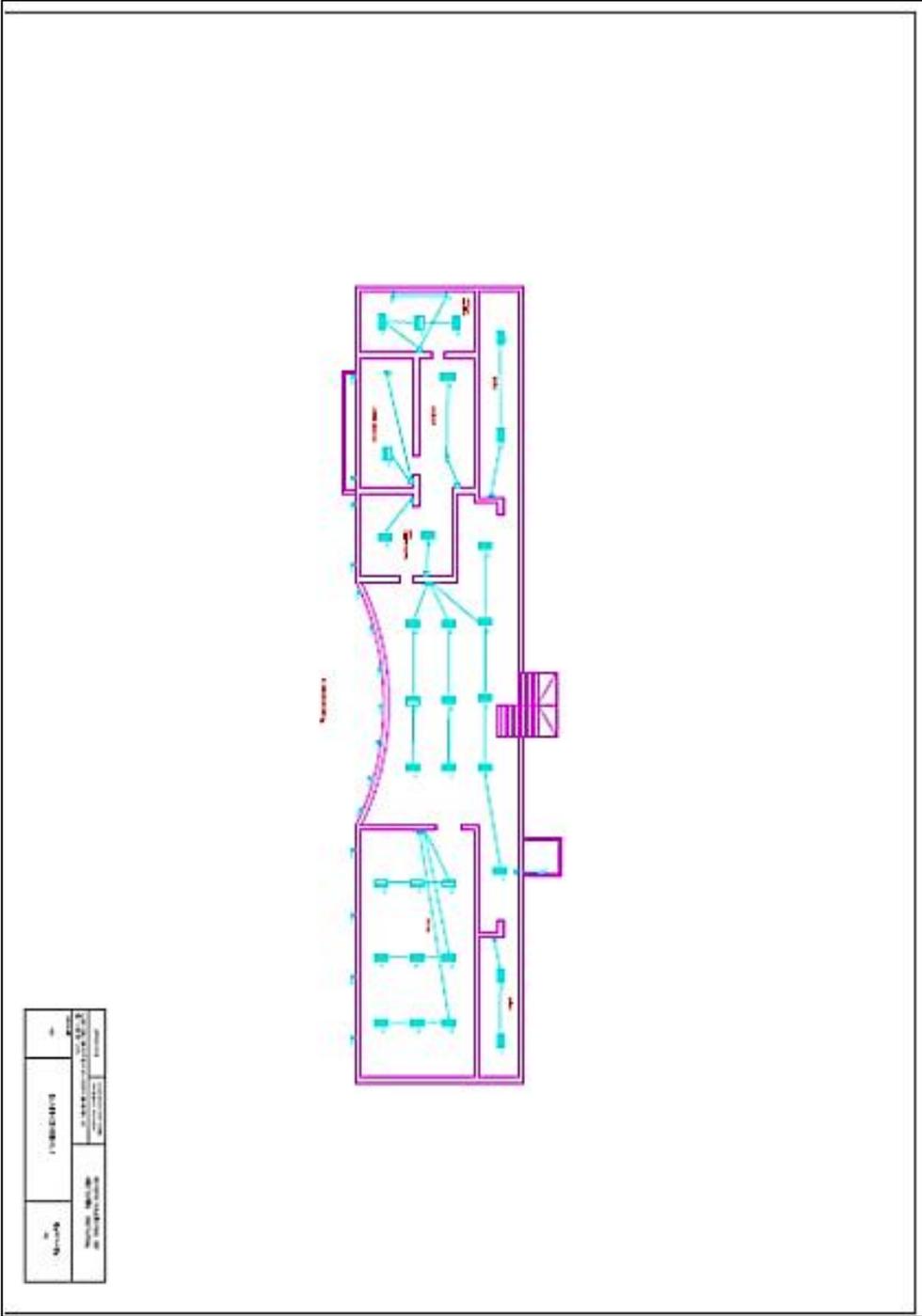
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 7. Planos de iluminación nivel 1 y 2



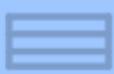
PROYECTO	PLANOS DE ILUMINACIÓN NIVEL 1 Y 2
FECHA	2023/05/15
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
CLIENTE	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ESCALA	1:100

Continuación del apéndice 7.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 8. **Nomenclatura eléctrica en planos, IEC 60617**

TABLA DE NOMENCLATURA	
	APAGADOR
	TOMACORRIENTE 120V
	ILUMINARIA DE 3 CANDELAS
	PLAFONERA O OJO DE BUEY
	TABLERO EMPOTRADO
	PROYECTOR DE ILUMINACION

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Extracto NTDOID

TABLA No. 2
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES DE CONDUCTORES SOBRE
VIAS FERREAS, EL SUELO O AGUA

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas aterrizadas, conductores neutros y cables eléctricos aislados (m)	Cables suministradores aislados de más de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 – 750 V (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 750 V a 22 kV. (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 22 a 470 kV. (m)
Vías férreas	7.2	7.5	8.1	8.1 + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	4.7	5.0	5.6	5.6 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	2.9	3.8	4.4	4.4 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aguas donde no está permitida la navegación	4.0	4.6	5.2	5.2 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:				
a) Hasta 8 ha	5.3	5.6	6.2	6.2/8.7/10.5 ó 12.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
b) Mayor a 8 hasta 80 ha	7.8	8.1	8.7	
c) Mayor de 80 hasta 800 ha	9.6	9.9	10.5	
d) Arriba de 800 ha	11.4	11.7	12.3	

Nota: todas las tensiones son dadas de fase a tierra

Continuación del anexo 1.

TABLA No. 3
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES ENTRE
CONDUCTORES Y CABLES SOPORTADOS POR DIFERENTES ESTRUCTURAS

NIVEL INFERIOR	NIVEL SUPERIOR			
	Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas (m)	Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V, (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 750 V-22 kV. (m)
Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas	0.60 ⁽¹⁾	0.60 ⁽¹⁾	0.60	0.60
Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación	----	0.60 ⁽¹⁾	1.20	1.50
Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V	----	----	0.60	0.60
Conductores Suministradores de línea abierta de 750 V-22 KV.	----	----	----	0.60

Notas:

- (1) La distancia puede ser reducida cuando ambas retenidas estén eléctricamente interconectadas
- (2) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos efectivamente aterrizados.

Continuación del anexo 1.

TABLA 3A
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE CONDUCTORES Y CABLES A
EDIFICIOS, ANUNCIOS, CARTELES, CHIMENEAS, ANTENAS DE RADIO Y
TELEVISION Y OTRAS INSTALACIONES

Conductor o Cable	Distancia de seguridad horizontal requerida cuando es desplazada por el viento. m
Conductores de suministro en línea abierta , 0 a 750 V	1.1
Cables que cumplen con 18.1 C2, mayor de 750V.	1.1
Cable que cumple con 18.1 C3, mayor de 750 V	1.1
Conductores de suministro de línea abierta con tensiones superiores a 750 V hasta 22KV	1.4

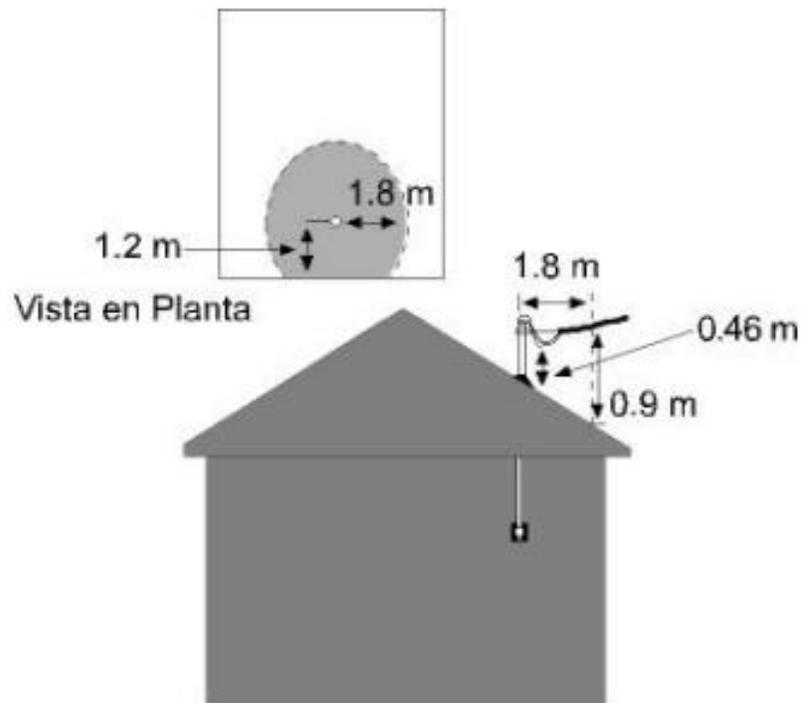


FIGURA No. 1
Distancia de Seguridad de Acometidas
de Hasta 750V.

Continuación del anexo 1.

TABLA No 4.
DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE CONDUCTORES A EDIFICIOS Y OTRAS INSTALACIONES

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE		Conductores y cables de comunicación aislados, mensajeros, retenidas aterrizadas y no aterrizadas expuestas a tensiones de hasta 300 V, conductores neutrales que cumplen con 18.1 E1, cables de suministro que cumplen con 18.1 C1.	Cables Suministradores de 0 a 750 V que cumplen con 18.1C2.	Partes Rígidas Energizadas No protegidas de 0-750 V, conductores de comunicación no aislados, carcassas de equipo no aterrizado, retenidas no aterrizadas expuestas a conductores abiertos de suministro de 300 a 750 V	Cables Suministradores de más de 750V que cumplen con 18.1C2 ó 18.1C3. Conductores Suministradores en línea abierta de 0 a 750 V.	Partes Rígidas Energizadas No protegidas de 750V-22kV, carcassas de equipo no aterrizado, retenidas no aterrizadas expuestas a tensiones de 750 V a 22 kV.	Conductores Suministradores en línea abierta de 750 V-22 kV.
		m	m	m	m	m	m
Edificios	Horizontal a paredes, ventanas y áreas accesibles a personas	1.4 ^(1,2)	1.5 ^(1,2)	1.5 ^(1,2)	1.7 ^(1,4)	2.0 ^(1,2)	2.3 ^(1,5,6)
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas no accesibles a personas	0.9	1.10	3.0	3.2	3.6	3.8
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas accesibles a personas y vehículos además de vehículos pesados (Nota 3)	3.2	3.4	3.4	3.5	4.0	4.1
	Vertical arriba de techos accesibles al tránsito de vehículos pesados (Nota 3)	4.7	4.9	4.9	5.0	5.5	5.6
Anuncios, chimeneas, antenas, etc.	Horizontal	0.9	1.07	1.5 ⁽¹⁾	1.7 ^(1,4)	2.0 ⁽¹⁾	2.3 ^(1,2,5,6)
	Vertical arriba o abajo de cornisas y otras superficies sobre las cuales pueden caminar personas	3.2	3.4	3.4	3.5	4.0	4.1
	Vertical arriba o abajo de otras partes de tales instalaciones	0.9	1.07	1.7	1.8 ⁽¹⁾	2.45	2.3

Continuación del anexo 1.

**CAPITULO IV
METODOS DE PUESTA A TIERRA**

Artículo 28. Objetivo. El objetivo de éste capítulo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, para usarlos en lugares donde la puesta a tierra es requerida como uno de los medios para salvaguardar al público y los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico. Este capítulo solamente se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de las líneas eléctricas, los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deberán estar conectados a tierra, se encuentran en otros capítulos (TITULO II, CAPITULOS I,II,III)de estas Normas.

Artículo 29. Punto de Conexión del conductor de puesta a tierra.

29.1 Sistemas de corriente alterna:

- A) *Hasta 750 V.* La Puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de 4 hilos, o de un sistema monofásico de 3 hilos, , deberá hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la Puesta a tierra deberá hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.
La Puesta a tierra deberá hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.
- B) *Más de 750 V.* Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla) la Puesta a tierra deberá hacerse al neutro, en la fuente de alimentación. Si se desea conexiones adicionales a lo largo de la trayectoria del neutro, se puede hacer cuando éste sea uno de los conductores del sistema.
- C) *Conductor de puesta a tierra separado.* Si se usa un conductor de puesta a tierra separado, añadido a un cable subterráneo, deberá ser conectado en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que estos vayan conectados a tierra. Este conductor deberá estar colocado en el mismo ducto que los conductores del circuito.

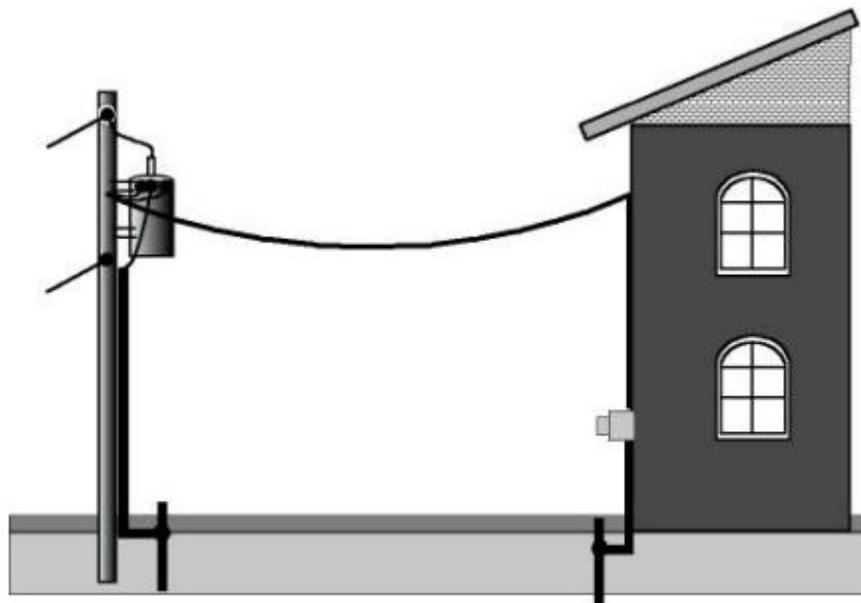


FIGURA No. 14
Puesta a tierra en la Fuente y
en la Carga

Continuación del anexo 1.

Artículo 30. Conductor de puesta a tierra y medios de conexión.

30.1 Composición de los conductores de puesta a tierra:

En todos los casos, los conductores de puesta a tierra deberán ser de cobre u otros metales o aleaciones que minimicen la corrosión durante su vida útil prevista. De ser posible, no deberán tener empalmes; si los empalmes son inevitables, deberán estar fabricados y conformados de tal forma que no se incremente notablemente la resistencia del conductor y también deberán tener adecuadas características mecánicas y de resistencia a la corrosión. La estructura metálica de un edificio o de otra construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo a tierra;

30.2 Desconexión del conductor de puesta a tierra:

En ningún caso deberá insertarse un dispositivo de desconexión en el conductor de puesta a tierra.

30.3 Medios de conexión:

La conexión del conductor de puesta a tierra y los diferentes elementos a que está unido, deberá hacerse por medios que igualen las características del propio conductor y que sean adecuadas para la exposición ambiental. Estos medios incluyen soldaduras y conectores mecánicos o de compresión.

30.4 Capacidad de corriente y resistencia mecánica:

- A) *Para sistemas conectados a tierra en un solo punto.*

Fuente: CNEE. Extracto NTDOID. <http://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/1999/47-99.pdf>.

Consulta: 13 de agosto de 2018.

Anexo 2. Extracto Ley General de Electricidad

La Comisión Pericial se pronunciará sobre las discrepancias dentro de un plazo de sesenta (60) días, contado desde su conformación. Dicho pronunciamiento deberá estar fundamentado en el marco legal vigente y conforme a los términos de referencia a que se refiere el artículo 74 de la Ley.”

“Artículo 99.- Aplicación de las Tarifas. (Reformado mediante Acuerdo Gubernativo No. 787-2003, del 5 -12 -2003, publicado el 16-1-2004 y entró en vigencia el 17-1-2004).

Una vez aprobado el estudio tarifario a que se refieren los artículos anteriores, la Comisión procederá a fijar las tarifas definitivas a partir de la fecha en la que se aprobó el estudio definitivo y deberá, en el momento que así lo resuelva, publicarlas en el Diario de Centroamérica, en un plazo que nunca podrá exceder de nueve meses contados a partir de la fecha de vencimiento de la vigencia de los cinco años del pliego tarifario anterior. En caso que la Comisión no haya publicado las nuevas tarifas, se seguirán aplicando las del pliego tarifario anterior con sus formulas de ajuste. Las tarifas se aplicarán a partir del primer día del mes siguiente de su publicación.

En ningún caso la actividad de Distribución Final del servicio de electricidad puede llevarse a cabo sin

CAPITULO V

CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN FINAL

Artículo 101.- Responsabilidad y Alcance. El Distribuidor tiene la responsabilidad de prestar el servicio público de Distribución a todos sus usuarios y Grandes usuarios ubicados en su área obligatoria dentro de su zona de autorización, y cumplir con las obligaciones de servicio técnico y comercial establecidas en el presente reglamento y en las normas técnicas que emita la Comisión.

Artículo 102.- Fiscalización de la Calidad del Servicio. El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio, será fiscalizado por la Comisión, mediante los indicadores que se establecen en el presente Reglamento y las Normas Técnicas que emita la Comisión.

Artículo 103.- Parámetros a Controlar. La calidad de servicio se medirá tomando en cuenta los siguientes parámetros:

1. Calidad del producto
 - a) Nivel de tensión,

Continuación del anexo 2.

Reglamento de la Ley General de Electricidad

- b) Desequilibrio de fases, donde el distribuidor compra electricidad y otros que defina la Comisión.
 - c) Perturbaciones, oscilaciones rápidas de tensión o frecuencia, y distorsión de armónicas, b) Cantidad de reclamos recibidos durante el semestre, discriminados por causa, incluyendo tiempos medios de resolución.
 - d) Interferencias en sistemas de comunicación.
2. Calidad del servicio técnico.
- c) Cantidad de facturas emitidas por tipo de consumidor y los índices de estimaciones realizados, discriminando por motivo de estimación.
 - e) Frecuencia media de interrupciones, d) Cantidad de servicios realizados agrupados por tipo de consumidor, por banda de potencia y por casos en que sea necesaria o no la modificación de la red, especificando en todos los casos los tiempos medios de ejecución.
 - f) Tiempo total de interrupción,
 - g) Energía no suministrada.
3. Calidad del servicio comercial
- e) Cantidad de cortes realizados por falta de pago durante el semestre, indicando los tiempos medios de restitución del suministro, una vez efectuado el pago.
 - h) Reclamo de los consumidores,
 - i) Facturación,
 - j) Atención al consumidor.

Los objetivos de calidad del servicio y las sanciones por incumplimiento, se podrán fijar en forma regional, a fin de tener en cuenta los costos locales asociados a la atención del servicio y las características del consumo.

“Artículo 104.- Información para Medición de Calidad del Servicio. (Reformado por el artículo 22, Acuerdo Gubernativo No. 68-2007). El distribuidor tendrá la obligación de efectuar a su costo el registro de la información para la determinación de los indicadores descritos en el presente Reglamento, de acuerdo a lo que establezcan las normas técnicas que emita la Comisión.

Toda la información procesada, deberá ser almacenada por el Distribuidor en registro informático computarizado y de fácil acceso por un período no inferior a cinco (5) años y deberá estar en todo momento a disposición de la Comisión. El distribuidor presentará informes semestrales, según las normas técnicas que emita la Comisión, incluyendo por lo menos lo siguiente:

- a) Índices o indicadores de continuidad de suministro, perfiles de tensión, desvíos a los límites admisibles y los desequilibrios entre fases por encima de los límites admisibles, en cada nodo

El registro de los casos en los cuales se hayan excedido en los plazos establecidos para la restitución del suministro, indicando los datos del consumidor afectado y tiempo transcurrido hasta la restitución del suministro.

- f) Cantidad de quejas recibidas, agrupándolas de acuerdo a lo establecido por la Comisión.

La Comisión dentro de sus facultades de fiscalización y control, podrá auditar cualquier etapa del proceso de determinación de indicadores, así como también exigir presentaciones periódicas y ampliadas de la actualización de la información. Para cumplir con estos objetivos podrá contratar firmas consultoras especializadas.”

Artículo 105.- Continuidad del Suministro. La calidad del servicio prestado se evaluará en base a índices o indicadores que reflejen la frecuencia y el tiempo total de las interrupciones del suministro, los cuales se calcularán con la metodología establecida en las NTSD. Se considera que el Distribuidor no cumple con el nivel de calidad de servicio técnico, cuando supera los valores admitidos para cada índice en cada etapa, definidos en las NTSD.

Anexo 3. Extracto NTC 2050 (apéndice C)

Tabla C1. Número máximo de conductores y conductores para aparatos en tuberías eléctricas metálicas -tipo EMT (según la [Tabla 1](#) del Capítulo 9)

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial mm pulgadas									
	mm ²	AWG/kcmil	16 ½	21 ¾	27 1	35 1¼	41 1½	53 2	63 2½	78 3	91 3½	103 4
RH	2,08	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	3,30	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
RHH, RHW, RHW-2	2,08	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
	3,30	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
RH, RHH, RHW, RHW-2	5,25	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8,36	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	13,29	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	21,14	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	26,66	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	33,62	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	42,20	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	53,50	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	67,44	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	85,02	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	107,21	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	126,67	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	152,01	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	253,35	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	354,69	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	380,02	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	405,36	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
456,03	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	
506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	
633,38	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
760,05	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
886,73	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
1013,4	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
TW	2,08	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	3,30	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	5,25	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8,36	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	2,08	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW	3,30	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	5,25	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177

Continuación del anexo 3.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial															
	mm ²	AWG/ kcmil	mm															
			16	21	27	35	41	53	63	78	91	103						
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	8,36	8	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	13,29 21,14 26,66 33,62 42,20 53,50 67,44 85,02 107,21 126,67 152,01 177,34 202,68 253,35 304,02 354,69 380,02 405,36 456,03 506,70 633,38 760,05 886,73 1013,4	6 4 3 2 1 1/0 2/0 3/0 4/0 250 300 350 400 500 600 700 750 800 900 1000 1250 1500 1750 2000	1 1 1 1 1 0	3 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	4 3 3 2 1	6 5 4 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	8 7 6 5 4 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	11 10 9 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9	48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25	63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39	81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57					
THHN, THWN, THWN-2	2,08 3,30 5,25 8,36 13,29 21,14 26,66 33,62 42,20 53,50 67,44 85,02 107,21 126,67 152,01 177,34 202,68 253,35 304,02 354,69 380,02 405,36 456,03 506,70	14 12 10 8 6 4 3 2 1 1/0 2/0 3/0 4/0 250 300 350 400 500 600 700 750 800 900 1000	12 9 5 3 2 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22 18 10 6 4 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	35 28 18 9 7 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	61 45 28 18 12 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	84 61 38 22 16 10 8 7 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	138 101 83 38 26 16 13 11 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	241 178 111 64 46 28 24 20 15 12 10 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3	364 266 167 96 69 43 36 30 22 19 16 13 11 9 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3	476 347 219 126 91 56 47 40 29 25 20 17 14 11 10 9 8 7 6 5 4 3 3 3	608 443 279 161 116 71 60 51 37 32 26 22 18 15 13 11 10 9 8 7 6 5 4 4						

Continuación del anexo 3.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial									
	mm ²	AWG/ kcmil	mm									
			Pulgadas									
			16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
			½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
FEP,	2,08	14	12	21	34	60	81	134	234	354	462	590
FEPB,	3,30	12	9	15	25	43	59	98	171	258	337	430
PFA,	5,25	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
PFAH,	8,36	8	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
TFE	13,29	6	2	4	7	12	17	28	50	75	98	126
	21,14	4	1	3	5	9	12	20	35	53	69	88
	26,66	3	1	2	4	7	10	16	29	44	57	73
	33,62	2	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
PFA, PFAH, TFE	42,20	1	1	1	2	4	6	9	16	25	33	42
PFA, PFAH, TFE,	53,50	1/0	1	1	1	3	5	8	14	21	27	35
Z	67,44	2/0	0	1	1	3	4	6	11	17	22	29
Z	85,02	3/0	0	1	1	2	3	5	9	14	18	24
Z	107,21	4/0	0	1	1	1	2	4	8	11	15	19
Z	2,08	14	14	25	41	72	98	161	282	426	556	711
	3,30	12	10	18	29	51	69	114	200	302	394	504
	5,25	10	6	11	18	31	42	70	122	185	241	309
	8,36	8	4	7	11	20	27	44	77	117	153	195
	13,29	6	3	c	8	14	19	31	54	82	107	137
	21,14	4	1	3	5	9	13	21	37	56	74	94
	26,66	3	1	2	4	7	9	15	27	41	54	69
	33,62	2	1	1	3	6	8	13	22	34	45	57
	42,20	1	1	1	2	4	6	10	18	28	36	46
XHH, XHHW, XHHW-2 ZW	2,08	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	3,30	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	5,25	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8,36	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	13,29	6	1	3	6	10	14	22	39	60	78	100
	21,14	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	72
	26,66	3	1	1	3	6	8	14	24	36	48	61
	33,62	2	1	1	3	5	7	11	20	31	40	51
XHH, XHHW, XHHW-2	42,20	1	1	1	1	4	5	8	15	23	30	38
	53,50	1/0	1	1	1	3	4	7	13	19	25	32
	67,44	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	21	27
	85,02	3/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	107,21	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	6	9	12	15
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	5	8	10	13
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	4	7	9	11
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	380,02	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	405,36	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	456,03	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	633,38	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	760,05	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
	886,73	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1013,4	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Continuación del anexo 3.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial					
	mm ²	AWG/ kcmil	16 ½	21 ¾	27 1	35 1 ¼	41 1 ½	53 2
FFH-2, RFH-2, RFHH-3	0,82	18	8	14	24	41	56	92
	1,31	16	7	12	20	34	47	78
SF-2, SFF-2	0,82	18	10	18	30	52	71	116
	1,31	16	8	15	25	43	58	96
	2,08	14	7	12	20	34	47	78
SF-1, FF-1	0,82	18	18	33	53	92	125	208
AF, RFH-1, RFHH-2, TF, TFF, XF, XFF	0,82	18	14	24	39	68	92	152
	1,31	16	11	19	31	55	74	123
	2,08	14	8	15	25	43	58	96
TFN, TFFN	0,82	18	22	38	63	108	148	244
	1,31	16	17	29	48	83	113	186
PF, PFF, PGF, PGFF, PAF, PTF, PTFF, PAFF	0,82	18	21	36	59	103	140	231
	1,31	16	16	28	46	79	108	179
	2,08	14	12	21	34	60	81	134
ZF, ZFF, ZHF, HF, HFF	0,82	18	27	47	77	133	181	298
	1,31	16	20	35	56	98	133	220
	2,08	14	14	25	41	72	98	161
KF-2, KFF-2	0,82	18	39	69	111	193	262	433
	1,31	16	27	48	78	136	185	305
	2,08	14	19	33	54	93	127	209
	3,30	12	13	23	37	64	87	144
	5,25	10	8	15	25	43	58	96
KF-1, KFF-1	0,82	18	46	82	133	230	313	516
	1,31	16	33	57	93	161	220	362
	2,08	14	22	38	63	108	148	244
	3,30	12	14	25	41	72	98	161
	5,25	10	9	16	27	47	64	105
AX, XF, XFF	3,30	12	4	8	13	23	31	51
	5,25	10	3	6	10	18	24	40

Fuente: CNEE. *Extracto Ley General de Electricidad*. <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>. Consulta:

14 de agosto de 2018.

Anexo 4. **Guía de operación sistema eléctrico**

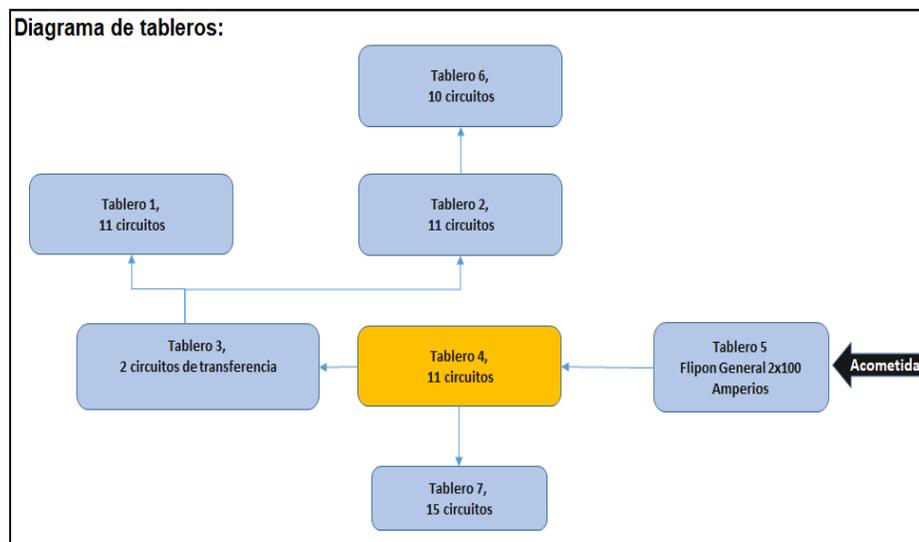
**Guía de utilización y operación de sistema eléctrico.
Museo Nacional de Historia Natural**

Guatemala 27 de septiembre del 2019

Continuación del anexo 4.

1. Operación del sistema:

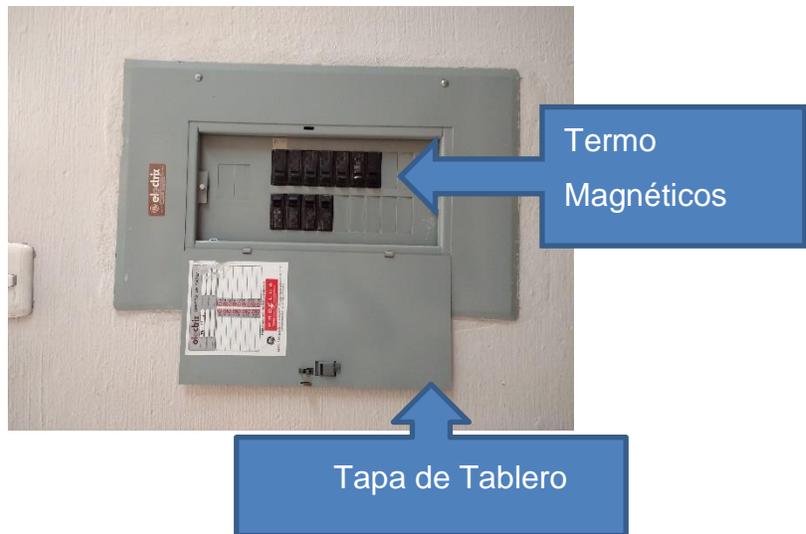
El sistema eléctrico del museo consta de 8 tableros, en los cuales se encuentran distribuidos todos los circuitos del edificio a través de protecciones termo magnéticas, el nivel de tensión se sitúa en 120 – 240 Voltios, a continuación, se muestra un bosquejo macro de la configuración actual:



Cada tablero es de fabricación metálica con su tapa, internamente contiene los interruptores termo magnéticos (flipones), estos tableros deben permanecer cerrados en todo momento y se deberán abrir hasta que sea necesario hacer un corte de energía en un circuito o ante el disparo de un interruptor por falla o sobre corriente.

Continuación del anexo 4.

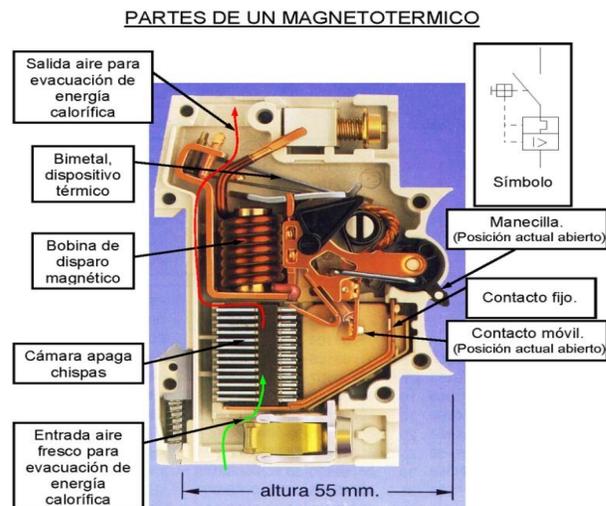
- Partes de un tablero:



- Operación del interruptor termo magnético:

Esos son dispositivos termo magnéticos y cuentan únicamente con dos funciones, siendo encendido “on” y apagado “off”, estos se pueden operar para realizar un corte de energía o se disparan en automático al tener un corto circuito.

Continuación del anexo 4.



2. Mantenimiento Anual

Se recomienda ejecutar un plan anual de mantenimiento al sistema eléctrico, esto con el afán de poder ubicar puntos de falla o posible falla, cabe destacar que para poder realizar esta actividad es necesario contar un electricista certificado para evitar algún accidente.

Dicho plan deberá dividirse en dos etapas:

Continuación del anexo 4.

- **Inspección de general:** consiste en hacer un recorrido de la instalación partiendo desde la acometida y el flipon general, utilizando de guía el plano del circuito, en esta revisión se deberá confirmar si los elementos inventariados inicialmente continúan conectados y su estado actual, de encontrar cualquier cambio se deberá actualizar en la base de datos y en el plano para mantener una base fiable, a continuación, se presenta un formulario adecuado a la instalación del museo:

Numero de elemento en plano	Fecha	Hora de revisión	Tipo de elemento (toma - bombillo - bomba de agua)	Capacidad (Watts)	Estado (B=Buen estado, M=Mal estado)	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Nota: se deberá respetar la numeración en plano, solo de esta forma se podrá cotejar la información versus la base inicial y determinar si se han tenido cambios que requieran actualización.

Continuación del anexo 4.

- **Medición de parámetros:** esta etapa consiste en colocar nuevamente un analizador de redes para poder determinar el comportamiento que está teniendo el circuito general, el mismo se recomienda sea colocado durante una semana completa, además de contar con estas mediciones se podrán hacer mediciones de voltaje en cada tablero del circuito, estas mediciones se deberán hacer por medio de un electricista certificado, tienen el fin de poder determinar si existen caídas de voltaje dentro del complejo a causa de corrosión o contaminación de conexiones.

3. Fallas

Al momento de tener una falla dentro del edificio se deberá proceder a operar el flipon general, el cual se encuentra identificado en plano como “Tablero No. 5” físicamente se encuentra en el jardín junto a la acometida del medidor.

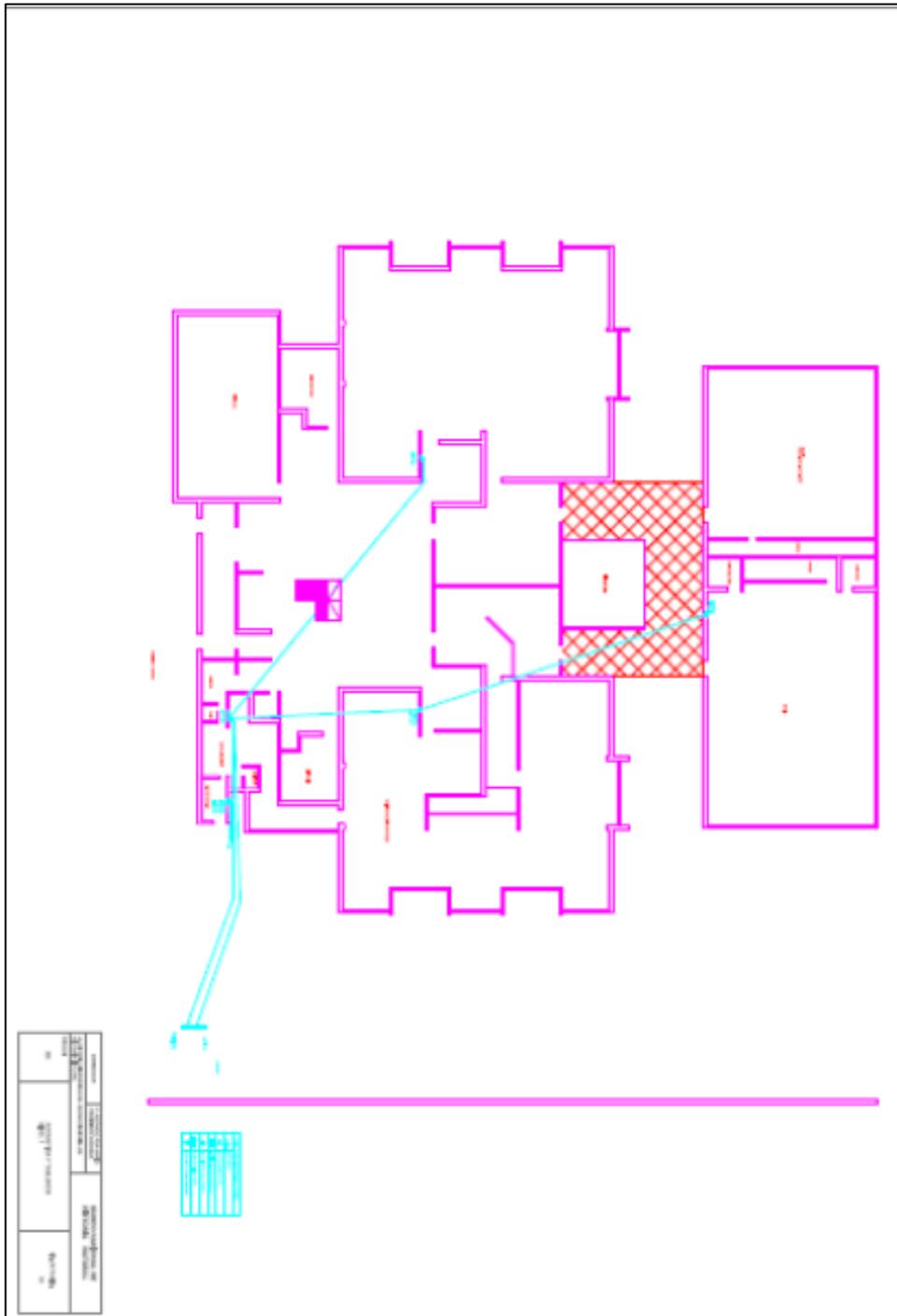
Continuación del anexo 4.

Muy probablemente la falla se contendrá mediante la activación del flipon del circuito con problema, pero previo a realizar cualquier revisión se deberá cortar el suministro para evaluar los daños y definir si es posible aislar la falla, la revisión y aislamiento de falla deberá realizarse por medio de un electricista certificado, la administración podrá únicamente realizar el corte de energía y dar aviso, en caso el recinto completo se quedara sin energía deberán realizar la llamada al departamento de quejas de la empresa eléctrica (teléfono: 2277-7000).

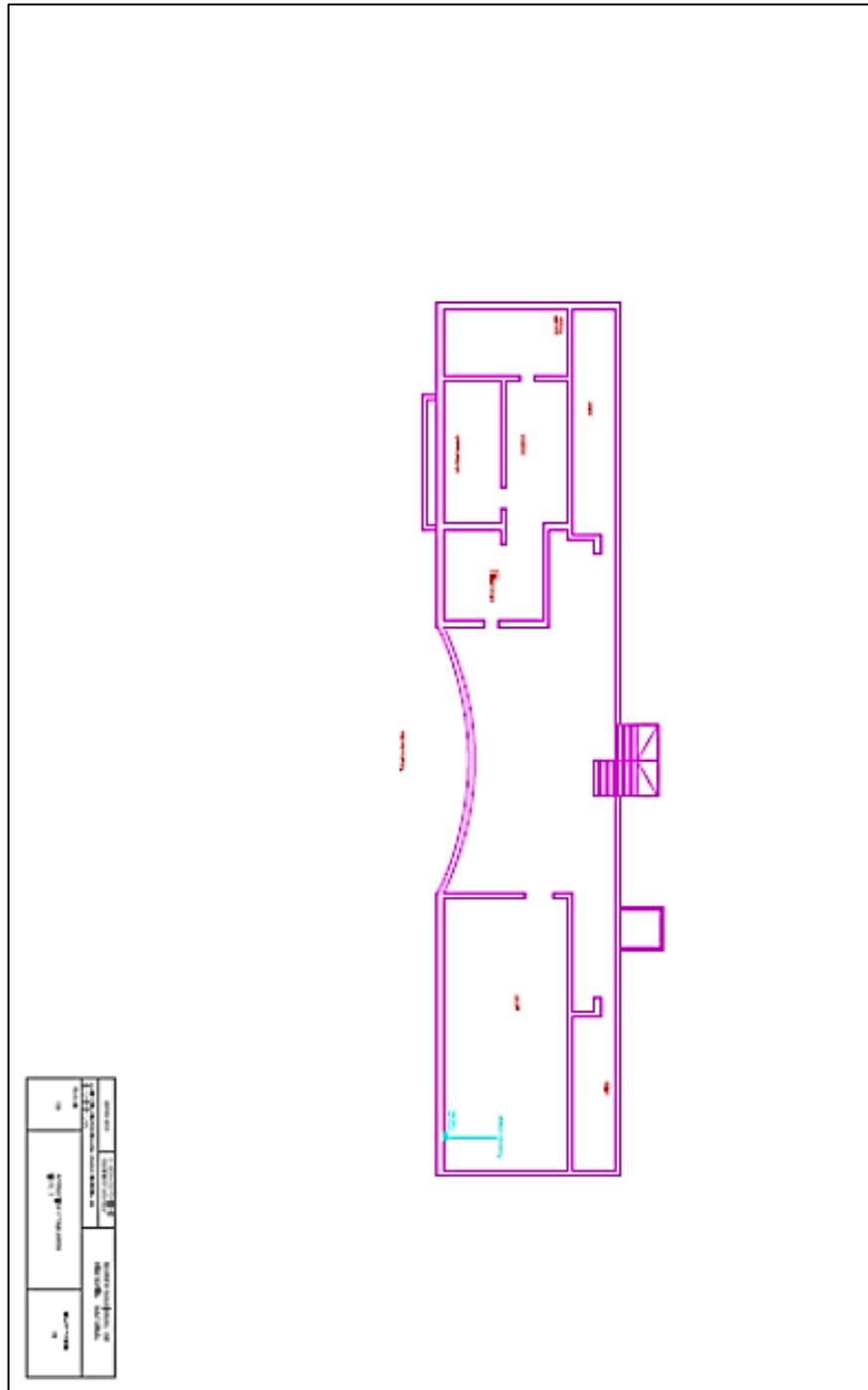
4. Planos

Planos tableros nivel 1 y 2

Continuación del anexo 4.

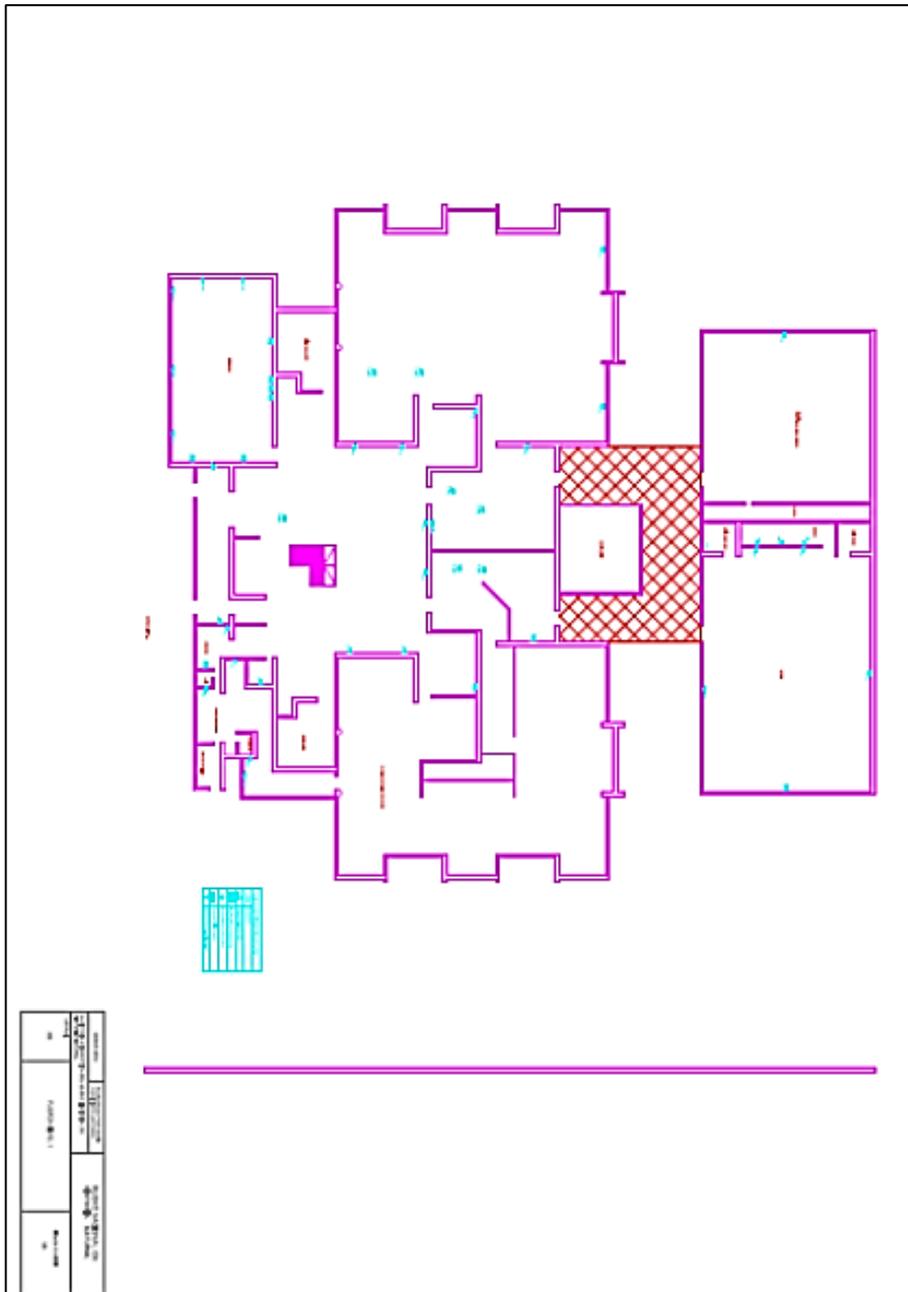


Continuación del anexo 4.

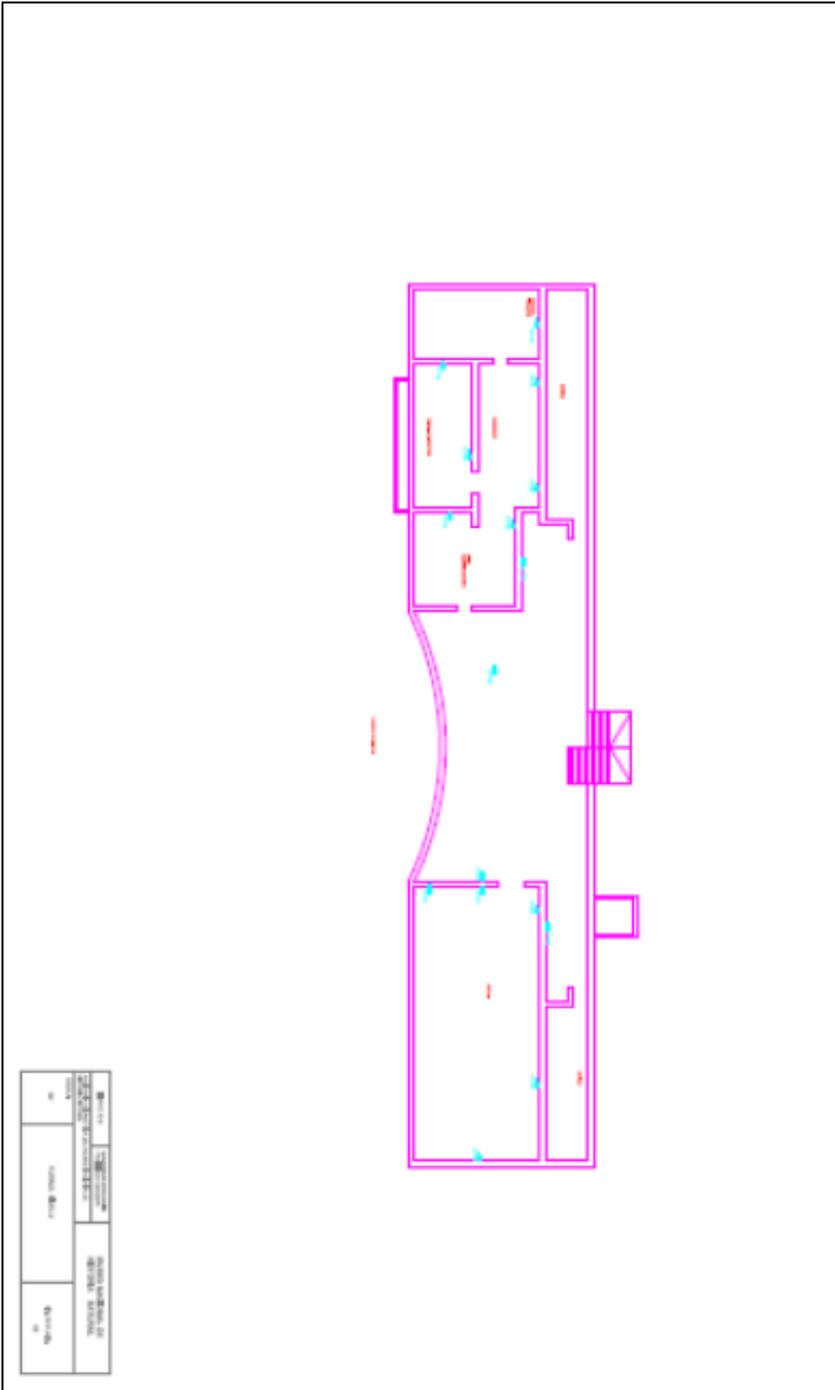


Continuación del anexo 4.

Planos de fuerza nivel 1 y 2

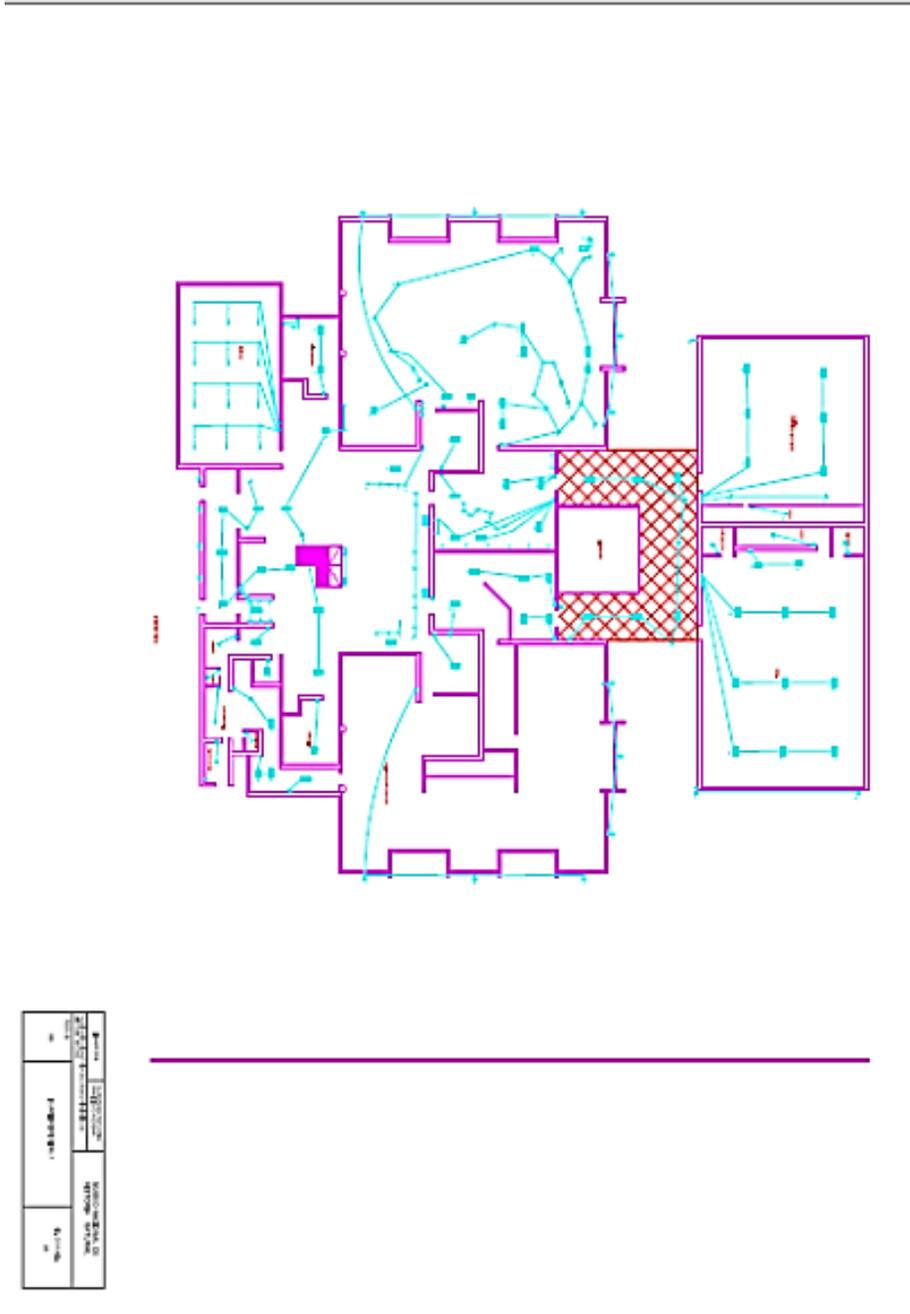


Continuación del anexo 4.

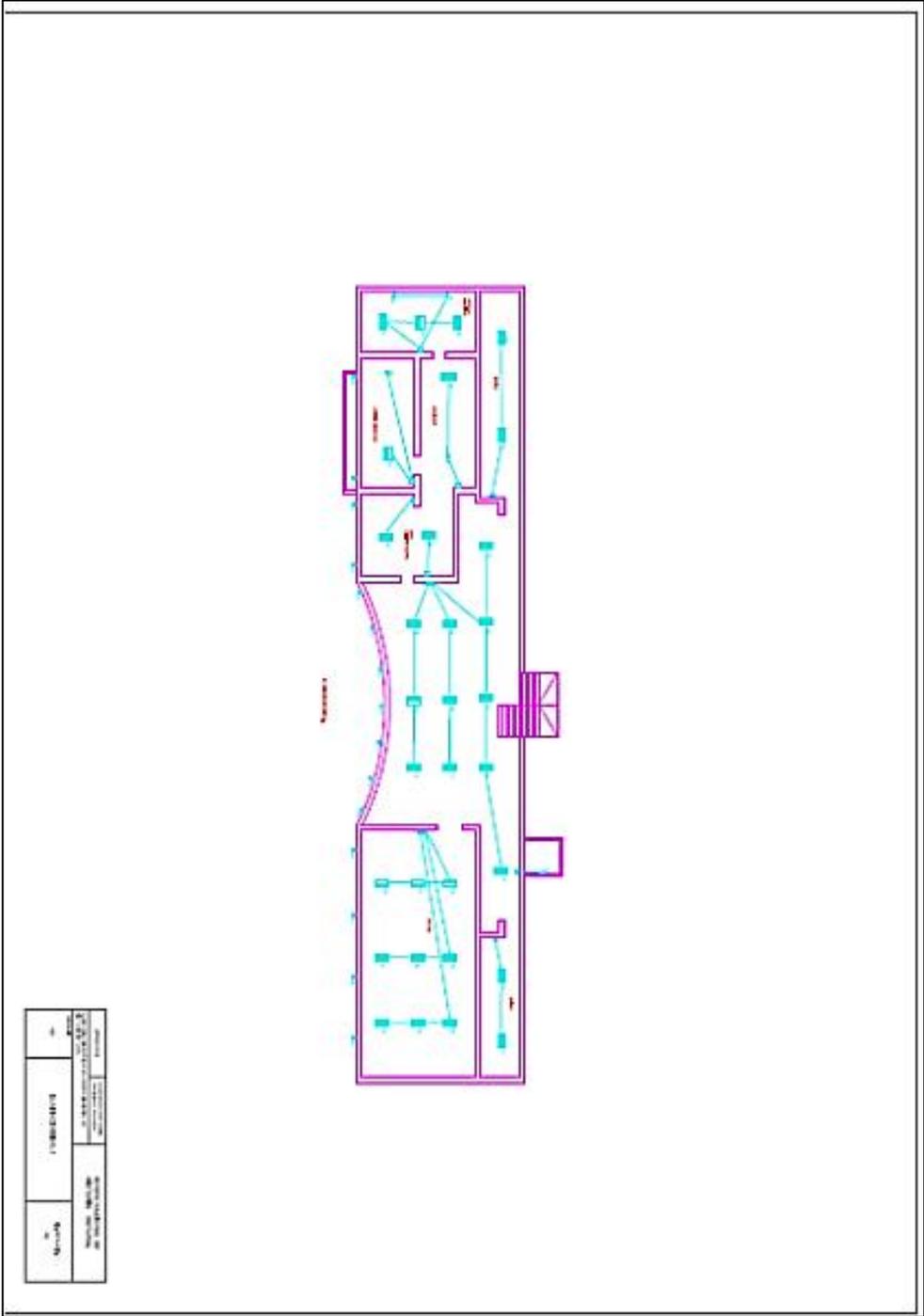


Continuación del anexo 4.

Planos de iluminación nivel 1 y 2



Continuación del anexo 4.



Continuación del anexo 4.

5. Base de datos de luminarias:

Núm. Plano	Hora de medición	Tipo	Tecnología	Estado (B=Buen estado, M=Mal estado)	% buen estado	Luxes	Cuenta con iluminación natural	Potencia total
1	10:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	430	Si	80
2	10:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	288	Si	80
3	10:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	278	Si	80
4	10:24	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	157	Si	25
5	10:25	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	217	Si	25
6	10:26	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	32	Si	25
7	10:34	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	165	Si	25
8	10:41	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
9	10:44	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	0	No	80
10	10:43	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	0	Si	0
11	11:02	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	12	Si	80
12	11:12	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	180	No	80
13	11:10	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	368	Si	80
14	11:14	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	900	Si	80
15	11:16	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	860	Si	80
16	11:17	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1196	Si	80
17	11:19	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	298	Si	80
18	11:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	396	Si	80
19	11:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	78	Si	80
20	11:23	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	162	Si	9
21	11:24	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	98	Si	9
22	11:24	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	7	Si	80
23	11:25	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	62	Si	80
24	11:28	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	336	Si	9

Continuación del anexo 4.

25	11:57	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	320	Si	9
26	11:58	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	277	Si	9
27	11:59	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	245	Si	9
28	11:59	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	205	Si	9
29	12:00	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	295	Si	9
30	12:00	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	2M	0	590	Si	9
31	12:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	270	Si	80
32	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1660	Si	9
33	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1660	Si	9
34	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
35	12:04	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
36	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1700	Si	9
37	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1665	Si	9
38	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1665	Si	9
39	12:05	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1739	Si	9
40	12:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	910	Si	9
41	12:11	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1650	Si	9
42	12:11	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	1850	Si	9
43	12:15	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	100	Si	80
44	12:25	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	285	Si	25
45	12:25	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	285	Si	0
46	12:26	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	350	Si	25
47	12:26	Sin Foco / Plafonera sencilla	Fluorescente	1M	0	350	Si	0
48	12:29	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	830	Si	80
49	12:30	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1950	Si	80
50	12:30	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1950	Si	80
51	12:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	156	Si	80
52	12:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	120	Si	80

Continuación del anexo 4.

53	12:49	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	75	Si	80
54	12:51	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	115	No	80
55	12:52	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	124	No	80
56	12:54	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	600	Si	80
57	12:55	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1600	Si	80
58	14:16	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	995	Si	80
59	14:17	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	1900	Si	25
60	14:21	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	75	Si	80
61	14:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	228	Si	80
62	14:22	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	275	Si	80
63	14:23	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	215	Si	80
64	14:23	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	70	Si	80
65	14:24	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	150	Si	80
66	14:32	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	1965	Si	80
67	14:33	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	1900	Si	80
68	14:35	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	800	Si	80
69	14:36	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	450	Si	9
70	14:36	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	406	Si	9
71	14:37	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	330	Si	9
72	14:37	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	241	Si	9
73	14:38	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	285	Si	9
74	14:38	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	285	Si	9
75	14:40	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	175	Si	9
76	14:40	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	210	Si	9
77	14:41	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	235	Si	80
78	14:43	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	130	Si	80
79	14:44	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	151	Si	80
80	14:46	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1M	0	110	Si	9
81	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1M	0	190	Si	9
82	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	715	Si	9
83	14:45	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	425	No	9

Continuación del anexo 4.

84	14:46	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	655	No	9
85	14:47	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	245	Si	9
86	14:47	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	460	Si	9
87	14:49	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	513	Si	9
88	14:50	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	242	Si	9
89	14:52	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	339	Si	9
90	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
91	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	69	No	25
92	13:49	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	60	No	25
93	13:49	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	60	No	25
94	13:50	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	12	No	40
95	13:50	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
97	13:45	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	7	No	50
98	13:46	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	25	No	25
99	13:46	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	12	No	25
100	13:47	Lámpara de emergencia de 2 focos	Fluorescente	2M	0	7	No	50
101	13:45	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	7	No	50
102	13:46	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	20	No	25
103	13:45	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	5	No	80
104	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	12	No	25
105	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	17	No	25
106	13:37	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	18	No	25
107	13:35	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	35	Si	50
108	13:35	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	1B1M	0.5	22	Si	50
109	14:10	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25
110	14:10	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25

Continuación del anexo 4.

111	14:11	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	21	No	25
112	14:11	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	21	No	25
113	14:18	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
114	14:18	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	15	No	40
115	14:18	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	15	No	25
116	13:39	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1M	0	5	No	40
117	14:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	21	No	80
118	14:20	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	21	No	80
119	13:48	Fluorescente de 4 tubos	Fluorescente	2B2M	0.5	210	No	160
120	14:27	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	65	Si	25
121	14:28	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	35	Si	25
122	15:44	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
123	15:45	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	722	Si	25
124	15:47	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	210	Si	80
125	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	150	No	80
126	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	184	No	80
127	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	173	No	80
128	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	147	No	80
129	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	167	No	80
130	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	170	No	80
131	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	191	No	80
132	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	207	No	80
133	15:03	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	184	No	80
134	15:06	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	1	207	Si	25
135	15:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	226	No	80
136	15:05	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2B	1	266	No	80
137	15:05	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	190	Si	25
138	14:57	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1B	1	45	Si	24
139	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	512	Si	9

Continuación del anexo 4.

140	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	512	Si	9
141	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	510	Si	9
142	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
143	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
144	11:10	Lámpara tipo Ojo de buey Led	Led	1B	1	375	Si	9
145	11:09	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	566	Si	80
146	14:00	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	16	No	40
147	14:00	Fluorescente de 1 tubo	Fluorescente	1B	1	16	No	40
148	14:15	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	5	No	25
149	14:15	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1B	1	14	Si	25
150	11:00	Fluorescente de 2 tubos	Fluorescente	2M	0	15	Si	80
151	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
152	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
153	11:10	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
154	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
155	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
156	11:20	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
157	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
158	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
159	11:30	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
160	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
161	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50
162	11:40	Doble base para reflector ahorrador	Fluorescente	2M	0	950	Si	50

Continuación del anexo 4.

163	11:40	Reflector con espiral ahorrador	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
164	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
165	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
166	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
167	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
168	11:55	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
169	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
170	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
171	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
172	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
173	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
174	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
175	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
176	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
177	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
178	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
179	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
180	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
181	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
182	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25
183	12:15	Ahorrador Bombillo Espiral	Fluorescente	1M	0	950	Si	25

Fuente: Wikipedia. *Guía de operación sistema eléctrico.*

https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_magnetot%C3%A9rmico#/media/Archivo:SeccionMagne_totermico.png. Consulta: 15 de agosto de 2018.