

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE  
GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU  
MEJORAMIENTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO**

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia Garcia Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Armando Galvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



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

**DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE  
GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU  
MEJORAMIENTO**

**Luis Alfonso Chang Navarro**

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, noviembre de 2007

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 3 de marzo de 2006.



LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de octubre de 2007  
Ref. EPS. C. 673.10.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor - Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **“DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO”**.

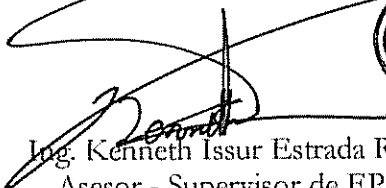
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

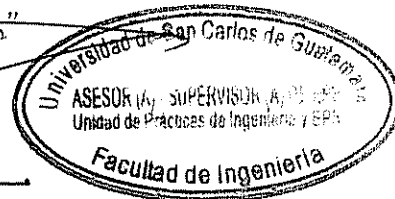
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Dá y Enseñad a Todos”

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



KIER/jm



Guatemala, 9 de noviembre 2007.

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y  
LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO**, del estudiante; Luis  
Alfonso Chang Navarro, por considerar que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Ing. Francisco Javier González López**  
**Coordinador del Área Electrotécnica**

FJGL/sro



Guatemala, 17 de octubre de 2007  
Ref. EPS. C. 673.10.07

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO"**.

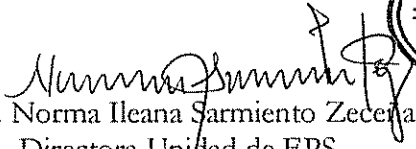
Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO**, quien fue asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Se y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena  
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

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; Luis Alfonso Chang Navarro titulado: **DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

**DIRECTOR**

**GUATEMALA, 14 DE NOVIEMBRE 2,007.**





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA Y LA PROPUESTA PARA SU MEJORAMIENTO**, presentado por el estudiante universitario Luis Alfonso Chang Navarro, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2007



/gdech

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **DIOS**

Por darme la vida y permitirme culminar este trabajo, dándome la fuerza y fortaleza a través de mi carrera universitaria.

**VIRGEN MARÍA** Por protegerme y cuidarme en todo mi caminar.

### **MIS PROGENITORES**

Dr. Luis Chang y Elsa Navarro de Chang, por brindarme su apoyo y por sus esfuerzos motivándome para seguir sus pasos en la vida.

### **MI ESPOSA**

Yanira Merida, con mucho amor, quien me apoyó en todo y por ser el complemento de mi vida.

### **MIS HERMANOS**

Con mucho cariño, por brindarme su cariño y apoyo.

**A MIS AMIGOS**

Por demostrarme su verdadero apoyo y por ser verdaderos  
compañeros.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Por brindarme la oportunidad de estudiar una  
carrera universitaria.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	
1.1 Teoría de Instalaciones Eléctricas	1
1.2 Calidad de Energía	2
1.3 Sistema de Puesta a Tierra	3
1.4 Conexión de Transformadores	5
1.5 Calculo de Corto Circuito	7
1.6 Iluminación	8
1.7 Información general de la Biblioteca Nacional	10
Reseña histórica	10
Misión y visión de la institución	13
<b>2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES</b>	
2.1 Instalaciones	15
2.2 Caracterización de cargas	15
2.3 Estado actual y dimesionamiento de conductores	16
2.4 Resistencia de aislamiento	17
2.5 Capacidad, calibres y secciones de conductores	18

2.6	Tubería	19
2.7	Cálculos de diámetros para tubería	21
28	Protección	22
2.9	Prueba de disparo	25
2.10	Capacidad de corto circuito	25
2.11	Corriente nominal	26
2.12	Tableros	26
2.13	Condición actual	26
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DE REDES</b>	
3.1	Corriente	29
3.2	Voltaje	31
3.3	Factor de potencia	31
3.4	Potencia	32
	3.4.1 Activa	33
	3.4.2 Reactiva	33
	3.4.3 Aparente	33
3.5	Factor K	34
3.6	Análisis de Armónicos	34
	3.6.1 Distorsión armónica THDV y TDHI	35
3.7	Captura de perturbaciones	38
3.8	Desbalance	40
3.9	Redes de Tierras	41
	3.9.1 Condición Actual	44
	3.9.2 Medición y comprobación si es útil o no	44
3.10	Pararrayos	47
	3.10.1 Condición Actual	49
3.11	Iluminación	49

3.11.1	Revisión visual	50
3.11.2	Características de las luminarias	50
3.11.3	Iluminación de áreas	59
3.11.4	Medición de luxes	60
3.12	Instalaciones especiales	60
3.12.1	Equipo electrónico sensible y crítico	61
<b>4.</b>	<b>DIAGRAMAS UNIFILARES</b>	
4.1	Diagrama unifilar de la red eléctrica general	63
4.2	Diagrama unifilar de la sub. Red eléctrica	64
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	
	<b>ACTUALES</b>	
5.1	Cálculo de conductores	70
5.2	Cálculo de tuberías	101
5.3	Cálculo de lúmenes	125
5.4	Diseño de red de tierras	140
5.5	Cálculo de pararrayos	142
5.6	Cálculo de conexión de equipo especial	144
5.7	Cálculo de corto circuito	146
5.8	Conexión de dispositivo de protección	148
<b>6.</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DE LA BIBLIOTECA NACIONAL</b>	<b>159</b>
<b>7.</b>	<b>PROPUESTA FINANCIERA A LOS PROBLEMAS</b>	<b>175</b>

8.	<b>IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	177
	<b>CONCLUSIONES</b>	179
	<b>RECOMENDACIONES</b>	181
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	183

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Núcleo común de un transformador trifásico	6
2	Transformador trifásico con núcleo común en un plano	6
3	Luxometro	8
4	Biblioteca Nacional de Guatemala	10
5	Megger de tierras	47
6	Pararrayos Franklin	48
7	Tablero general	46
8	Tablero TB1 sótano	63
9	Tablero TB2 sótano	64
10	Tablero T1 lobby	65
11	Tablero T2 lobby	66
12	Tablero T3 lobby	67

### TABLAS

I.	Ejemplos de conductores utilizados en instalaciones	18
II.	Capacidad de conductores utilizados en instalaciones	19
III.	Capacidad de conductores en tuberías	22
IV.	Nivel de iluminación en áreas de trabajo	59
V.	Cargas totales por tablero	146
VI.	Conductores tablero TB1 sótano	159
VII.	Conductores tablero TB2 sótano	160



VIII.	Conductores tablero T1 lobby	161
IX.	Conductores tablero T2 lobby	162
X.	Conductores tablero T3 lobby	162
XI.	Conductores tablero principal	163
XII.	Tubería tablero TB1 sótano	164
XIII.	Tubería tablero TB2 sótano	165
XIV.	Tubería tablero T1 lobby	166
XV.	Tubería tablero T2 lobby	167
XVI.	Tubería tablero T3 lobby	167
XVII.	Tubería tablero principal	168
XVIII.	Protecciones tablero TB1 sótano	169
XIX.	Protecciones tablero TB2 sótano	170
XX.	Protecciones tablero T1 lobby	170
XXI.	Protecciones tablero T2 lobby	171
XXII.	Protecciones tablero T3 lobby	172
XXIII.	Protecciones tablero principal	173
XXIV	Precios de mercado conductores	175
XXV	Precios de mercado repuestos a utilizar	175
XXVI	Precios de mercado mano de obra	176
XXVII	Datos generales de la Biblioteca Nacional	177
XXVIII	Consumos de los últimos 6 meses	177

## GLOSARIO

- Acometida** Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa encargada de suministrar del servicio y de entregarla en el punto solicitado; esta puede ser propiedad pública o privada; la entrega de puede ser aérea o subterránea según se requiera.
- Canalización** Esto se refiere a canaletas, canales y ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos del contacto con personal no calificado para el manejo del mismo y a la vez protegerlos mecánicamente.
- Capacidad Nominal** Se entiende por capacidad nominal aquellos valores que indican que se esta trabajando al cien por ciento su valor indicado.
- Carga Instalada** Es el total de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que esta conectado a la acometida de la empresa.

<b>Conductor Neutro</b>	Es cuando existen tres o mas conductores de servicio, el conductor conectado a tierra es definitivamente un conductor neutro, pero si se trata de un circuito de dos conductores el conductor conectado a tierra se denomina conductor conectado a tierra.
<b>Conductores</b>	Son los encargado de conducir corriente eléctrica bajo determinadas condiciones; estos pueden ser desnudos o aislados dependiendo del uso que se les de.
<b>Conectores</b>	Son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.
<b>Conexión</b>	Es el empalme o unión entre dos o más conductores eléctricos.
<b>Contador</b>	Es el aparato electromecánico que se usa para medir la energía eléctrica utilizada por el usuario.
<b>Demanda Estimada</b>	Es el valor de potencia que determina la empresa de acuerdo a la carga instalada
<b>Electrodos</b>	Son las varillas especialmente diseñadas para incarlas en el suelo y conectar a ellas un sistema eléctrico aterrizado.
<b>Energía Eléctrica</b>	Es la potencia integrada en el tiempo y se mide en kilovatio-hora (KWH).

<b>Factor de Potencia</b>	Es la relación entre la potencia eficaz (watt) y la potencia aparente (VA).
<b>Fusible</b>	Es el dispositivo en el cual pasa la corriente, en exceso a su capacidad se funde, provocando con ello la apertura del circuito.
<b>Interruptor</b>	Es el aparato diseñado para cerrar o abrir un circuito por medio manual a una corriente eléctrica predeterminada sin dañarse cuando se usa dentro de los límites de su capacidad, se mide en amperios a un voltaje determinado.
<b>Potencia Activa</b>	El producto voltaje por corriente por el factor de $\cos\phi$ $V \cdot I \cdot \cos\phi$ se llama potencia activa y se representa por la letra mayúscula P. La unidad de medida de la potencia activa es el vatio y su múltiplo mas empleado es el kilovatio (KW). La potencia activa.
<b>Potencia Aparente</b>	El producto de voltaje por corriente $V \cdot I$ se llama potencia aparente y se representa por la letra mayúscula S. La unidad de la potencia aparente es el vatio amperio y su múltiplo mas empleado es el kilovatio amperio (KVA). La potencia aparente es una medida de la carga del sistema de distribución.

<b>Potencia Reactiva</b>	Es el producto entre voltaje por corriente por $\text{sen}\phi$ $V \cdot I \cdot \text{sen}\phi$ se llama potencia reactiva y se representa por la letra mayúscula Q. La unidad de medida es el voltio amperio reactiva (VAR) y su múltiplo mas empleado es el kilovatio amperio reactivo (KVAR). La potencia reactiva se utiliza para corregir el factor de potencia.
<b>Sobrecarga</b>	Es el exceso de carga normal que se puede sobre llevar un equipo o el exceso de ampacidad de un conductor que al continuar por un periodo más o menos largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
<b>Sobrecorriente</b>	Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.
<b>Tablero Distribución</b>	Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobrecorriente ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.
<b>Voltaje</b>	Es la diferencia de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo emitir una propuesta para la mejora de las mismas instalaciones eléctricas de la Biblioteca Nacional de Guatemala, así mismo proporcionar una herramienta de consulta, sobre las redes eléctricas dado que desde el año 2005 se inicio su reestructuración.

Considerando lo antes mencionado y el acervo cultural que allí se conserva, así como los servicios prestados al público se hace necesario un documento que contenga información actualizada de dicha instalación, para que la misma sea segura contra accidente e incendios, eficiente y económica, accesible y fácil para su mantenimiento y desde luego que cumpla con los requisitos técnicos.

En trabajo contiene la descripción de cada una de las cargas instaladas así como sus respectivos diagramas unificares, por otro lado, contiene los cálculos teóricos correspondientes de conductores, tuberías, iluminación y protecciones; a la vez se realiza una comparación entre el calculo teórico y lo actualmente instalado.

Por otro lado, se propone la instalación de un pararrayos y su respectiva red de tierras correspondiente.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Analizar el sistema eléctrico de la Biblioteca Nacional, para poder emitir una propuesta para las mejoras de las instalaciones eléctricas del edificio y así tener mejores condiciones de las actividades allí realizadas.

### **ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar las actuales instalaciones de la Biblioteca Nacional de Guatemala.
2. Describir las cargas eléctricas que existen.
3. Emitir las recomendaciones correspondientes y realizar una propuesta para su mejora.
4. Actualizar los diagramas unifcarios de la red de eléctrica de la Biblioteca Nacional de Guatemala.





## INTRODUCCIÓN

El aumento de edificaciones y el constante crecimiento de la población en el país han creado un aumento del consumo energético; las constantes modificaciones en las instalaciones crean un mayor consumo energético, y los diseños eléctricos originales se ven afectados por sus modificaciones sin consideración de la instalación original.

Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos y equipos que tiene como finalidad llevar la energía eléctrica desde el punto de alimentación o fuente de energía, hasta los elementos o equipos eléctricos que requieren de este tipo de energía para su funcionamiento. Existen diferentes tipos de instalaciones: estas pueden ser de tipo residencial, industrial, comercial.

Bajo el punto de vista energético, una instalación eléctrica es una fuente de consumo de energía, que se produce en la fase de explotación y se ve afectado por factores tales como maniobra, regulación, mantenimiento, etc. Si bien las características técnicas de la instalación eléctrica es un primer determinante de la eficiencia energética, la verdadera racionalización del consumo solo puede conseguirse con una gestión eficaz de la explotación. La explotación de instalación presenta características singulares (variación de periodos de uso, depreciación de luminarias, agresión ambiental...) las cuales junto a la instalación dificultan la correcta gestión.

En la actualidad, la energía eléctrica tiene un papel de mucha importancia en las actividades que el hombre realiza y por ello se debe de aprovechar al máximo todos sus beneficios y así obtener mejores rendimientos y seguridad donde es utilizada. Una instalación nueva o la modificación de una existente, requiere de mucho cuidado y para ello se deben de llenar requisitos para poder prestar un servicio eficiente.

El presente informe de Estudio Profesional Supervisado tiene como fin desarrollar mejores condiciones de trabajo para las actividades realizadas en La Biblioteca Nacional de Guatemala.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Teoría de instalaciones eléctricas

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformaran según sean las necesidades.

Dentro del concepto genérico de instalación eléctrica se pueden catalogar a todo tipo de instalaciones desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de transformación, transmisión y distribución; la clasificación esta de acuerdo a las tensiones empleadas en los sistemas eléctricos.

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica para que sea utilizada en las máquinas y aparatos receptores para la utilización final. Cumpliendo con los siguientes requisitos:

- Ser segura contra accidentes e incendios
- Eficiente y económica.
- Accesible y fácil de mantenimiento
- Cumplir con los requisitos técnicos.

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

## **1.2 Calidad de energía**

El término "calidad de energía eléctrica" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico.

Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

Algo del control se hace directamente a través de electrónica de conversión de potencia, como son impulsores de ca, cd, y fuentes de energía conmutadas, además del equipo electrónico que está en los controles periféricos, como computadoras y controladores lógicos programables (PLC's). Con la disponibilidad de estos complejos controles, se desarrolló un control de procesos mucho más preciso, y un sistema de protección mucho más sensible; lo que hace a éstos aún más susceptibles a los efectos de los disturbios en el sistema eléctrico. Los disturbios en el sistema, que se han considerado normales durante muchos años, ahora pueden causar desorden en el sistema eléctrico industrial, con la consecuente pérdida de producción. Adicionalmente, deben tomarse en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable, mismas que anteriormente no se consideraron significativas.

Es importante darse cuenta de que existen otras fuentes de disturbios que no están asociadas con el suministro eléctrico de entrada. Estas pueden incluir descargas electrostáticas, interferencia electromagnética radiada, y errores de operadores. Adicionalmente, los factores mecánicos y ambientales juegan un papel en los disturbios del sistema. Estos pueden incluir temperatura, vibración excesiva y conexiones flojas.

### **1.3 Sistema de puesta a tierra**

La energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de la humanidad, es por ello, que durante su generación, transmisión, distribución y utilización es necesario garantizar la operación normal de los equipos y la seguridad de las personas ante corrientes anormales.

El sistema de conexión a tierra cumple con esta función fundamental, otorgando una baja resistencia a estas corrientes nocivas para su disipación a tierra antes que comprometa la seguridad de las personas involucradas o afecte a todos los componentes del sistema eléctrico.

Un sistema de conexión a tierra involucra conocer la resistividad del terreno, las diferentes configuraciones de los sistemas de distribución, el cálculo apropiado de la configuración del electrodo elegido, los lineamientos para su construcción económica y las modalidades de mantenimiento. Todo ello para mantener la resistencia en un valor referencial apropiado y los potenciales dentro de los niveles esperados.

Comprende los fundamentos para la identificación, cálculo, ejecución, medición y mantenimiento del sistema de conexión a tierra.

Objetivos:

- Conocer la finalidad y tipos de puesta a tierra.
- Reconocer la importancia de la resistividad y resistencia de puesta a tierra, así como los criterios para su medición.
- Identificar los componentes de un sistema de conexión de tierra.
- Elaborar la valoración de la puesta a tierra.
- Conocer las técnicas del mejoramiento y mantenimiento de puesta a tierra.

El pararrayos por sí solo no sirve como protección contra los rayos. Ha de ser conectado a tierra. Un correcto diseño del sistema de puesta a tierra es fundamental para asegurar la correcta conducción de la descarga eléctrica del rayo. Para ello, debemos asegurarnos que el conjunto del sistema de puesta a tierra tiene una resistencia menor de 10  $\Omega$ , así como asegurarnos de que no existan bucles que produzcan tensiones inducidas.

El sistema de puesta a tierra consta, principalmente, de:

- Tomas de tierra.
- Anillos de enlace.
- Punto de puesta a tierra.
- Líneas principales de tierra.

## 1.4 Conexión de transformadores

Para relacionar las tensiones y las corrientes primarias con las secundarias, no basta en los sistemas trifásicos con la relación de transformación, sino que se debe indicar los desfases relativos entre las tensiones de una misma fase entre el lado de Alta Tensión y el de Baja Tensión. Una manera de establecer estos desfases consiste en construir los diagramas fasoriales de tensiones y corrientes, conociendo: la conexión en baja y alta tensión (estrella, triángulo o zig-zag), las polaridades de los enrollados en un mismo circuito magnético o fase, y las designaciones de los bornes.

Un sistema trifásico se puede transformar empleando tres transformadores monofásicos. Los circuitos magnéticos son completamente independientes, sin que se produzca reacción o interferencia alguna entre los flujos respectivos. Otra posibilidad es la de utilizar un solo transformador trifásico compuesto de un único núcleo magnético en el que se han dispuesto tres columnas sobre las que sitúan los arrollamientos primario y secundario de cada una de las fases, constituyendo esto un transformador trifásico como vemos a continuación.

Si la transformación se hace mediante un transformador trifásico, con un núcleo común, podemos ver que la columna central (fig. A) está recorrida por un flujo  $F$  que, en cada instante, es la suma de tres flujos sinusoidales, iguales y desfasados  $120^\circ$ . El flujo  $F$  será pues siempre nulo. En consecuencia, se puede suprimir la columna central (fig. B). Como esta disposición (fig. b) hace difícil su construcción, los transformadores se construyen con las tres columnas en un mismo plano (fig. C). Esta disposición crea cierta asimetría en los flujos y por lo tanto en las corrientes en vacío.



En carga la desigualdad de la corriente es insignificante, y además se hace más pequeña aumentando la sección de las culatas con relación al núcleo central.

Figura 1. Núcleo común de un transformador trifásico

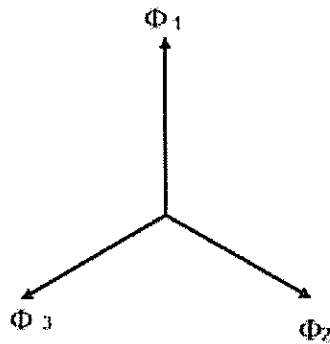
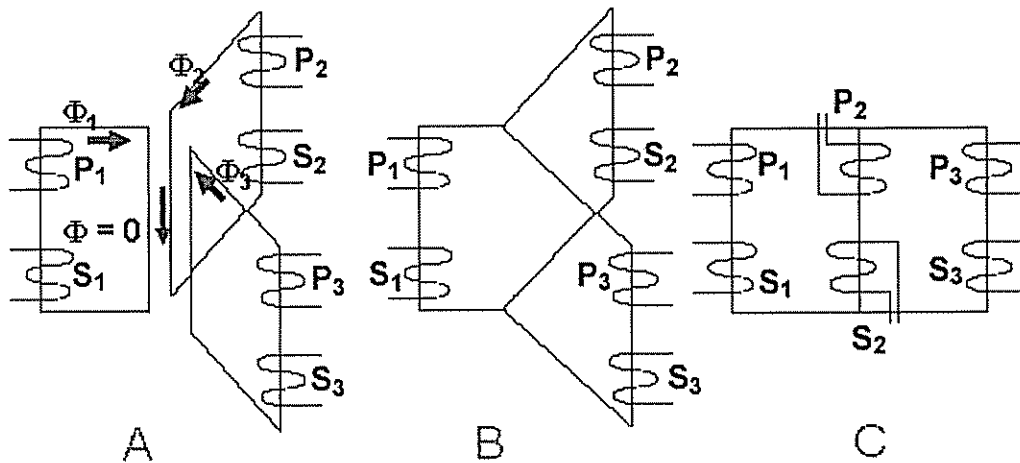


Figura 2. Transformador trifásico con núcleo común en un plano



## 1.5 Cálculo de corto circuito

Se entenderá por corto circuito o circuito corto a una falla que se presenta en una instalación y que demanda una corriente excesiva denominada corriente de corto circuito en el punto de ocurrencia. La falla puede ser de los tipos siguientes:

- De línea a tierra (fase a tierra)
- De línea a línea (fase a fase)
- De dos líneas a tierra (fase a fase a tierra)
- Trifásica (tres fases entre sí)

De estos tipos de falla la más probable de ocurrir es la denominada falla de línea a tierra y los métodos de análisis normalmente empleados son aquellos que tratan las redes en condiciones de asimetría debido a que a excepción de la falla trifásica, las otras son asimétricas, un método empleado es el llamado de componentes simétricas.

Para cálculos preliminares se puede suponer que la falla es asimétrica y entonces se simplifican mucho los cálculos, ya que la red se trata en condiciones de simetría y con una sola red en la que se representan las fuentes de corto circuito y los elementos limitadores. Este método de cálculo con estas condiciones da buenos resultados en sistemas de distribución e instalaciones industriales y se le conoce como método aproximado, método del bus infinito o porcentual. En el estudio de corto circuito se consideran básicamente dos tipos de elementos en la red: las fuentes (elementos activos) y los elementos pasivos, son fuentes de corto circuito aquellos elementos que suministran corriente al punto de falla, que en general se puede decir, que son todas las máquinas rotatorias es decir:

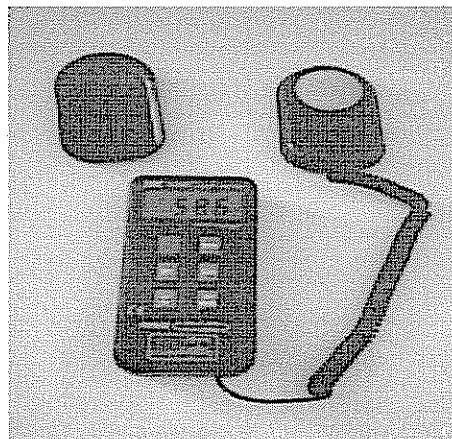
- Alternadores
- Condensadores sincronicos
- Motores sincronicos
- Motores de inducción

Son elementos pasivos las impedancias de los elementos del sistema bajo estudio incluyendo la de las propias maquinas rotatorias.

### 1.6 Iluminación

Este estudio o medición, sirve al empresario para conocer si todas y cada una de las actividades propias de su empresa, se desarrollan bajo los niveles mínimos permitidos de iluminación. Logrando con esto una mejora en la productividad, confort para los trabajadores al desempeñar sus actividades en condiciones ergonómicas de iluminación y elimina accidentes de trabajo, mejora en la estética de las áreas de trabajo.

**Figura 3. Luxometro**



El equipo para el monitoreo que nuestra empresa LUXOMETRO, este mide desde 0.1 a 20,000 luxes.

En particular, siempre se dan alternativas para mejorar las condiciones de iluminación en el centro de trabajo, en diversas áreas tales como:

- Pasillos.
- Oficinas.
- Áreas de computo.
- Áreas de trabajo de alta precisión.
- Áreas de trabajos manuales.
- Control de calidad.
- Maquinaria instalada.
- Áreas de alto riesgo de trabajo.

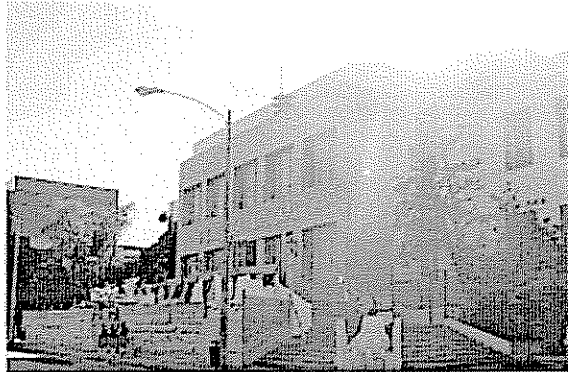
El reporte incluye:

- informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;
- plano de distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;
- resultados de la medición de los niveles de iluminación;
- programa de mantenimiento;
- copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado;
- conclusión técnica del estudio;
- las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación;
- nombre y firma del responsable del estudio.

## 1.7 Información general de la Biblioteca Nacional

### Biblioteca Nacional de Guatemala “Luis Cardoza y Aragón”

Figura 4. Biblioteca Nacional de Guatemala



#### Función e Historia de su Fundación

El 18 de octubre de 1879 se emitió el Acuerdo de creación de la Biblioteca Nacional, inaugurándose en el edificio de la Sociedad Económica, con cerca de 15,000 volúmenes; luego fue trasladada al Salón Mayor de la Universidad de San Carlos con acceso por la 10<sup>a</sup>. Calle. Con motivo de los terremotos de 1917-18 se trasladó nuevamente a la casa No. 3-37 de Avenida Simeón Cañas, zona 2. Posteriormente, se trasladó a la 10<sup>a</sup>. Calle 9-31 de la zona 1 y por último, en septiembre de 1957 fue inaugurado el edificio que actualmente ocupa, con área de 7858 m<sup>2</sup>. Los murales interiores con representaciones de códices mayas fueron realizados por Antonio Tejada Fonseca, Guillermo Grajeda Mena y José Antonio Oliverio. Los relieves de concreto en la fachada del edificio son obra de Efraín Recinos.

#### Objetivos

- Conservar, preservar y difundir el acervo Bibliográfico de la Nación.

- Mantener relaciones con otras Bibliotecas e instituciones dentro y fuera del país.
- Coordinar la red de Bibliotecas Públicas en los departamentos del territorio Nacional.

### **Actividades y programas de la labor que realizan**

1. Biblioteca Nacional de Guatemala.
2. Escuela de Vacaciones, con niños lectores de la sala infantil, de la Biblioteca Nacional.
3. Exposición del libro del mes con temas relevantes.
4. Exposición de pintura y fotografía de los Departamentos de Guatemala.
5. Atención al público en el préstamo de libros a usuarios de la Biblioteca Nacional
6. Programa educativo de la sección infantil

### **Proyecto Suecia (Donaciones)**

Reestructuración interna de las funciones de la Biblioteca Nacional.

### **Capacitación al personal de la Biblioteca Nacional**

- Capacitación a los bibliotecarios de las 19 Bibliotecas Públicas del Interior.
- Monitoreo a las 20 Bibliotecas Públicas del interior, incluyendo la Biblioteca Pública Modelo.
- Recorrido del Bibliobús, para atención al Público, en parques de la Ciudad Capital.

- Ejecución del Plan de Operaciones Regional de Bibliotecas de América Central.
- Separación de las Funciones de la Biblioteca Nacional y Biblioteca Pública.
- Integración del Departamento de Conservación de la Biblioteca Nacional.
- Monitoreo a las 20 Bibliotecas Públicas del Interior, incluyendo la Biblioteca Pública Modelo.
- Proyección Comunitaria.

### **Organigrama y funciones**

La Biblioteca Nacional está bajo la Sub-Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural y ésta a su vez depende de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes. De la Dirección de la Biblioteca Nacional dependen la UCBP, la Secretaría, las unidades de Servicios Técnicos y Administrativos, y las dos secciones de la Biblioteca que son Pública y Nacional; por su parte, Servicios Técnicos se encarga de la Planificación, Procesos Técnicos, Canje y Donación, Audiovisuales y Conservación, siendo éste último el responsable de los departamentos de Preservación y Restauración, Digitalización, Micro Filmación y, Encuadernación. Por otro lado, en los Servicios Administrativos se realizan las actividades de Contabilidad y Presupuesto, Contabilidad de Proyecto Regional, Almacén, Inventarios y Servicios Generales. Las secciones de Colección de Fondo Antigo, Colección Nacional, Tesario, Referencia y Colección dependen directamente del departamento de Biblioteca Nacional; y en Biblioteca Pública se tiene las secciones de Colección Extranjera, Referencia, Escolar, Infantil y Documentos.

## **MISIÓN**

Fortalecemos y promovemos la identidad guatemalteca mediante la protección, conservación, promoción y divulgación de los valores manifestaciones culturales de los pueblos y comunidades que conforman la nación guatemalteca, articulando la multiculturalidad y la interculturalidad. A través de una institucionalidad sólida contribuimos a que los guatemaltecos y las guatemaltecas tengan una mejor calidad de vida, una convivencia armónica y un desarrollo humano, facilitando su acceso equitativo a servicios de cultura, recreación y deporte en forma descentralizada y de acuerdo a las características y preferencias de la población.

## **VISIÓN**

Es una institución integralmente modernizada, transparente, eficiente y eficaz; orientada a satisfacer las necesidades de la sociedad en material cultura, recreativa y deportiva.

El Ministerio desarrolla políticas de Estado que responden a los Acuerdos de Paz y son conocidas por los actores del sector, la población y su personal. Las políticas están contribuyendo a fortalecer la identidad nacional, reconociendo su carácter, multiétnico, pluricultural y multilingüe, mediante mecanismos de descentralización, promoviendo la participación ciudadana en la gestión cultura, deportiva y recreativa.





## **2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

### **2.1 Instalaciones eléctricas**

Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos y equipos que tiene como finalidad llevar la energía eléctrica desde el punto de alimentación o fuente de energía, hasta los elementos o equipos eléctricos que requieren de este tipo de energía para su funcionamiento.

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

### **2.2 Caracterización de las cargas**

La electricidad es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción. Cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Hay dos tipos de cargas eléctricas, llamadas positivas y negativas. La electricidad está presente en algunas partículas subatómicas. La partícula fundamental más ligera que lleva carga eléctrica es el electrón, que transporta una unidad de carga. Los átomos en circunstancias normales contienen electrones, y a menudo los que están más alejados del núcleo se desprenden con mucha facilidad.

En algunas sustancias, como los metales, proliferan los electrones libres. De esta manera un cuerpo queda cargado eléctricamente gracias a la reordenación de los electrones. Un átomo normal tiene cantidades iguales de carga eléctrica positiva y negativa, por lo tanto es eléctricamente neutro. La cantidad de carga eléctrica transportada por todos los electrones del átomo, que por convención son negativas, esta equilibrada por la carga positiva localizada en el núcleo. Si un cuerpo contiene un exceso de electrones quedará cargado negativamente. Por lo contrario, con la ausencia de electrones un cuerpo queda cargado positivamente, debido a que hay más cargas eléctricas positivas en el núcleo.

### **2.3 Estado actual y dimensionamiento de los conductores**

En las instalaciones eléctricas los elementos que proveen la trayectoria para la circulación de la corriente eléctrica son los conductores. Estos generalmente están constituidos por un elemento conductor y forro. Los materiales que se utilizan para la construcción de los conductores son cobre y aluminio, cada uno con sus características y sus aplicaciones especiales.

Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica pero un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una mayor resistencia específica y un menor peso por lo que son más utilizados en tendidos de línea aérea. Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres los cuales están estipulados por la American Wire Gauge (AWG). En las instalaciones eléctricas de la Biblioteca Nacional se utiliza desde el calibre número 14 (delgado) hasta 2/0. Los conductores europeos tienen la sección definida en  $\text{mm}^2$ .

## 2.4 Resistencia de aislamiento

Un buen aislamiento se produce cuando un alambre eléctrico de un motor, generador, interruptor, transformador o cable, está cubierto cuidadosamente con alguna forma de aislación eléctrica. El alambre de cobre o aluminio es un buen conductor de corriente y le entrega potencia a los equipos, mientras que el aislamiento es justamente opuesto a un conductor, es decir, debe resistir la corriente y mantenerlo en su trayectoria a lo largo del conductor.

En electricidad y aplicando la famosa Ley de Ohms; en otras palabras, el voltaje hace que la electricidad fluya a lo largo de los alambres de cobre con una cierta resistencia al flujo, el aislamiento ejerce esta resistencia, pero ésta es mucho menor a lo largo del alambre.

### **Ley de Ohms: $V = I \times R$**

Al aplicar la Ley de Ohms al alambre, tendremos que a menor resistencia del alambre, se tendrá más corriente con el mismo voltaje. Es importante tener presente que ningún aislamiento es perfecto (su resistencia no es infinita), de modo que cierta cantidad de electricidad fluye a lo largo del aislamiento a través de la tierra. Esta corriente puede ser de millonésimas de Amper, pero se debe medir con un buen instrumento de prueba de aislamiento, como el Megóhmetro, popular-mente conocido como "Megger".

En resumen, un buen aislamiento es el que no se deteriora al aumentar el voltaje y por ende, la corriente, obteniéndose una resistencia alta, la cual se debe mantener en el tiempo. Esto se visualiza al realizar mediciones periódicas y estudiando la tendencia que provoca que un aislamiento se deteriore.

## 2.5 Capacidad, calibres y secciones de conductores

Calibre de los conductores, es la sección transversal que tiene los conductores. La forma más común de dar a conocer los diferentes calibres, según la AWG, es mediante un número, los números más altos hacen referencia a los calibres más delgados, y los números más bajos, a los calibres más gruesos. La siguiente tabla nos muestra los conductores más utilizados en instalaciones.

**Tabla I. Ejemplos de conductores utilizados en instalaciones**

No AWG	DIÁMETRO mm	SECCIÓN mm	TIPO DE CONDUCTOR
14	1.63	2.09	SÓLIDO
12	2.05	3.30	SÓLIDO
10	2.59	5.27	SÓLIDO
8	3.26	8.35	SÓLIDO
6	4.67	13.27	CABLE
4	5.89	21.00	CABLE
2	7.42	34.00	CABLE
1/0	9.47	53.00	CABLE
2/0	10.62	67.00	CABLE
3/0	11.94	85.00	CABLE

El calibre de los conductores tiene que estar sometido a ciertas condiciones de uso como la cantidad de corriente que puedan transportar. Para esto se tiene en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla II. Capacidad de conductores utilizados en instalaciones**

CALIBRE	CAPACIDAD EN AMPERIOS
14	20
12	25
10	40
8	55
6	80
4	105
2	140
1/0	195
2/0	225
3/0	250

## **2.6 Tubería**

Las tuberías o canalizaciones eléctricas tienen como función principal proporcionar protección física a los conductores de cualquier instalación eléctrica. De acuerdo a la interacción con los circuitos eléctricos que contienen, se encuentran divididas en dos grandes grupos como lo son las tuberías magnéticas de construcción ferrosa y las no magnéticas como son las de aluminio y plástico.

La longitud de los tramos de tubería metálica, así como los de PVC eléctrico son de 3.05 metros, ya sean roscados para los tubos de pared gruesa y no enroscados para los tubos de pared delgada. Los tubos flexibles o de plástico los venden por pies hasta rollos de 100 pies.

### Tubo conduit galvanizado

Este tipo de tubo está protegido interior y exteriormente por medio de acabado galvanizado, puede ser empleado en cualquier clase de trabajo dada su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo sobrepuesta, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedos. En Guatemala la EEGSA obliga que los ductos de acometida sean galvanizados

### Tubo flexible

Se emplea en aplicaciones en las cuales no puede usarse tubería rígida, en donde se necesite realizar muchos ángulos o formas, ya que se adapta fácilmente a las necesidades de espacio. Es ideal para la instalación de máquinas, debido a que puede absorber sin problema, vibraciones originadas por estos. También es utilizado en edificios o construcciones cuando se tienen juntas de dilatación. Este tipo de tubo debe ser alambrado antes de colocarlo.

### Tubo plástico

Tiene la característica o propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua, su aplicación se ha incrementado mucho en instalaciones empotradas en casas, edificios y comercio. Tienen la limitante que no puede ser utilizado en lugares con temperaturas superiores a los 60° C. Se debe tener sumo cuidado cuando se utiliza, ya que muchas veces los albañiles o personal de fundición los aplastan cuando realizan sus labores, y en el momento del alambrado, los tubos se encuentran bloqueados, por lo que se recomienda que siempre se coloque un tramo de poliducto, éste lleve una guía un pedazo de alambre de amarre o galvanizado. Otra recomendación, cuando el poliducto va subterráneo se debe alambrear antes de enterrarlo.

## Tubo PVC

Tiene la diferencia con el tubo PVC de agua en el grosor de sus paredes, ya que éste no debe soportar presión interna como el PVC para agua. Su utilización se ha incrementado grandemente, tanto por la facilidad que da para trabajar, ya que es más estético y seguro que el poliducto, como por su precio, pues es más económico que los tubos metálicos.

Se está utilizando en instalaciones subterráneas y se puede llegar a utilizar en acometidas primarias, siempre y cuando los ductos se encuentren cubiertos por una capa de fundición como complemento de protección mecánica.

## **2.7 Cálculos de diámetros para tubería**

El diámetro de los ductos deben estar de acuerdo con el número de conductores que se introducirán en ellos, que como puede verse en la siguiente tabla nunca será menor a 1/2.



**Tabla III. Capacidad de conductores en tuberías**

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES THW EN TUBOS PVC O CONDUIT.							
DIAMETRO TUBO CALIBRE AWG	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
14	4	6	10	18	25	41	58
12	3	5	8	15	21	34	50
10	1	4	7	13	17	29	41
8	1	3	4	7	10	17	25
6	1	1	3	4	6	10	15
4	1	1	1	3	5	8	12
2		1	1	3	3	6	9
1/0			1	1	2	4	6
2/0			1	1	1	3	5
3/0			1	1	1	3	4

## 2.8 Protección

Se entiende por una instalación apropiadamente protegida a aquella en la cual se cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñen las siguientes funciones.

Evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar daños por situaciones anormales de operación y aislar la zona específica donde aparece la falla, de tal forma que el resto de la instalación que no se encuentra implicada siga funcionando en las mejores condiciones posibles. Elementos de protección existen varios tipos de protecciones diferentes, por lo que a continuación se explican los dispositivos más importantes utilizados para lograr continuidad en el servicio eléctrico y seguridad para las personas.

A) Fusibles (protecciones térmicas)

Estos dispositivos interrumpen un circuito eléctrico debido a que una sobrecorriente quema un filamento conductor ubicado en el interior, por lo que deben ser reemplazados después de cada actuación para reestablecer el circuito. Los fusibles se emplean como protección contra cortocircuitos.

B) Interruptor Termomagnético Disyuntor

Estos interruptores cuentan con un sistema magnético de respuesta rápida ante sobrecorrientes abruptas (cortocircuitos), y una protección térmica basada en un bimetálico que desconecta ante sobrecorrientes de ocurrencia más lenta (sobrecargas).

Estos disyuntores se emplean para proteger cada circuito de la instalación, siendo su principal función resguardar a los conductores eléctricos ante sobrecorrientes que pueden producir peligrosas elevaciones de temperatura.

### C) Interruptor o Protector Diferencial

Este interruptor está destinado a la protección de las personas contra los contactos indirectos. Se instala en el tablero eléctrico después del interruptor automático del circuito que se desea proteger, generalmente circuitos de enchufes, o bien, se le puede instalar después del interruptor automático general de la instalación si es que se desea instalar solo un protector diferencial.

Si es así se debe cautelar que la capacidad nominal (amperes) del disyuntor general sea inferior o igual a la del protector diferencial. El interruptor diferencial censa la corriente que circula por la fase y el neutro, que en condiciones normales debiese ser igual. Si ocurre una falla de aislamiento en algún artefacto eléctrico, es decir, el conductor de fase queda en contacto con alguna parte metálica (conductora), y se origina una descarga a tierra, entonces la corriente que circulará por el neutro será menor a la que circula por la fase. Ante este desequilibrio el interruptor diferencial opera, desconectando.

Estas protecciones se caracterizan por su sensibilidad (corriente de operación), es decir el nivel de corriente de fuga a partir del cual comienzan a operar, comúnmente este valor es de 30 miliamperes (0,03 A). Es muy importante recalcar que estas protecciones deben ser complementadas con un sistema de puesta a tierra, pues de no ser así, el interruptor diferencial solo percibirá la fuga de corriente en el momento en que el usuario toque la carcasa energizada de algún artefacto, con lo que no se asegura que la persona no reciba una descarga eléctrica.

## **2.9 Prueba de Disparo**

Generalmente se seleccionan los interruptores pensando en su capacidad nominal (máxima corriente que circula de manera continua sin provocar el disparo o apertura del interruptor). Algunos instaladores realizan cálculos de corto circuito y especifican la capacidad interruptiva de los interruptores principales de un sistema.

Pocos instaladores analizan de manera concienzuda la capacidad interruptiva requerida en todos y cada uno de los interruptores de una instalación determinada, tampoco se previene la generación de incendios por cables que se puedan quemar.

## **2.10 Capacidad de Corto Circuito**

Un cortocircuito se produce cuando la resistencia de un circuito eléctrico es muy pequeña, provocando que el valor de la corriente que circula sea excesivamente grande, debido a esto se puede llegar a producir la rotura de la fuente o la destrucción de los cables. Se originan por la unión fortuita de dos líneas eléctricas sin aislamiento, entre las que existe una diferencia de potencial eléctrico (fase-neutro, fase-fase).

Durante un cortocircuito el valor de la intensidad de corriente se eleva de tal manera, que los conductores eléctricos pueden llegar a fundirse en los puntos de falla, generando excesivo calor, chispas e incluso flamas, con el respectivo riesgo de incendio.

## **2.11 Corriente nominal**

Corriente nominal en servicio continuo es el valor eficaz de la corriente que el aparato está en condiciones de conducir en forma permanente, a la frecuencia nominal, manteniendo las temperaturas de sus diferentes partes, dentro de valores especificados. Valor de la tensión entre fase-tierra/fase-fase por el cual se denominan a las líneas, y a los cuales se refieren las características de servicio de la red.

## **2.12 Tablero eléctrico**

En un tablero eléctrico se concentran los dispositivos de protección y de maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. En el caso de instalaciones residenciales este tablero generalmente consiste en una caja en cuyo interior se montan los interruptores automáticos respectivos.

Para lograr una instalación eléctrica segura, se debe contar con dispositivos de protección que actúen en el momento en el que se produce una falla (cortocircuito, sobrecarga o falla de aislamiento) en algún punto del circuito. De esta forma se evita tanto el riesgo para las personas de sufrir "accidentes eléctricos", como el sobrecalentamiento de los conductores y equipos eléctricos, previniendo así daño en el material y posibles causas de incendio.

## **2.13 Condición actual**

En los actuales tableros se puede observar la falta de diseño para la instalación correspondiente; puesto que a la hora de diseñar la instalación eléctrica es recomendable distribuir las cargas en varios "circuitos".

Ya que ante eventuales fallas (operación de protecciones) se interrumpe solamente el circuito respectivo sin perjudicar la continuidad de servicio en el resto de la instalación.

La falta de un mantenimiento adecuado así como la plena identificación de las diferentes cargas constituye un riesgo para la actual instalación; en los diferentes niveles se puede observar plafoneras y tomas inexistentes, lo que puede ocasionar cortocircuitos; se pudo observar que en época de lluvia el ultimo nivel conserva agua en el techo lo que ocasiona disparo de los flipones de dicho nivel.

Se recomienda instalar circuitos de uso exclusivo para iluminación, otro para enchufes y un tercero para enchufes especiales, así como independizar tableros para así tener un control completo sobre los dos edificios.



### **3. ANÁLISIS DE REDES**

En el análisis y diseño de redes eléctricas es necesario tomar en cuenta parámetros generales y técnicos para poder hacer una eficiente evaluación de la misma, con el fin de garantizar un óptimo voltaje a cada usuario, tanto al momento de instalar la red, como en los años posteriores. Es de considerar al analizar el sistema, el cálculo de los diferentes voltajes permisibles para dicha red, y que esta pueda considerarse como eficiente.

También hay que tomar en cuenta que después de varios años de servicio, el transformador no presente una sobrecarga que pueda ser perjudicial al mismo, también es conveniente evaluar las pérdidas de toda la red debido a la resistencia del conductor.

#### **3.1 Corriente**

El término corriente eléctrica o simplemente corriente, se emplea para describir la tasa de flujo de carga que pasa por alguna región de espacio. La mayor parte de las aplicaciones prácticas de la electricidad tienen que ver con corrientes eléctricas.

Por ejemplo, la batería de una luz de destellos suministra corriente al filamento de la bombilla cuando el interruptor se conecta. Una gran variedad de aparatos domésticos funcionan con corriente alterna. En estas situaciones comunes, el flujo de carga fluye por un conductor, por ejemplo, un alambre de cobre. Es posible también que existan corrientes fuera de un conductor.



Por ejemplo, un haz de electrones en el tubo de imagen de una TV constituye una corriente. Para trabajar con circuitos eléctricos es necesario conocer la capacidad de conducción de electrones a través del circuito, es decir, cuantos electrones libres pasan por un punto dado del circuito en un segundo. A la capacidad de flujo de electrones libres se le llama corriente y se le designa, en general por la letra  $I$ , que indica la intensidad del flujo de electrones; cuando una cantidad muy elevada de electrones pasa a través de un punto en un segundo, se dice que la corriente es de 1 ampere.

La medición de la corriente eléctrica es un flujo de electrones a través de un conductor, debido a que intervienen los electrones, y estos son invisibles. Sería imposible contar cuantos de ellos pasan por un punto del circuitos en 1 segundo, por lo que para medir las corrientes eléctricas se dispone, afortunadamente, de instrumentos para tal fin conocidos como: Amperímetros, miliampermetros, o microampermetros, dependiendo del rango de medición requerido, estos aparatos indican directamente la cantidad de corriente que pasa a través de un circuito.

Generalmente, los ampermetros tienen diferentes escalas en la misma carátula y por medio de un selector de escala selecciona el rango apropiado. Dado que un ampermetro mide la corriente que pasa a través de un circuito se conecta "en serie", es decir, extremo con extremo con otros componentes del circuito y se designa con la letra  $A$  dentro de un círculo.

Tratándose de medición de corriente en circuitos de corriente continua, se debe tener cuidado de conectar correctamente la polaridad, es decir que, por ejemplo, el punto de polaridad negativa del amperímetro se debe conectar al punto de polaridad negativa de la fuente o al lado correspondiente en el circuito.

## 3.2 Voltaje

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

Las cargas eléctricas en un circuito cerrado fluyen del polo negativo al polo positivo de la propia fuente de fuerza electromotriz. Cuando una fuente de energía eléctrica se conecta a través de las terminales de un circuito eléctrico completo, se crea un exceso de electrones libres en una terminal, y una diferencia en el otro; la terminal que tiene exceso tiene carga negativa ( - ) y la que tiene deficiencia carga positiva ( + ). En la terminal cargada positivamente, los electrones libres se encuentran más espaciados de lo normal, y las fuerzas de repulsión es una forma de energía potencial; también se le llama energía de posición.

## 3.3 Factor de Potencia

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura. O sea que el factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno phi pero no es lo mismo. Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electroenergético exigen valores de 0,8 y más.

O es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA). Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.

Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

### **3.4 Potencia**

La potencia eléctrica suele medirse en vatios (W), kilovatios (kW), megavatios (MW), etc. La potencia es transferencia de energía por unidad de tiempo. La potencia puede ser medida en cualquier instante de tiempo, mientras que la energía debe ser medida durante un cierto periodo.

### **3.4.1 Potencia activa**

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

### **3.4.2 Potencia reactiva**

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

### **3.4.3 Potencia aparente**

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ( $\cos \phi=1$ ), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "entretener" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S y se mide en voltiamperios (VA).

### **3.5 Factor K**

Es un número basado en el contenido armónico de corriente de carga que determina la carga máxima segura sobre una fuente de potencia. El factor K está determinado con la medición del valor real RMS de la corriente de cada armónico, multiplicado por el orden del armónico elevado al cuadrado.

La suma total de esto es entonces multiplicada por las pérdidas de corrientes de Eddy. El factor K es básicamente un índice de la habilidad total del transformador para manejar las cargas de corrientes no lineales sin calentamiento normal. Algunos transformadores de distribución están actualmente siendo diseñados con centros magnéticos y devanados para ajustarse a los contenidos armónicos. Un transformador especialmente diseñado para manejar cargas no lineales. A mayor factor K mejor habilidad del transformador para manejar cargas no lineales.

### **3.6 Análisis de armónicos**

La proliferación de equipos que incorporan "convertidores electrónicos de potencia", ha dado lugar a un tipo de consumo en las redes, donde las ondas se apartan notablemente de la forma senoidal. Los receptores, tanto domésticos como industriales incorporan cada vez más convertidores electrónicos (rectificadores, onduladores, etc.). Éstos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consumen resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red.

Estos porcentajes pueden medirse mediante un analizador de armónicos, así como la tasa de distorsión total, THD, que da la relación entre el valor eficaz del rizado y el eficaz de la componente fundamental. El origen del problema de armónicos son los receptores que consumen corrientes distorsionadas (no senoidales).

A pesar de que la tensión en origen suele ser senoidal, las caídas de tensión provocadas por dichas corrientes no senoidales hacen que en los puntos de consumo se tenga una tensión distorsionada y por tanto los usuarios conectados a la red distorsionada sufren los efectos de los usuarios que generan la distorsión de corriente.

### **3.6.1 Distorsión armónica THDV y THDI**

Los armónicos de corriente y voltajes sobrepuestos a la onda fundamental tienen efectos combinados sobre los equipos y dispositivos conectados a las redes de distribución. Para detectar los posibles problemas de armónicos que pueden existir en las redes e instalaciones es necesario utilizar equipos de medida de verdadero valor eficaz, ya que los equipos de valor promedio sólo proporcionan medidas correctas en el caso de que las ondas sean perfectamente sinusoidales.

En el caso en que la onda sea distorsionada, las medidas pueden estar hasta un 40 % por debajo del verdadero valor eficaz. El efecto principal causado por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales.

Mientras mayores sean las corrientes armónicas circulantes a través de los alimentadores de un sistema eléctrico de potencia, más distorsionadas serán los voltajes en los nodos del circuito y más agudos los problemas que pueden presentarse por esta causa.

Los voltajes no sinusoidales son causantes de numerosos efectos que perjudican los equipos conectados al sistema. Entre estos efectos se pueden mencionar la reducción de la vida útil del equipamiento de potencia así como la degradación de su eficiencia y funcionamiento en general.

### Armónicos de Voltaje

Los armónicos de voltaje se manifiestan en muchos puntos del sistema de distribución ya que estas alteraciones de la onda de voltaje viajan a través de los conductores de este sistema de distribución. Cuando los armónicos de voltaje existen, estos pueden causar malfuncionamientos en equipo electrónico sensible. Con cualquier tipo de armónico presente, el problema que introducen en el sistema no es de mucha gravedad.

Cuando ocurre un problema de bajo voltaje o de pérdida de voltaje, el sistema eléctrico termina sin energía por un periodo de tiempo. Pero esto generalmente produce solamente problemas operacionales, no pérdida de equipo. Es muy raro que el equipo de producción sufra daño permanente debido a una pérdida de energía. Es más común que un apagón cause una pérdida de producción. Por lo tanto, cuando la energía eléctrica falla y no hay un UPS el equipo no trabajara hasta que la energía vuelva.

Sin embargo, cuando hay picos transitorios de voltaje tales como en una descarga eléctrica cercana o conmutaciones rápidas si puede producirse daños extensos a muchos componentes del sistema de la distribución así como del equipo de producción dentro de un inmueble o edificio. Las descargas eléctricas y las conmutaciones rápidas, producen una elevación en el voltaje nominal en las líneas de energía para uso general.

Este voltaje más alto puede causar fallas del aislamiento en conductores, transformadores, paneles, interruptores y en el equipo electrónico. Si el pico de voltaje es suficientemente alto, este puede causar arcos dentro del equipo, quemándose cualquier cosa en su trayectoria y causando fallas masivas en el sistema de la distribución. Ha habido casos donde el rayo vaporizado totalmente los conductores dentro de la chaqueta aisladora de los cables, dejando solamente una cáscara vacía, socarrada. Los picos de voltaje producidos por conmutaciones rápidas no producen daños tan dramáticos, sin embargo pueden crear picos de voltajes dentro del equipo sensible, causando fallas operacionales.

### Armónicos de Corriente

Una onda no sinusoidal pura está formada por una onda fundamental a la que superponen ondas de frecuencia múltiplos de la frecuencia fundamental. Estas ondas superpuestas reciben el nombre de armónicos de orden superior. Las distorsiones armónicas de corriente distorsionan la onda de tensión al interactuar con la impedancia del sistema originando la reducción de la vida útil en motores y causando la operación errática de equipos electrónicos.



Los armónicos de corriente utilizan una porción de la capacidad de conducción de un componente. Un ejemplo, si existen altas corrientes de armónicas en un transformador de 75KVA, este solamente puede llevar por ejemplo solo 50KVA de carga real sin calentarse indebidamente debido a que las corrientes armónicas ocupan el balance. Pero el dueño no reconocerá los armónicos dentro de su sistema hasta que un componente se recaliente y falle.

### **3.7 Captura de perturbaciones**

Los disturbios en el sistema son variaciones generalmente temporales en la tensión del sistema. Que pueden causar mala operación o fallas del equipo. La variación de frecuencia puede ocasionalmente ser un factor en los disturbios del sistema, especialmente cuando una carga es alimentada por un generador de emergencia u ocurre un desequilibrio entre la carga de la planta industrial y la generación debido a la pérdida del suministro eléctrico.

Sin embargo cuando el sistema eléctrico del usuario está interconectado a una red de potencia relativamente fuerte, la variación de frecuencia resulta a veces de preocupación insignificante.

#### **Disturbios por Sobretensiones Transitorias**

Las sobretensiones transitorias se refieren a variaciones en la forma de onda de tensión que dan como resultado condiciones de sobretensión durante una fracción de ciclo de la frecuencia fundamental. Las fuentes comunes de estos transitorios son los rayos, operación de los dispositivos de interrupción de los sistemas eléctricos y el arqueado de conexiones flojas o fallas intermitentes.

Las consideraciones claves se resumen como sigue; para equipo eléctrico tradicional estas sobretensiones han sido manejadas diseñando el equipo para soportar sobretensiones de magnitudes de varias veces la tensión pico normal y al mismo tiempo aplicar pararrayos y algunas veces capacitores para frente de onda, con objeto de asegurar que las tensiones no excedieran los niveles de diseño del equipo.

El equipo electrónico generalmente no tiene la misma capacidad de aguante como los equipos eléctricos más tradicionales. De hecho el uso de pararrayos que limitan los transitorios a dos o tres veces la tensión nominal pico puede no proporcionar una protección adecuada a este equipo. En ese caso, los dispositivos de protección contra frente de onda para equipo electrónico pueden necesitar reactores en serie, capacitores en paralelo y/o dispositivos electrónicos, además de pararrayos resistivos no lineales, para proporcionar una protección adecuada.

Cuando no se logra esta protección pueden ocurrir fallas o mal funcionamiento. La conmutación de bancos de capacitores, ya sea en la planta industrial o en la red del sistema eléctrico puede causar el funcionamiento defectuoso de algunos equipos. En años recientes se ha vuelto un problema común asociado con el disparo inexplicable de muchos impulsores de CA pequeños. Muchos de estos impulsores están diseñados para desconectarse de la línea por una sobretensión del 10 al 20 % con duración de una fracción de ciclo. Ya que muchos bancos de capacitores de empresas eléctricas son conmutados diariamente, este problema podría ocurrir en forma muy frecuente.

Este indeseable problema de disparo puede usualmente remediarse agregando un reactor en serie con el dispositivo sensible, o modificando su característica de disparo. Otras soluciones pueden incluir la reducción del transitorio en el banco de capacitores. La operación de los capacitores se asocia también ocasionalmente.

### **3.8 Desbalance**

Son las diferencias entre los vectores de las tres fases, dada numéricamente por la relación entre la componente de secuencia negativa o cero y la componente de secuencia positiva, expresada usualmente como porcentaje. Normalmente este problema se debe al desbalance de cargas trifásicas o en la presencia de cargas monofásicas y bifásicas.

Es una condición para la cual las tres tensiones del sistema trifásicos, difieren en magnitud y/o no están desfasadas  $2\pi/3$  radianes entre sí. La magnitud del desbalance máxima de la tensión de cada una de las tres fases con respecto a la magnitud promedio del sistema trifásico, y es dividida por la magnitud promedio.

El ángulo de fase del desbalance es la máxima desviación de la diferencia de ángulos de fases entre las tres tensiones del sistema, dividida entre  $2\pi/3$  radianes. La relación de desbalance de secuencia negativa es la relación entre las tensiones de la secuencia negativa y la secuencia positiva, multiplicada por 100%. La relación de desbalance de secuencia cero es la relación entre las tensiones de secuencia cero y la secuencia positiva por 100%.

### 3.9 Redes de tierras

La tierra de servicio: la puesta a tierra de servicio corresponde a un método de protección contra elevaciones de tensión producidas por fallas en el sistema de distribución (corte del neutro en el tendido eléctrico). La "tierra de servicio" consiste básicamente en conectar a tierra el neutro de la instalación eléctrica, comúnmente en el punto de empalme, mediante un electrodo de cobre, o bien, un enmallado.

Tierra de Protección: la puesta a tierra de protección es uno de los elementos más importantes de una instalación eléctrica, en lo que se refiere a protección a las personas contra contactos indirectos. Este sistema consiste en conectar a tierra todos los elementos conductores (carcasas) de los equipos que, bajo condiciones normales, no deberían presentar tensiones de contacto peligrosas. Es para esto que a los enchufes llegan tres alambres (fase, neutro y tierra), lo que permite que cada artefacto que sea enchufado a una toma de corriente pueda quedar conectado a la tierra de protección.

Una buena puesta a tierra de protección nos asegura que ante una falla de aislamiento se produzca la descarga a tierra operando las protecciones del caso y no quede esta falla latente, a la espera de que alguien toque esa superficie para canalizarse a través de esa persona, electrocutándola. El buen funcionamiento de la puesta a tierra depende del valor de resistencia eléctrica que se logre en su instalación. En la práctica, como sistema de tierra de protección se emplean electrodos de cobre o barras tipo Copperweld, o bien, enmallados de conductor de cobre, enterrados a cierta profundidad. Los resultados de resistencia que se logren para la "tierra de protección" dependerán del tipo de suelo (humedad y sales que contenga), superficie que abarque la puesta a tierra, y ciertos parámetros eléctricos del sistema.

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas. La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" o Resistividad del terreno.

La resistividad del terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

- Sales solubles
- Composición propia del terreno
- Estratigrafía
- Granulometría
- Estado higrométrico
- Temperatura
- Compactación

Sales Solubles: la resistividad del suelo es determinada principalmente por su cantidad de electrolitos; esto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas. Como ejemplo, para valores de 1% (por peso) de sal (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, pero, para valores menores de esa cantidad, la resistividad es muy alta.

Composición del Terreno: la composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 ohm-m por lo que una varilla electrodo enterrada 3 m tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 ohms respectivamente. En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 ohm-m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

Estratigrafía: el terreno obviamente no es uniforme en sus capas. En los 3 m de longitud de una varilla electrodo típica, al menos se encuentran dos capas diferentes de suelos. En XX se encuentran ejemplos de diferentes perfiles de resistividad.

Granulometría: influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la arena y de que ésta sea mayor que la de la arcilla.

Estado Higrométrico: el contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático. Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de éste. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Y, puede tenerse el caso de que en tiempo de secas, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.

Temperatura: a medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno y ese aumento se nota aún más al llegar a 0° C, hasta el punto que, a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelación, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos los cuales influyen en la resistividad de la tierra

Compactación: la resistividad del terreno disminuye al aumentar la compactación del mismo. Por ello, se procurará siempre colocar los electrodos en los terrenos más compactos posibles.

### **3.9.1 Condición actual**

Actualmente, el edificio no cuenta con una red de tierras instalada, también denominado toma de conexión a tierra, por lo que la instalación eléctrica serviría para evitar el paso de corriente al usuario por un fallo del aislamiento de los conductores activos.

Al instalar la red de tierra nos proporcionaría un camino de poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito "a tierra" en lugar de pasar a través del usuario; y así poder brindar una instalación segura.

### **3.9.2 Medición de la resistividad del suelo.**

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión. En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación más económica. El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o *Megger* de tierras de cuatro terminales. Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de 2 tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa. Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea.

De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas. También estos aparatos de repente tienen oscilaciones en sus lecturas y no es posible leerlas. Un aparato inteligente, lleva conductores blindados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que halla, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce.



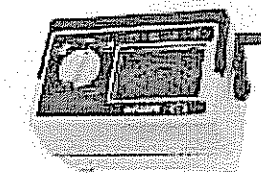
Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 Hz y mide; luego manda otra señal de 150 Hz y vuelve a medir y puede seguir enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio.

Los terrómetros son analógicos o digitales y deben contener 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 m aproximadamente.

Los terrómetros tienen cuatro terminales 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencial (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

Como la medición obtenida por un terrómetro es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido, en otro a 90 grados del primero, y, en el sentido de las diagonales. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores capturados.

**Figura 5. Megger de tierras**



### **3.10 Pararrayos**

Todos los pararrayos que acaban en una o varias puntas tienen como principio la excitación y captación del rayo. En mayor o menor grado generan efectos secundarios de contaminación electrostática y electromagnética que afectan con la posible destrucción a las instalaciones eléctricas y equipos, por ese motivo los fabricantes de pararrayos recomiendan protecciones suplementarias en las instalaciones internas para minimizar los efectos de la subida de tensión temporal (sobre tensión) en los equipos eléctricos, de telecomunicaciones, audiovisual y cualquier otro que contengan electrónica sensibles, durante la descarga del rayo en el pararrayos.

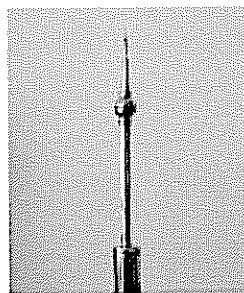
Durante la evolución industrial, no existían tecnologías electrónicas tan sensibles como las actuales, si miramos a nuestro alrededor, pocos son los equipos eléctricos o electromecánicos que no llevan incorporado un sistema electrónico de control para facilitarnos los procesos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, todos ellos incorporan componentes electrónicos cada vez mas reducidos y sensibles a las variaciones de tensión y frecuencia.

Es evidente que les afecta la contaminación eléctrico ambiental y dependen de la continuidad y calidad en el suministro eléctrico o en la comunicación de la información, por ese motivo se tiene que evitar en lo posible las fuentes que generan perturbaciones electromagnéticas, como por ejemplo los impactos de rayos cercanos o las instalaciones de pararrayos Franklin tipo punta o PDC ( pararrayos con Dispositivo de Cebado ) que excitan y atraen la descarga del rayo dentro de los núcleos industriales o urbanos.

Algunas de las normativas de pararrayos: Las normas actuales relacionadas con las instalaciones reglamentarias de pararrayos, pretenden como objetivo de la protección del rayo, salvaguardar la vida de las personas y animales junto a sus propiedades y remarcan que en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el fenómeno de las tormentas eléctricas, sino sólo una protección adecuada.

Las normativas dejan abierta la posibilidad de aplicar otros sistemas de protección, donde la necesidad de soluciones para la protección del rayo sea particularmente más exigente.

**Figura 6. Pararrayos Franklin**



### **3.10.1 Condición actual**

Actualmente las instalaciones de la Biblioteca Nacional no cuenta con un pararrayos el cual evitaría el impacto directo en la zona que protegería, este canalizaría la energía hacia la red de tierras, y así poder disminuir la posibilidad de daños a equipo electrónico.

La instalación del pararrayos nos ayudaría a dar una trayectoria segura en caso de una descarga atmosférica (rayo); el producto de la descarga produce un intenso y brusco incremento del campo eléctrico; originando una zona de riesgo de impacto, si la zona de riesgo tiene lugar cerca del pararrayos, la brusca variación del campo eléctrico accionaría simultáneamente el sistema de control del que, en sincronía con la aproximación del rayo, proporcionaría una vía de descarga a tierra controlada y segura.

### **3.11 Iluminación**

La iluminación es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar conseguir un nivel de iluminación o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar. En religión se denomina iluminación al esclarecimiento religioso interior místico experimental o racional.

### **3.11.1 Revisión visual**

En la revisión visual se pudo destacar la pérdida de iluminación y cableado, así como los interruptores de apertura, cierre de los circuitos eléctricos. De tal manera se encontró que la iluminación de ciertas áreas del edificio era escasa o deficiente. Se constato que la falta de limpieza de los diversos aparatos de alumbrados, disminuye la cantidad de flujo luminoso que va dirigido hacia el área a iluminar.

El diseño y puesta en servicio de un sistema de iluminación y tomas para mejorar las condiciones actuales, así como un mantenimiento rutinario, ayudaría a poder obtener los niveles adecuados de iluminación en los espacios de trabajo. Todo lo antes expuesto constituye una base relevante para este trabajo de investigación.

### **3.11.2 Características de las luminarias**

Descripción general, características físicas, aplicación, ahorro de energía, costo, vida útil, disponibilidad, beneficios para el usuario y recomendaciones de los siguientes equipos:

#### **Balastos Electromagnéticos de Alta Eficiencia**

- Descripción general: Son balastos fabricados con alta tecnología y mejores materiales para reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida.

- Características físicas: Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente incluyen dermoprotector para evitar sobrecalentamientos internos.
- Aplicación: Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas existentes y su aplicación es muy recomendable.
- Ahorro de energía: Ahorran directamente 10% en promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica.
- Costo: Es variable de acuerdo con el fabricante y la cantidad pero cuestan aproximadamente 40% más que los normales.
- Vida útil: Por trabajar a temperaturas menores que los normales, viven más que ellos. La garantía de los fabricantes es de unos 4 años, pero pueden vivir de 10 a 12. para cálculos prácticos se acostumbra considerar una vida útil de 50000 horas.
- Disponibilidad: Se encuentran disponibles en el mercado, aunque no ampliamente.
- Beneficios para el usuario: El ahorro de energía es atractivo, con Factor de Balastro (FB) similar a los normales y Factor de Eficacia de Balastro superior. Al reducir la carga térmica se ahorra también en el equipo de acondicionamiento ambiental. Como son balastos termoprottegidos no desalojan compuesto asfáltico ni humos.
- Recomendaciones: Deben acoplarse a lámparas compatibles con ellos y se debe tener cuidado de la procedencia ya que han llegado al mercado productos de origen oriental que no cumplen con los requisitos mínimos de calidad ni seguridad.

## Balastos Electrónicos

- Descripción: Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 Watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara.
- Características físicas: Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker.
- Aplicación: En todas las aplicaciones de los balastos normales, excepto en lugares con temperaturas o vibración excesivas.
- Ahorro de energía: En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con los balastos y lámparas normales, pero el ahorro depende de una serie de variables que deben ser siempre consideradas.
- Costo: El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados cuestan entre 4 y 5 veces más que los convencionales.
- Vida útil: Aunque es uno de los parámetros más difíciles de evaluar se estima una vida de 20 años, pero esto depende del fabricante y de las condiciones de operación. Para fines prácticos generalmente se consideran 50000 horas.
- Beneficios para el usuario: Como trabajan con máximo Factor de Eficacia de Balastro (BEF), a alta frecuencia, con factor de cresta idóneo, excelente regulación, mínimo nivel de ruido, dermoprotector integrado, pérdidas reducidas y otras cualidades, prestan una serie de beneficios técnicamente insuperables para el usuario.

- Disponibilidad: Fabricantes nacionales producen actualmente balastos electrónicos del tipo discreto, pero pueden conseguirse algunas marcas importadas de balastos tipo integrado con posibilidad de controlar la potencia de lámpara.
- Recomendaciones: Deben instalarse en lugares con ventilación aceptable y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra.

#### Lámparas fluorescentes ahorradoras

- Descripción general: Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10–20% menos de consumo a cambio de 5–10% de reducción de luz.
- Características físicas: Están rellenas de mejores gases, recubrimientos fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes y una fina banda conductora interna.
- Aplicación: Pueden usarse en prácticamente todos los casos en que se encuentren instaladas lámparas convencionales, ya que se fabrican de las mismas dimensiones y formas, aunque deben observarse las recomendaciones que se mencionan posteriormente.
- Ahorro de energía: Depende de los colores y potencias, pero el aumento de eficacia es de 7% en promedio.
- Costo: Aunque originalmente aparecieron en el mercado con un alto costo, actualmente cuestan entre 50 y 110% más que las lámparas normales equivalentes.
- Vida útil: Bajo condiciones estándar de operación tienen una vida útil de 20000 horas, en comparación con las 12000 horas de las lámparas de encendido rápido normales. Existen en el mercado lámparas que alcanzan ya hasta 26000 horas, cuando son operadas bajo periodos de encendido – apagado normalizados.



- Beneficios para el usuario: Cuando se operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio en el consumo de 24% Contra 10% en reducción de luz.
- Recomendaciones: Las lámparas ahorradoras siempre deben acoplarse a balastos compatibles con ellas.

### Lámparas Fluorescentes Compactas

- Descripción General: Hay una gran variedad de tipos, pero las más comunes son las de dos y cuatro tubos y las circulares. Pueden encontrarse con balastro integrado ó separado y adaptador para socket tipo Edison.
- Características físicas: Las circulares generalmente tienen balastro electromagnético independiente.
- Aplicación: Pueden usarse en instalaciones nuevas ó existentes, Actualmente pueden reemplazar a casi todos los tipos de lámparas A19 y van desde 5 hasta 55 Watts, siendo 9 y 13 Watts las potencias más comunes.
- Ahorro de energía: Incluyendo el balastro, las circulares tienen eficacias entre 35 y 40.
- Vida útil: Entre 7500 y hasta 20000 horas para las otras de 7500 a 12000 las circulares y 50000 horas para los balastos.
- Beneficios para el usuario: El uso de estas lámparas permite reducir el consumo, la demanda máxima y la carga térmica, además de muchos beneficios adicionales como mano de obra para reemplazo, menor costo de cableado, etc.
- Disponibilidad: Ya se encuentran en el mercado nacional prácticamente todos los tipos existentes, de diferentes marcas y precios.

- Recomendaciones: La sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas es una excelente alternativa, pero debe aclararse que originalmente fueron creadas específicamente para sustituir a incandescentes.

#### Lámparas incandescentes con recubrimiento mejorado

- Descripción General: Es una lámpara incandescente de tamaño y forma similar a la convencional con recubrimiento mejorado que permite aumentar la eficacia.
- Características físicas: La superficie interior del bulbo está recubierta con un material que bloquea el paso de la radiación infrarroja, evitando pérdida excesiva de energía por radiación de calor al medio.
- Aplicación: Reemplaza a lámparas tipo A19 de emisión lumínica igual ó menor a 1500 lúmenes, aunque se tienen prototipos para potencias mayores (hasta 900 W).
- Ahorro de energía: Tienen una eficacia de hasta 29 Lm/W, contra una eficacia de 15 a 17 Lm/W de lámparas normales equivalentes.
- Costo: Su precio es entre 4 y 5 veces mayor que la A19.
- Vida útil: Tiene 2000 horas de vida contra 750 horas de la A19 bajo las mismas condiciones de operación.
- Beneficios al usuario: Su temperatura de color, apariencia y rendimiento de color es tan bueno como el de las convencionales.
- Disponibilidad: Por ser de muy reciente desarrollo, no se encuentran todavía en el mercado nacional pero con la apertura comercial se espera que estén disponibles muy pronto.

## Lámparas Incandescentes Elipsoidales

- Descripción general: Están diseñadas de modo que su punto focal coincida con el ángulo de apertura del luminario, reduciendo las pérdidas típicas por absorción de luz.
- Características físicas: Tienen una eficacia nominal similar a las de tipo A ó R pero la eficacia del sistema se incrementa ya que aumenta la salida neta de luz del luminario.
- Aplicación: Se usan típicamente en restaurantes, corredores, y en general en todos los lugares en donde se tengan instaladas lámparas convencionales.
- Ahorro de energía: Se recomienda que las lámparas ER sean de la mitad de la potencia de las lámparas A ó R comunes, aunque en algunos casos la reducción puede hacerse hasta a una tercera parte.
- Costo: Cuestan entre 20% y 40% más que las tipo R sobre la misma base de potencia, pero al hacer la sustitución a potencia reducida los ahorros en inversión son evidentes.
- Vida Útil: Tienen una vida promedio de 2000 horas bajo condiciones normales de operación.
- Beneficios al usuario: Si el luminario no está diseñado para una lámpara en especial, la reducción de luz es imperceptible, pero el ahorro es considerable.
- Disponibilidad: Aunque son lámparas relativamente nuevas, su disponibilidad en el mercado nacional es cada vez mayor.
- Recomendaciones: Hacer un simple análisis con criterios luminotécnicos antes de hacer el reemplazo, evitando la sustitución indiscriminada.

## Reflectores Especulares

- Descripción general: Son reflectores de a base de aluminio pulido al espejo con recubrimientos especiales, presentando un comportamiento especular. Están diseñados para reducir la absorción de luz y evitan la distorsión de la longitud de onda de los rayos incidentes.
- Características físicas: Tienen un diseño óptico optimizado y generalmente diseñado por computadora para satisfacer las necesidades de cada aplicación.
- Aplicación: Se pueden usar sobre todo en instalaciones existentes con depreciación por tiempo y suciedad importantes. Para obras nuevas se debe hacer un estudio cuidadoso para evaluar sus posibles ventajas con respecto a luminarios nuevos.
- Ahorro de energía: Cuando su aplicación es factible, pueden permitir ahorros de 50% en el consumo de energía, ya que reducen el número de lámparas y balastos a la mitad.
- Costo: El costo varía de acuerdo con el fabricante y con las dimensiones pero los ahorros de energía generalmente justifican su adquisición.
- Vida útil: Cuando son de alta calidad pueden mantener los niveles de iluminancia dentro de límites muy aceptables y su vida útil depende del medio y del mantenimiento, pero puede ser de 10 años o más.
- Disponibilidad: Se encuentran desde hace algunos años distribuidores de reflectores importados de muy buena calidad. No deben confundirse estos reflectores con la película adherible al reflector original.
- Beneficios para el usuario: Los beneficios son evidentes, ya que se reduce el consumo, la demanda máxima, la carga térmica y el mantenimiento.

- Recomendaciones: La eliminación del 50% de lámparas y balastos puede reducir los niveles de iluminancia drásticamente (entre 15 y 40%), reducción que la instalación por si sola del reflector no puede compensar. Debe realizarse un cuidadoso estudio técnico-económico con criterios luminotécnicos y energéticos para decidir su instalación.

De Mercurio: el espectro de las lámparas de vapor de Mercurio contienen líneas fuertemente en la región ultra violeta y visible. El espectro del mercurio consiste en 4 líneas cuyas longitudes de onda en el espectro visible son 408, 436, 546 y 578 NM y dos en la región ultra violeta 334 y 365 manómetro o sea la luz producida por una fuente de mercurio, es blanco azulado, en la cual no existe virtualmente radiación roja.

Lámparas de Sodio: las Lámparas de Vapor de Sodio de alta presión emiten luz amarilla, con producción de energía radiante visible en dos longitudes de onda 589 y 600 NM, en la región amarilla del espectro mostramos también la Lámpara de Sodio Baja Presión. Desde el punto de vista de la tenencia de longitudes de onda en el espectro visible es prácticamente monocromática, es decir es la mas mala mirándola en esta dirección, sin embargo es 2 veces mas eficiente que el Mercurio y con una vida aproximadamente igual. A profundizar los objetivos que se persiguen, el iluminar una vía podremos confirmar que salvo excepciones muy pequeñas las lámparas de sodio alta presión son la solución ideal a la iluminación de las vías.

### 3.11.3 Iluminación de áreas

Los niveles mínimos de iluminación que debe presentarse en el plano de trabajo son diversos, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo se presentan a continuación algunos ejemplos:

**Tabla IV. Nivel de iluminación en áreas de trabajo**

Tipo de tarea visual	Ambiente o actividad	Nivel de iluminación recomendado (lux)
Orientación solamente	Zonas de tráfico	20
Tarea visual fácil	Plantas de producción con actividades ocasionales Trabajos bastos de montaje y supervisión.	100 200
Tarea visual normal	Tareas medias, torneado, fresado o calderería, aulas Tareas finas, maquinas con utiliajes u oficinas	300 500
Tarea visual difícil con pequeños detalles y poco contrastes	Oficinas de supervisión, dibujo, oficinas de gran área. Ensayo de colores, montaje mecánico fino, oficinas abiertas con reflectancias medias.	1000 1000
Tarea visual muy difícil	Aseguramiento de la calidad con requerimientos muy altos, reparación de artefactos ópticos o relojería de precisión, procesamiento de textiles.	1500
Detalles muy finos con muy poco contraste.	Grabado de metales y joyería	2000

### **3.11.4 Medición de luxes**

El luxómetro nos permite la medición de los niveles de iluminación que proporcionan los sistemas de iluminación en las estaciones de trabajo o ambientes en donde se encuentran instalados. Las normas internacionales nos dan una referencia de los niveles recomendados para diferentes tipos de ambientes y actividades, de manera que podamos comparar los valores medidos de iluminación en un ambiente y determinar si el sistema de iluminación instalado está sobredimensionado o subdimensionado.

El luxómetro sirve para la medición precisa de los acontecimientos luminosos. Además se puede utilizar el luxómetro para comprobar la iluminación del ordenador, del puesto de trabajo, en la decoración de escaparates y para el mundo del diseño.

### **3.12 Instalaciones especiales**

Las instalaciones especiales con las que cuenta la Biblioteca no son en sí instalaciones especiales, más bien son redes de cómputo y telefónica, las que por diversas razones se encuentran por el edificio sin conductos especiales para evitar problemas en dichos sistemas; las interferencias que se pueden producir así como los daños a estos equipos puede ser evitada si se ubican estas redes en conductos especiales para la transmisión de información de estos equipos.

### **3.12.1 Equipo electrónico sensible y crítico**

Problemas que ocasionan el ruido y los impulsos en el equipo sensible. El ruido y los impulsos pueden ocasionar mal funcionamiento en cargas con circuitos electrónicos, especialmente equipos de cómputo. El mal desempeño puede ocasionar que el equipo se detenga, se pisme, se inhiba.

Este alto en el funcionamiento se puede manifestar como un error de paridad, un teclado bloqueado, un error de lectura/escritura o pérdida de archivos. Por otro lado si los impulsos son de magnitud considerable, los daños pueden llegar a ser incluso hasta físicos. Frecuentemente este tipo de problemas se atribuye a problemas del software o del hardware. El ruido y los impulsos son aleatorios y pueden pasar inadvertidos.

Tanto las variaciones rápidas (sags y swell) como las variaciones de larga duración (undervoltage y overvoltage) pueden ocasionar mal funcionamiento si se sobrepasan los límites de voltaje. No siempre se ocasiona mal funcionamiento por variación de voltaje. Si la magnitud y la duración del disturbio son pequeñas no se causa mal desempeño.

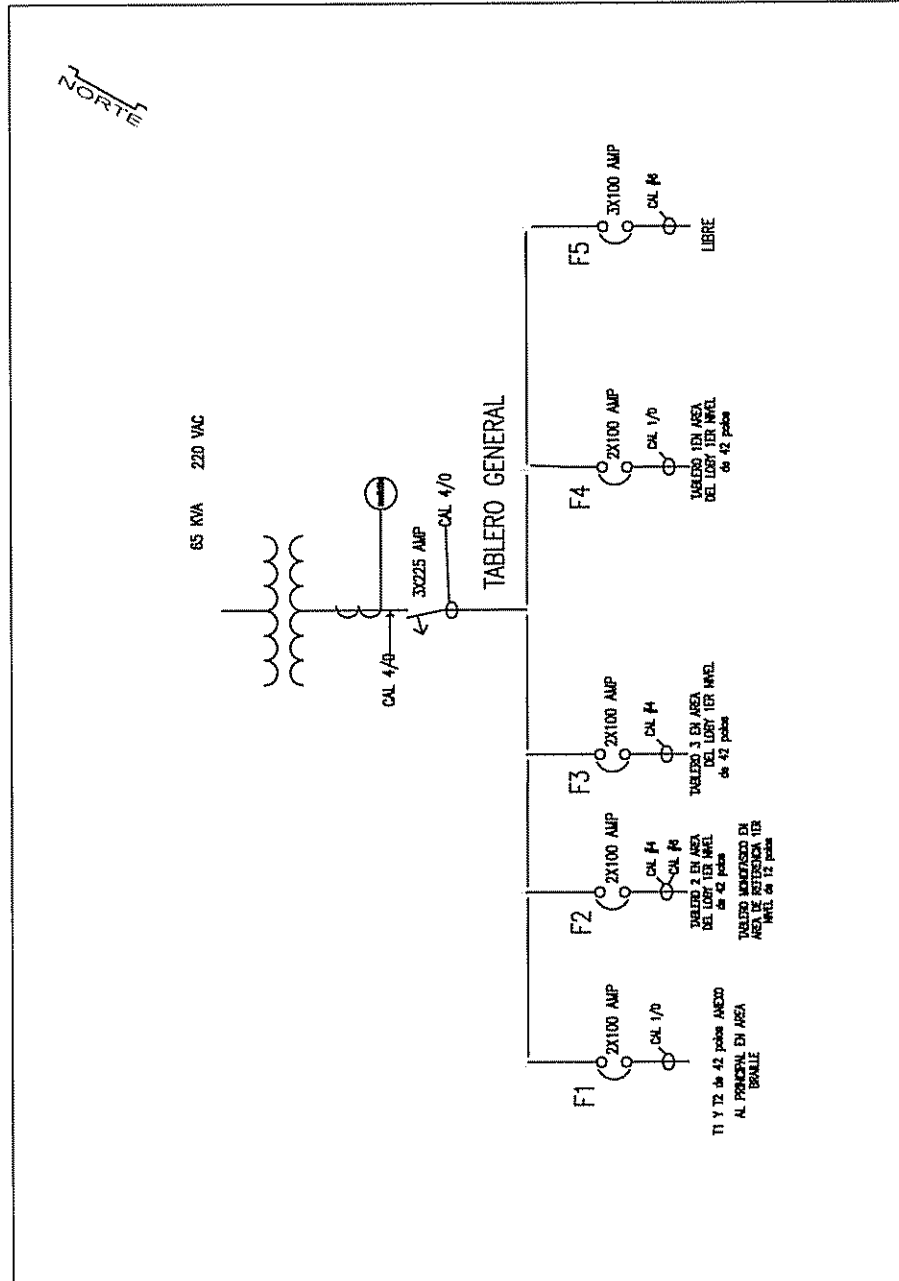
El nivel de susceptibilidad a los disturbios en el voltaje de alimentación en los equipos de cómputo es difícil de medir. Así los fabricantes de estos equipos han generado una grafica que indica los niveles de tolerancia de los mismos. Un impulso transitorio con duración de una centésima de ciclo y con magnitud de 3.5 el voltaje pico nominal no es permisible, mientras que uno con la misma duración pero con 1.5 el valor pico nominal si es permisible.



Por otro lado, un swell con duración de 10 ciclos y magnitud de 1.5 veces el valor rms nominal o bien un sag con la misma duración pero con 0.25 veces el valor rms nominal pudiera no ser tolerado por el equipo.

En sistemas eléctricos industriales los sags son los disturbios eléctricos más comunes y estos pueden ser causados por fallas dentro o fuera de la planta. Otra causa de sags son los arranques de motores grandes, aunque en este caso la caída de voltaje no es tan severa.

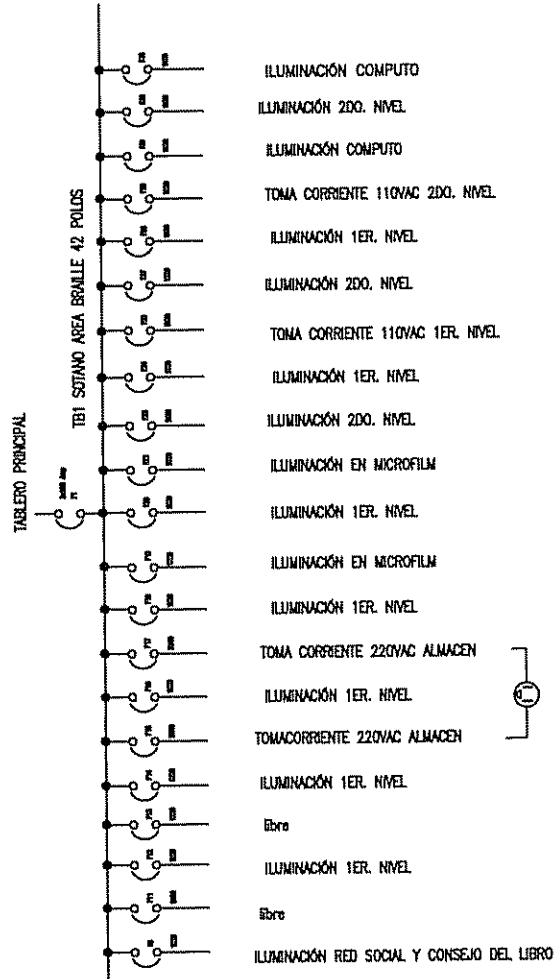
# 4. DIAGRAMAS UNIFILARES




OFICINA PROFESIONAL SUPERVISADO EPS FACULTAD DE INGENIERIA		INGENIERO NACIONAL DE GUATEMALA "LUIS CARDOSA Y ABADIN"	
DIRECCION: 5a. Av. 7a. CALLE ZONA I	MUNICIPIO DE: GUATE	DEPARTAMENTO DE: GUATE	CALCULO: LUIS ALFONSO CHANG N.
DIBUJO: LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO			FECHA: DICIEMBRE DE 2008
			ESCALA: INDICADA

SUPERVISOR DE EPS
DIRECTORA DE BIBLIOTECA

NORTE

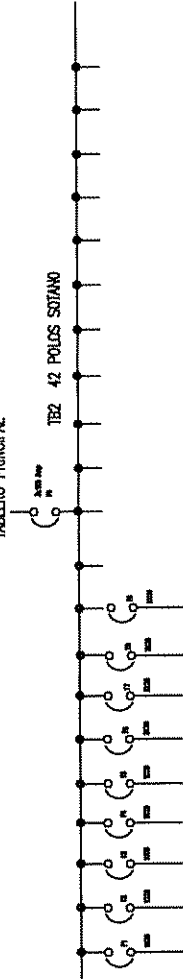


MINISTERIO PROFESIONAL REGISTRO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA		BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA "SIS GARCÉS Y AMOR"		
DIRECCIÓN: Ed. Av. 7a. CALLE ZONA 1 MUNICIPIO DE: GUATE. DEPARTAMENTO DE: GUATE. CARGO: LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO	CÁLCULO: LUIS ALFONSO CHANG N. FECHA: DICIEMBRE DE 2006 ESCALA: INDICADA			
H O J A		SUPERVISIÓN DE EPS		DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA

NORTE

TABLERO PRINCIPAL

TB2 42 POLOS SOTANO



ILUMINACION CANJE Y DONACION

ILUMINACION CANJE Y DONACION

ILUMINACION CARPINTERIA

ILUMINACION BRAILLE

ILUMINACION BODEGA Y BAÑOS

ILUMINACION CONTA. Y PROYECTOS

ILUMINACION CORREDOR, ALMACEN Y GARAJE

ILUMINACION CONTABILIDAD

ILUMINACION CORREDOR

UNIVERSIDAD POLITECNICA SUPERIOR  
EPS FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE GUATEMALA  
"LOS CAJONES Y ARAUCO"

DIRECCION: Ca. Av. 7a. CALLE ZONA 1

CALCULO: LUIS ALFONSO CHANG N.

MUNICIPIO DE: GUATE. DEPARTAMENTO DE: GUATE.

FECHA: DICIEMBRE DE 2008

DESIGNO: LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO

ESCALA: INDICADA

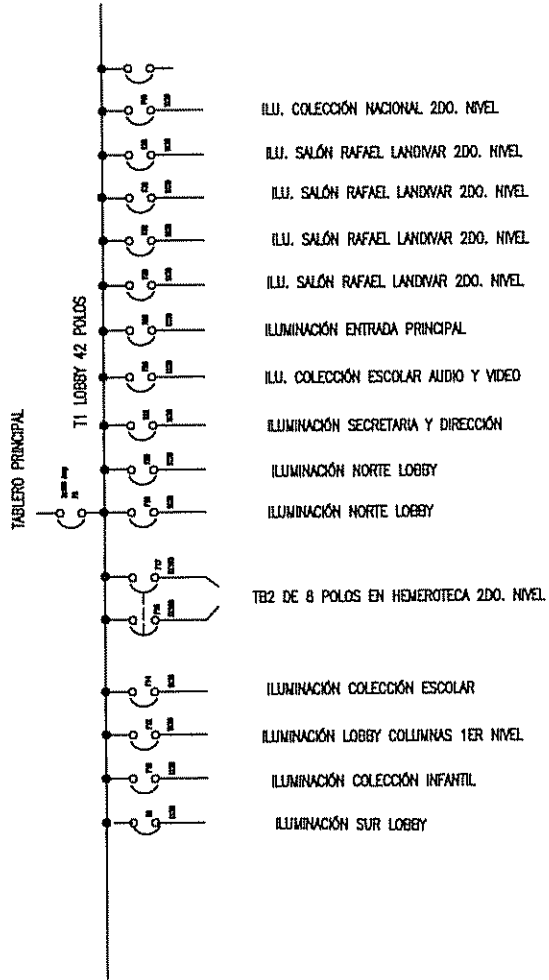


H  
O  
J  
A

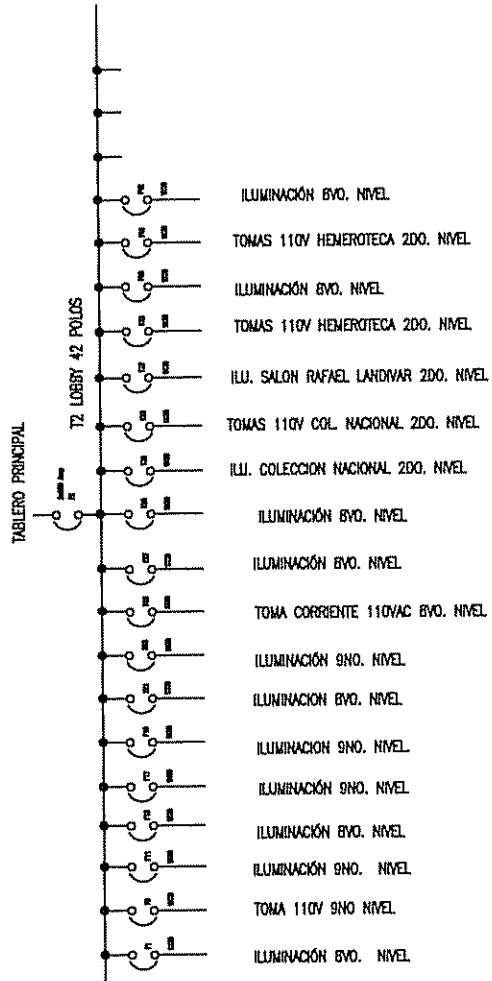
SUPERADOR DE EPS

DIRECTOR DE BIBLIOTECA

NORTE

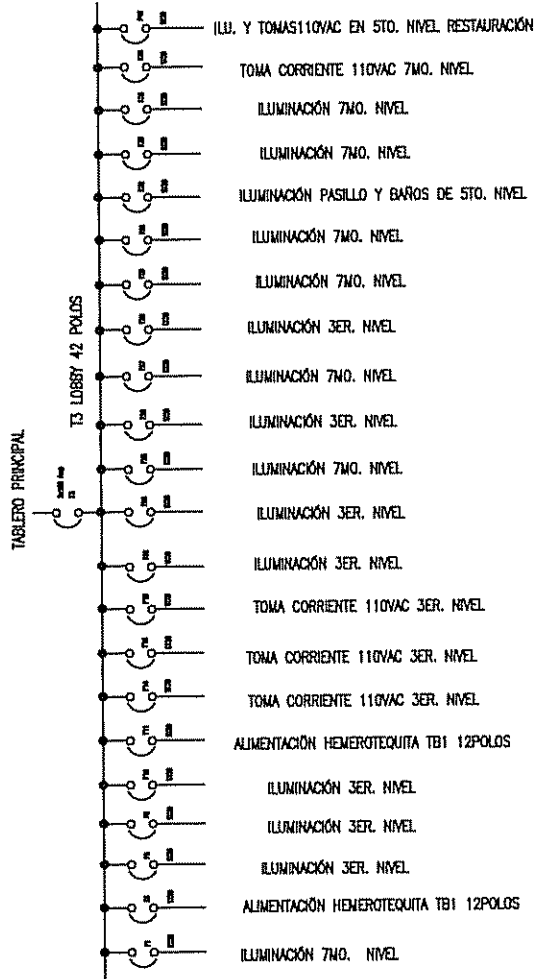


SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA SBI FACILIDAD DE IMPRESION		BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA "LUDO CARRERA Y ALVARO"		
DIRECCION: 5a. Av. 7a. CALLE ZONA 1 MUNICIPIO DE QUATE. DEPARTAMENTO DE QUATE. DISEÑO: LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO	CALIFICACION: LUIS ALFONSO CHANG N. FECHA: DICIEMBRE DE 2008 ESCALA: INDICADA			
N O J A		SUPERVISOR DE EPS		DIRECTORA DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD SUPERIOR DE GUATEMALA		ESCUELA TÉCNICA NACIONAL DE ELECTRICIDAD	
FACULTAD DE INGENIERÍA		"CARO CASTAÑO Y ARRIAGA"	
DIRECCIÓN: Sr. Av. 7a. CALLE ZONA 1	CÁLCULO: LUIS ALFONSO CHANG N.		
MUNICIPIO DE: GUATE. DEPARTAMENTO DE: GUATE.	FECHA: DICIEMBRE DE 2009		
DESIGNO: LUIS ALFONSO CHANG NAVARRO	ESCALA: INDICADA		
SUPERVISOR DE EPS		DIRECTOR DE BIBLIOTECA	

NORTE



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA		BIBLIOTECA NACIONAL DE GUATEMALA "Luis Carreros y Abior"	
DIRECCIÓN: Sr. M. 7a. CALLE ZONA 1 MUNICIPIO DE: GUATE. DEPARTAMENTO DE GUATE. DISEÑO: LUIS ALFONSO CHANG NAWARRO	CÁLCULO: LUIS ALFONSO CHANG N. FECHA: DICIEMBRE DE 2008 ESCALA: INDICADA		
SUPERVISOR DE EPE			

## 5. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

La selección del calibre del conductor debe realizarse tomando en consideración tres criterios la capacidad de transporte del conductor, la caída de voltaje y el análisis económico.

Los dos primeros criterios deben de considerarse primero y de forma independiente para luego proceder a realizar una comparación y proceder entonces a tomar una decisión. En común que ambos resultados difieran uno de otro, por lo que deber de considerarse el que indica mayor sección transversal, debido a que así la regulación de voltaje será de forma adecuada y llenara los requisitos de capacidad de conducción de la corriente.

Para el cálculo de conductores por capacidad de transporte es importante tomar en consideración, la conductividad del metal conductor y la capacidad térmica del aislamiento; en cuanto a la conductividad, se puede encontrar una diversidad de tablas en la cuales se proporciona la resistencia eléctrica, factor importante puesto que determina la calidad de potencia perdida por calor en el conductor, pero hay que tomar en consideración que la resistencia en dichas tablas es para una corriente directa; ya que en corriente alterna aparece el efecto piel, al presentarse dicho efecto la corriente circula por la superficie del conductor y no por dentro de él, lo cual provoca un incremento en la resistencia del conductor y por otro lado se tiene la reactancia inductiva, lo que provoca una impedancia del conductor, mayor que la resistencia directa. Esto ha provocado que se desarrollen factores de corriente para así obtener los valores de resistencia en corriente alterna.



Es recomendable no cargar un conductor a más del 80% de su capacidad nominal, cuando es seleccionado en base a corriente puesto que es un sistema dinámico, dicho sistema hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor; por otro lado, existe una reducción en la capacidad de transporte de corriente en el conductor. Al aplicar correctamente los factores de corrección por cantidad de conductores no se debe de tomar en cuenta los conductores de neutro y tierra, puesto que se asume que no circula corriente en ellos.

## 5.1 Cálculo de conductores

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

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

Para el cálculo de los conductores se debe conocer las siguientes fórmulas:

$$V = I \times R$$

$$P_e = V \times I \times \cos \Theta$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Theta$$

$$R = \frac{L}{a \times k}$$

$$P_{\text{aparente}} = \text{No. De lámparas} \times \text{Watts} \times \cos \Theta$$

$$I = P_{\text{aparente}} / V$$

$$L = 2 \times d \quad \text{para circuitos monofasicos}$$

$$L = \sqrt{3} \times d$$

$$e = \frac{I \times L}{a \times k}$$

$$a = \frac{I \times L}{e \times k}$$

$$K_{\text{cu}} = \text{conductividad del cobre} = \frac{57 \text{mm}^2}{\Omega - \text{m}}$$

$$K_{\text{al}} = \text{conductividad del aluminio} = \frac{36 \text{mm}^2}{\Omega - \text{m}}$$

Donde:

v = voltaje

I = corriente

R = resistencia

Pe = potencia monofasica

P3 $\Theta$  = potencia trifásica

Cos  $\Theta$  = factor de potencia

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

K = conductividad

e = porcentaje de caída de tensión

L = longitud en metros

Para este cálculo se debe de tomar en cuenta que el tablero principal alimenta 5 tableros descritos a continuación: TB1 sótano, TB2 sótano, T1 lobby, T2 lobby & T3 lobby; estos tableros contienen circuitos monofasicos y son conductores de cobre; cada una de las cargas de dichos tableros se encuentra descrita en la sección de diagramas.

### **Cálculo de conductores para el tablero TB1 sótano:**

1. Circuito Red Social y Consejo del Libro

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 17.5 = 35 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 4 \times 40 \times 1 = 960 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 960 / 120 = 8 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{8 \times 35}{3.6 \times 57} = 1.36 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

2. Circuito Microfilm

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 27 = 54 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3 \times 4 \times 40 \times 1 = 480 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 480 / 120 = 4 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{4 \times 54}{3.6 \times 57} = 1.052 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

3. Circuito Microfilm

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 27 = 54 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 4 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 54}{3.6 \times 57} = 1.40 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

4. Circuito Cómputo

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 72 = 144 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 4 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 144}{3.6 \times 57} = 3.74 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

5. Circuito Cómputo

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 72 = 144 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 4 \times 40 \times 1 = 1440 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1440 / 120 = 12 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{12 \times 144}{3.6 \times 57} = 8.42 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 6}$$

#### 6. Circuito C3mputo

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 60 = 120 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 8 \times 2 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 120}{3.6 \times 57} = 3.12 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

#### 7. Circuito C3mputo

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 55 = 110 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 2 \times 40 \times 1 = 720 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 720 / 120 = 6 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{6 \times 110}{3.6 \times 57} = 3.21 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

8. Circuito C3mputo

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 45 = 90 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 2 \times 40 \times 1 = 880 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 880 / 120 = 7.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{7.33 \times 90}{3.6 \times 57} = 3.21 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

9. Circuito 2 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 53.5 = 107 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 13 \times 1 \times 20 \times 1 = 260 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 260 / 120 = 2.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.17 \times 107}{3.6 \times 57} = 1.13 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

10. Circuito 2 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 47.5 = 95 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 13 \times 1 \times 20 \times 1 = 260 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 260 / 120 = 2.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.17 \times 95}{3.6 \times 57} = 1.00 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

11. Circuito 2 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 43.5 = 87 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14 \times 1 \times 20 \times 1 = 280 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 280 / 120 = 2.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.33 \times 87}{3.6 \times 57} = 0.99 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

12. Circuito 2 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 41.5 = 83 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 12 \times 1 \times 20 \times 1 = 420 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 240 / 120 = 2 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2 \times 83}{3.6 \times 57} = 0.81 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

13. Circuito 2 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 33.5 = 67 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14 \times 1 \times 20 \times 1 = 280 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 280 / 120 = 2.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.33 \times 67}{3.6 \times 57} = 0.67 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

14. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 51.25 = 102.50 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.5 \times 102.50}{3.6 \times 57} = 0.75 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

15. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 46.75 = 93.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.5 \times 93.5}{3.6 \times 57} = 0.68 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$



16. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 43.5 = 86.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 1 \times 20 \times 1 = 200 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 200 / 120 = 1.66 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.66 \times 86.5}{3.6 \times 57} = 1.052 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

17. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 40.75 = 81.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 1 \times 20 \times 1 = 200 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 200 / 120 = 1.66 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.66 \times 81.5}{3.6 \times 57} = 0.66 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

18. Circuito1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 33.75 = 67.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 8 \times 1 \times 20 \times 1 = 160 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 160 / 120 = 1.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.33 \times 67.5}{3.6 \times 57} = 0.44 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

19. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 31.25 = 62.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.5 \times 62.5}{3.6 \times 57} = 0.46 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

20. Circuito 1 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 28.75 = 57.5 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.833 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.833 \times 57.5}{3.6 \times 57} = 0.51 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

### Cálculo de conductores para el tablero TB2 sótano:

1. Circuito Corredor sótano

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 35 = 70 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 7 \times 4 \times 40 \times 1 = 1220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1220 / 120 = 9.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{9.33 \times 70}{3.6 \times 57} = 3.18 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

2. Circuito Contabilidad

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 45 = 90 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 5 \times 2 \times 40 \times 1 = 400 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 400 / 120 = 3.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{3.33 \times 90}{3.6 \times 57} = 1.46 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

3. Circuito Comedor, almacén y garage

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 45 = 90 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 4 \times 40 \times 1 = 1600 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1600 / 120 = 13.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{13.33 \times 90}{3.6 \times 57} = 5.84 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 8}$$

#### 4. Circuito Contabilidad y proyectos

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 53.2 = 106 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 4 \times 40 \times 1 = 1040 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1040 / 120 = 8.66 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{8.66 \times 106}{3.6 \times 57} = 4.48 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

#### 5. Circuito Bodega y baños

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (13+15+20+10) = 116 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 100 \times 1 = 1100 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1100 / 120 = 9.16 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{9.16 \times 116}{3.6 \times 57} = 5.18 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

6. Circuito Braille

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (5+7+6) = 36 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2 \times 4 \times 40 \times 1 + 3 \times 1 \times 40 \times 1 = 440 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 440 / 120 = 3.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{3.67 \times 36}{3.6 \times 57} = 0.64 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

7. Circuito Carpintería

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 20 = 40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2 \times 2 \times 40 \times 1 = 160 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 160 / 120 = 1.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.33 \times 40}{3.6 \times 57} = 0.26 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

8. Circuito Canje y Donación

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 42 = 84 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14 \times 1 \times 100 \times 1 = 1400 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1400 / 120 = 11.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{11.67 \times 84}{3.6 \times 57} = 4.78 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

9. Circuito Canje y Donación

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (28+9) = 74 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 13 \times 1 \times 100 \times 1 = 1300 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1300 / 120 = 10.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{10.83 \times 74}{3.6 \times 57} = 3.91 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

#### **Cálculo de conductores para el tablero T1 lobby:**

1. Circuito lobby entre columnas

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 32 = 64 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3 \times 4 \times 40 \times 1 + 4 \times 4 \times 25 \times 1 = 800 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 800 / 120 = 6.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{6.67 \times 64}{3.6 \times 57} = 2.07 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

2. Circuito Colección General

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 32 = 68 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 4 \times 40 \times 1 = 1600 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1600 / 120 = 13.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{13.33 \times 68}{3.6 \times 57} = 4.42 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

### 3. Circuito Colección General

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 19 = 38 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 4 \times 40 \times 1 = 1600 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1600 / 120 = 13.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{13.33 \times 38}{3.6 \times 57} = 2.47 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

### 4. Circuito Sur lobby

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 34 = 68 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 4 \times 40 \times 1 = 960 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 960 / 120 = 8 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{8 \times 68}{3.6 \times 57} = 2.65 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

5. Circuito Colección Infantil

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 35 = 70 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 7 \times 4 \times 40 \times 1 = 1120 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1120 / 120 = 9.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{9.33 \times 70}{3.6 \times 57} = 3.18 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

6. Circuito lobby columnas

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 27 = 54 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 1 \times 20 \times 1 = 120 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 120 / 120 = 1 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1 \times 54}{3.6 \times 57} = 0.26 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

7. Circuito Colección escolar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (35+27) = 124 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 4 \times 40 \times 1 = 1600 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1600 / 120 = 13.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$



$$a = \frac{13.33 \times 124}{3.6 \times 57} = 8.06 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 8}$$

8. Circuito Norte Lobby central

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (14+9) = 46 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 4 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 46}{3.6 \times 57} = 1.19 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

9. Circuito Norte lobby

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (5+9) = 28 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 4 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 28}{3.6 \times 57} = 0.73 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

10. Circuito Dirección, secretaria y audiovisual

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 40 = 80 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2 \times 2 \times 40 \times 1 + 1 \times 1 \times 40 \times 1 + 4 \times 2 \times 40 \times 1 = 520 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 520 / 120 = 4.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{4.33 \times 80}{3.6 \times 57} = 1.69 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

11. Circuito Colección escolar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (33+26) = 118 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3 \times 4 \times 40 \times 1 + 3 \times 100 \times 1 = 780 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 780 / 120 = 6.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{6.5 \times 118}{3.6 \times 57} = 3.74 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

12. Circuito entrada principal

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (17+9) = 52 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3 \times 1 \times 20 \times 1 = 60 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 60 / 120 = 0.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.5 \times 52}{3.6 \times 57} = 0.13 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

13. Circuito entrada principal

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (17+69) = 46 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 1 \times 1 \times 20 \times 1 + 2 \times 4 \times 40 \times 1 = 340 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 340 / 120 = 2.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.83 \times 46}{3.6 \times 57} = 0.64 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

14. Circuito Salón Rafael Landivar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 29 = 58 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 1 \times 20 \times 1 = 80 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 80 / 120 = 0.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.67 \times 58}{3.6 \times 57} = 0.75 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

15. Circuito Salón Rafael Landivar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 30 = 60 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 4 \times 40 \times 1 = 960 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 960 / 120 = 8 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{8 \times 60}{3.6 \times 57} = 2.34 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

16. Circuito Salón Rafael Landívar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 30 = 60 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 4 \times 40 \times 1 = 1440 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1440 / 120 = 12 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{12 \times 60}{3.6 \times 57} = 3.51 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 10}$$

17. Circuito Salón Rafael Landívar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 30 = 60 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2 \times 1 \times 20 \times 1 = 40 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 40 / 120 = 0.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.33 \times 60}{3.6 \times 57} = 0.097 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

18. Circuito Colección Nacional

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times (40+25) = 130 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 8 \times 4 \times 40 \times 1 + 2 \times 100 = 1480 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 1480 / 120 = 12.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{12.33 \times 130}{3.6 \times 57} = 7.81 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 8}$$

### **Cálculo de conductores para el tablero T2 lobby:**

1. Circuito 8 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 58.52 = 117.04 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 13 \times 1 \times 20 \times 1 = 260 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 260 / 120 = 2.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.17 \times 117.04}{3.6 \times 57} = 2.07 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

2. Circuito 8 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 54.52 = 105.04 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 13 \times 1 \times 20 \times 1 = 260 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 260 / 120 = 2.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.17 \times 105.04}{3.6 \times 57} = 1.11 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

3. Circuito 8 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 48.52 = 97.04 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14 \times 1 \times 20 \times 1 = 280 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 280 / 120 = 2.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.33 \times 97.04}{3.6 \times 57} = 1.10 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

4. Circuito 8 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 40.52 = 81.04 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 12 \times 1 \times 20 \times 1 = 240 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 240 / 120 = 2 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2 \times 81.04}{3.6 \times 57} = 0.79 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

5. Circuito 8 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 31.52 = 63.04 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14 \times 1 \times 20 \times 1 = 280 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 280 / 120 = 2.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.33 \times 63.04}{3.6 \times 57} = 0.72 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

6. Circuito 9 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 31.52 = 121.66 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 16 \times 1 \times 20 \times 1 = 320 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 320 / 120 = 2.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.67 \times 121.66}{3.6 \times 57} = 1.58 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

7. Circuito 9 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 53.83 = 107.66 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 16 \times 1 \times 20 \times 1 = 320 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 320 / 120 = 2.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.67 \times 107.66}{3.6 \times 57} = 1.40 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

8. Circuito 9 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 47.83 = 95.66 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 17 \times 1 \times 20 \times 1 = 440 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 340 / 120 = 2.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.83 \times 95.66}{3.6 \times 57} = 1.32 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

9. Circuito 9 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 40.83 = 81.66 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 17 \times 1 \times 20 \times 1 = 340 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 340 / 120 = 2.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.83 \times 81.66}{3.6 \times 57} = 1.12 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

10. Circuito Colección nacional

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 48.88 = 97.76 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 4 \times 40 \times 1 = 640 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 640 / 120 = 5.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.33 \times 97.76}{3.6 \times 57} = 2.54 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$



11. Circuito Rafael Landivar

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 27 = 54 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 6 \times 1 \times 20 \times 1 + 2 \times 100 \times 1 + 3 \times 100 \times 1 = 620 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 620 / 120 = 5.16 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{5.16 \times 54}{3.6 \times 57} = 1.35 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

**Cálculo de conductores para el tablero T3 lobby:**

1. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 56.20 = 112.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.50 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.50 \times 112.40}{3.6 \times 57} = 0.82 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

2. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 52.20 = 104.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.5 \times 104.40}{3.6 \times 57} = 0.76 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

3. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 48.20 = 96.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 1 \times 20 \times 1 = 200 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 200 / 120 = 1.66 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.66 \times 96.40}{3.6 \times 57} = 0.78 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

4. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 45.70 = 91.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 10 \times 1 \times 20 \times 1 = 200 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 200 / 120 = 1.66 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.66 \times 91.40}{3.6 \times 57} = 0.74 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

5. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 39.20 = 78.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 8 \times 1 \times 20 \times 1 = 160 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 160 / 120 = 1.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.33 \times 78.40}{3.6 \times 57} = 0.51 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

6. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 37.20 = 74.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 9 \times 1 \times 20 \times 1 = 180 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 180 / 120 = 1.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.5 \times 74.40}{3.6 \times 57} = 0.54 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

7. Circuito 7 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 35.20 = 70.40 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.83 \times 70.40}{3.6 \times 57} = 0.63 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

8. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 56.08 = 112.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 12 \times 1 \times 20 \times 1 = 240 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 240 / 120 = 2 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2 \times 112.16}{3.6 \times 57} = 1.09 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 16}$$

9. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 49.08 = 98.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 4 \times 1 \times 20 \times 1 = 80 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 80 / 120 = 0.67 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.67 \times 98.16}{3.6 \times 57} = 0.32 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

10. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 47.08 = 94.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.83 \times 94.16}{3.6 \times 57} = 0.84 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

11. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 42.08 = 84.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2 \times 1 \times 20 \times 1 = 40 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 40 / 120 = 0.33 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.33 \times 84.16}{3.6 \times 57} = 0.13 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

12. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 34.58 = 69.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.83 \times 69.16}{3.6 \times 57} = 0.62 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

13. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 30.08 = 60.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.83 \times 60.16}{3.6 \times 57} = 0.54 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

14. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 29.08 = 58.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 11 \times 1 \times 20 \times 1 = 220 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 220 / 120 = 1.83 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{1.83 \times 54.16}{3.6 \times 57} = 0.52 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 18}$$

15. Circuito 3 nivel

$$L = 2 \times d \quad L = 2 \times 24.08 = 48.16 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 1 \times 1 \times 20 \times 1 = 20 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 20 / 120 = 0.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{0.17 \times 48.16}{3.6 \times 57} = 0.0391 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 20}$$

### **Cálculo de conductores para el tablero principal:**

1. Cálculo de conductor del tablero principal al tablero TB1 sótano

$$P_{\text{aparente}} = 9040 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 940 / 120 = 75.33 \text{ Amp.} \quad \text{Calibre 2}$$

2. Cálculo de conductor del tablero principal al tablero TB2 sótano

$$P_{\text{aparente}} = 8560 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 8560 / 120 = 71.33 \text{ Amp.} \quad \text{Calibre 2}$$

3. Cálculo de conductor del tablero principal al tablero T1 lobby

$$L = \sqrt{\beta} \times d \quad L = \sqrt{\beta} \times 10 = 17.73 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 14780 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 14780 / 120 = 123.17 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{123.17 \times 17.73}{3.6 \times 57} = 10.39 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 6}$$

4. Cálculo de conductor del tablero principal al tablero T2 lobby

$$L = \sqrt{\beta} \times d \quad L = \sqrt{\beta} \times 10 = 17.73 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 3900 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 3900 / 120 = 32.5 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{32.50 \times 17.73}{3.6 \times 57} = 2.80 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 12}$$

5. Cálculo de conductor del tablero principal al tablero T3 lobby

$$L = \sqrt{3} \times d \quad L = \sqrt{3} \times 10 = 17.73 \text{ metros}$$

$$P_{\text{aparente}} = 2580 \text{ VA}$$

$$I = P / V = 2580 / 120 = 2.15 \text{ Amp.}$$

$$e = 0.03 \times 120 = 3.6$$

$$a = \frac{2.15 \times 17.73}{3.6 \times 57} = 1.86 \text{ mm}^2 \quad \text{Calibre 14}$$

## 5.2 Cálculo de Tuberías

La tubería tiene como fin proteger a los conductores del deterioro físico del ambiente y por otro lado también protege las instalaciones, ya que al producirse un corto circuito se puede producir un arco produciendo así un potencial incendio. Asimismo la tubería debe tener la facilidad para poder manipular y alojar los conductores que están instalados.

Al tener conductores de diferente calibre, se requiere que exista una relación adecuada entre la sección transversal del conductor y la canalización, lo que se conoce como el factor de relleno; para el cálculo de la tubería se conoce la siguiente fórmula.

$$F = a / A$$



Donde:

F = es el factor de relleno

a = es la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización

Cuando la instalación es de tuberías, se tienen definidos los porcentajes de relleno, los cuales son:

53% para un conductor

31% para dos conductores

40% para tres o más conductores

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

#### **Cálculo de tuberías para el tablero TB1 sótano:**

1. Circuito Red Social y Consejo del Libro

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4 \times A) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

2. Circuito Microfilm

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

3. Circuito Microfilm

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

4. Circuito Cómputo

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

5. Circuito Cómputo

Tiene 2 conductores Calibre 6

$$A = a / F \qquad a = 0.0819 \times 2 = 0.1638$$

$$A = 0.1638 / 0.31 = 0.5283$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.82 \text{ in}$$

6. Circuito C3mputo

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.45 \text{ in}$$

7. Circuito C3mputo

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.45 \text{ in}$$

8. Circuito C3mputo

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.45 \text{ in}$$

9. Circuito 2 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

10. Circuito 2 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

11. Circuito 2 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

12. Circuito 2 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

13. Circuito 2 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

14. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

15. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

16. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

17. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

18. Circuito1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

19. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4 \times A) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

20. Circuito 1 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4 \times A) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

**Cálculo de tuberías para el tablero TB2 sótano:**

1. Circuito Corredor sótano

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[(4 \times A) / \pi]} = 0.45 \text{ in}$$

2. Circuito Contabilidad

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

3. Circuito Comedor, almacén y garage

Tiene 2 conductores Calibre 8

$$A = a / F \qquad a = 0.0526 \times 2 = 0.1052$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.3394$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.66 \text{ in}$$

4. Circuito Contabilidad y proyectos

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

5. Circuito Bodega y baños

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

6. Circuito Braille

Tiene 2 conductores Calibre 18



$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

7. Circuito Carpintería

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

8. Circuito Canje y Donación

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

9. Circuito Canje y Donación

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

### Cálculo de tuberías para el tablero T1 lobby:

1. Circuito lobby entre columnas

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

2. Circuito Colección General

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

3. Circuito Colección General

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.45 \text{ in}$$

4. Circuito Sur lobby

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.45 \text{ in}$$

5. Circuito Colección Infantil

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.45 \text{ in}$$

6. Circuito lobby columnas

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

7. Circuito Colección escolar

Tiene 2 conductores Calibre 8

$$A = a / F$$

$$a = 0.0526 \times 2 = 0.1052$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.3394$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.66 \text{ in}$$

8. Circuito Norte Lobby central

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F$$

$$a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

9. Circuito Norte lobby

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F$$

$$a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

10. Circuito Dirección, secretaria y audiovisual

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F$$

$$a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

11. Circuito Colección escolar

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F \qquad a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.51 \text{ in}$$

12. Circuito entrada principal

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

13. Circuito entrada principal

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

14. Circuito Salón Rafael Landivar

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

15. Circuito Salón Rafael Landivar

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F$$

$$a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

16. Circuito Salón Rafael Landivar

Tiene 2 conductores Calibre 10

$$A = a / F$$

$$a = 0.0311 \times 2 = 0.0622$$

$$A = 0.0622 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.51 \text{ in}$$

17. Circuito Salón Rafael Landivar

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F$$

$$a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

18. Circuito Colección Nacional

Tiene 2 conductores Calibre 8

$$A = a / F \qquad a = 0.0526 \times 2 = 0.1052$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.3394$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.66 \text{ in}$$

**Cálculo de tuberías para el tablero T2 lobby:**

1. Circuito 8 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

2. Circuito 8 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

3. Circuito 8 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

4. Circuito 8 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

5. Circuito 8 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

6. Circuito 9 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$



$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

7. Circuito 9 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

8. Circuito 9 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.45 \text{ in}$$

9. Circuito 9 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

10. Circuito Colección nacional

Tiene 2 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 2 = 0.0502$$

$$A = 0.0502 / 0.31 = 0.1619$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.45 \text{ in}$$

11. Circuito Rafael Landivar

Tiene 2 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

**Cálculo de tuberías para el tablero T3 lobby:**

1. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

2. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

3. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

4. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

5. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

6. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

7. Circuito 7 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

8. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

9. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

10. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 16

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

11. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

12. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.41 \text{ in}$$

13. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

14. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 18

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

15. Circuito 3 nivel

Tiene 2 conductores Calibre 20

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 2 = 0.0412$$

$$A = 0.0412 / 0.31 = 0.1329$$

$$D = \sqrt{[ (4xA) / \pi ]} = 0.41 \text{ in}$$

**Cálculo de tuberías para el tablero principal:**

1. Cálculo de tubería del tablero principal al tablero TB1 sótano

Tiene 3 conductores Calibre 2

$$A = a / F \qquad a = 0.1473 \times 3 = 0.4419$$

$$A = 0.4419 / 0.40 = 1.10475$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 1.19 \text{ in}$$

2. Cálculo de tubería del tablero principal al tablero TB2 sótano

Tiene 3 conductores Calibre 2

$$A = a / F \qquad a = 0.1473 \times 3 = 0.4419$$

$$A = 0.4419 / 0.40 = 1.10475$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 1.19 \text{ in}$$

3. Cálculo de tubería del tablero principal al tablero T1 lobby

Tiene 3 conductores Calibre 6

$$A = a / F \qquad a = 0.0819 \times 3 = 0.2457$$

$$A = 0.2457 / 0.40 = 0.61425$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.88 \text{ in}$$

4. Cálculo de tubería del tablero principal al tablero T2 lobby

Tiene 3 conductores Calibre 12

$$A = a / F \qquad a = 0.0251 \times 3 = 0.0753$$

$$A = 0.0753 / 0.40 = 0.18825$$

$$D = \sqrt{[(4xA) / \pi]} = 0.4895 \text{ in}$$

5. Cálculo de tubería del tablero principal al tablero T3 lobby

Tiene 3 conductores Calibre 14

$$A = a / F \qquad a = 0.0206 \times 3 = 0.0618$$

$$A = 0.0618 / 0.40 = 0.1545$$

$$D = \sqrt{[ (4 \times A) / \pi ]} = 0.4435 \text{ in}$$

### 5.3 Cálculo de lúmenes

El flujo luminoso es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente de iluminación en la unidad de tiempo, su unidad de medida es el lumen. El nivel de iluminación es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie y su unidad de medida es el lux; también es utilizado el pie-candela.

El coeficiente de utilización (CU), es la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria que incide en el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por la lámparas solas de la luminaria. Derivado de lo anterior es importante de dicho dato sea proporcionado por el fabricante de la luminaria.

La luz es la manifestación de energía en forma de radiación electromagnética, capaz de afectar o estimular la visión.

La curva de distribución es representada por una grafica en la cual se visualiza el comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria.



Para el cálculo de iluminación existen varios métodos de calculo, el utilizado para este proyecto es conocido como método de cavidad zonal. La teoría básica considerada consiste en que la iluminación es la luz producida por una lámpara o luminaria y es reflejada por todas las superficies del área. Las reflexiones múltiples de la luz desde el luminaria y desde las superficies del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar lo siguiente:

- A) Las dimensiones del local
- B) Las reflectancias del local a:
  - Techo
  - Paredes y
  - Piso
- C) Características de la lámpara
- D) Características del luminaria
- E) Efectos ambientales:
  - Polvo y suciedad
  - Temperatura
- F) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación

Formulas a utilizar:

Relación del ambiente  $RR = \text{Área} / h_{cc} (\text{largo} + \text{ancho})$

No. De luminarias =  $\frac{\text{Área} \times \text{nivel de iluminación}}{(\text{no. De lámparas}) \times (\text{lúmenes}) \times CU \times FM}$

Interpolación  $C = \frac{(a-e) \times (d-f)}{(b-f)} + e$

b	a
d	c
f	e

Promedio de luminarias = área / no. de luminarios

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{\text{área} / \text{luminario}}$

No. aproximado de luminarias en cada hilera:

A lo largo = largo / espaciamento promedio

A lo ancho = ancho / espaciamento promedio

Donde: RR = relación del ambiente

$h_{cc}$  = altura de montaje de la lámpara

CU = coeficiente de iluminación

FM = factor de mantenimiento

L = largo    a = ancho    h = altura

Nota: para las reflectancias del local se utilizaron los siguientes datos.

Techo Blanco      88

Pared crema      79

Piso gris      20

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

### Cálculos de iluminación según nombres de las áreas:

- Laboratorio Microfilm:

$$L = 10 \quad a = 8.70 \quad h = 3.29 \text{ m}$$

$$RR = \frac{8.7 \times 10}{3.29 (8.7+10)} = 1.41$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.79$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{8.7 \times 10 \times 300}{2555 \times 2 \times 0.79 \times 0.7} = 9.23$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 87 / 9 = 9.66$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{9.66} = 3.109$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 3.216$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 2.798$$

- Red Social:

$$L = 12 \quad a = 5 \quad h = 3.29 \text{ m}$$

$$RR = \frac{5 \times 12}{3.29 (5+12)} = 1.07$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.8265$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{5 \times 12 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.82 \times 0.7} = 8.18$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 60 / 8 = 7.5$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.5} = 2.73$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 4.395

A lo ancho: 1.83

- Braille

$$L = 10 \quad a = 5.5 \quad h = 3.29$$

$$RR = \frac{5.5 \times 10}{3.29 (5.5+10)} = 1.07$$

Interpolando  $K = 0.82$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{5.5 \times 10 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.82 \times 0.7} = 7.15$$

Promedio de luminarias =  $55 / 8 = 6.875$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{6.875} = 2.62$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 3.81

A lo ancho: 2.09

- Baño de hombre y mujeres

$$L = 6.6 \quad a = 4.3 \quad h = 3.31$$

$$RR = \frac{4.3 \times 6.6}{3.29 (4.3+6.6)} = 0.78$$

Interpolando  $K = 0.85$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{4.3 \times 6.6 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.85 \times 0.7} = 1.86$$

Promedio de luminarias =  $28.2 / 2 = 14.19$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{14.19} = 3.76$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 1.75$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 1.143$$

- Bodega, almacén y comedor

$$L = 12.30 \quad a = 3.3 \quad h = 3.32$$

$$RR = \frac{3.3 \times 12.30}{3.32 (3.3+12.30)} = 0.78$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.85$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{3.3 \times 12.3 \times 300}{2555 \times 2 \times 0.85 \times 0.7} = 4$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 40.59 / 4 = 10.14$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{10.14} = 3.18$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 3.86$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 1.04$$

- Garage

$$L = 15.5 \quad a = 3.10 \quad h = 3.32$$

$$RR = \frac{3.10 \times 15.5}{3.32 (3.10+15.5)} = 0.78$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.85$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{3.10 \times 15.5 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.85 \times 0.7} = 3.16$$

Promedio de luminarias =  $48.05 / 3 = 16.02$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{16.02} = 4$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 3.875

A lo ancho: 0.775

- Contabilidad

$L = 9.4$        $a = 7.2$        $h = 3.34$

$$RR = \frac{7.2 \times 9.4}{3.34 (7.2+9.4)} = 1.22$$

Interpolando       $K = 0.82$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{7.2 \times 9.4 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.82 \times 0.7} = 9.22$$

Promedio de luminarias =  $81.78 / 9 = 9.08$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{9.08} = 3.01$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 3.11

A lo ancho: 2.38

- Computo

$L = 26.5$        $a = 9.4$        $h = 3.34$

$$RR = \frac{9.4 \times 26.5}{3.34 (9.4+26.5)} = 2.07$$

Interpolando       $K = 0.77$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{9.4 \times 26.5 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.77 \times 0.7} = 36.17$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 249.1 / 36 = 6.8857$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{6.8875} = 2.624$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 10.09$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 3.58$$

- Canje y donación

$$L = 12.1 \quad a = 8.6 \quad h = 3.30$$

$$RR = \frac{8.6 \times 12.1}{3.30 (8.6+12.1)} = 1.52$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.794$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{8.6 \times 12.1 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.794 \times 0.7} = 14.65$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 104.06 / 14 = 7.43$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.43} = 2.72$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 4.44$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 3.15$$

- Anaqueles

$$L = 28 \quad a = 8.6 \quad h = 3.30$$

$$RR = \frac{8.6 \times 12.1}{3.30 (8.6+12.1)} = 1.52$$

Interpolando  $K = 0.794$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{8.6 \times 12.1 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.794 \times 0.7} = 14.65$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 104.06 / 14 = 7.43$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.43} = 2.72$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 4.44

A lo ancho: 3.15

- Corredor:

$$L = 13.6 \quad a = 3.10 \quad h = 3.32$$

$$RR = \frac{3.1 \times 13.6}{3.32 (3.1+13.6)} = 0.76$$

Interpolando  $K = 0.852$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{3.1 \times 13.6 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.852 \times 0.7} = 2.76$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 42.16 / 3 = 14.05$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{14.05} = 3.748$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 3.62

A lo ancho: 0.826

- Sala Lectura:

$$L = 23.7 \quad a = 9.10 \quad h = 3.38$$



$$RR = \frac{9.1 \times 23.7}{3.38 (9.1+23.7)} = 1.69$$

Interpolando  $K = 0.79$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{9.1 \times 23.7 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.79 \times 0.7} = 30.52$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 215.67 / 30 = 7.189$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.189} = 2.68$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 8.84

A lo ancho: 3.39

- Jardín Infantil:

$$L = 11.7 \quad a = 9.10 \quad h = 3.38$$

$$RR = \frac{39.1 \times 11.7}{3.38 (9.1+11.7)} = 1.31$$

Interpolando  $K = 0.809$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{9.1 \times 11.7 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.809 \times 0.7} = 14.71$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 106.47 / 14 = 7.605$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.605} = 2.75$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 4.24

A lo ancho: 3.29

- Audiovisual:

$$L = 16.6 \quad a = 4.3 \quad h = 4.75$$

$$RR = \frac{4.3 \times 16.6}{4.75 (4.3+16.6)} = 0.719$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.8545$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{4.3 \times 16.6 \times 300}{2555 \times 2 \times 0.8545 \times 0.7} = 7$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 71.38 / 8 = 8.92$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{8.92} = 2.987$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 5.55$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 1.43$$

- Lobby columnas:

$$L = 28 \quad a = 12.9 \quad h = 3.88$$

$$RR = \frac{12.9 \times 28}{3.88 (12.9+28)} = 2.27$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.7565$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{12.9 \times 28 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.7565 \times 0.7} = 26.69$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 361.20 / 26 = 13.89$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{13.89} = 3.727$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 7.512$$

A lo ancho: 3.461

- Colección General:

$$L = 35.5 \quad a = 9.3 \quad h = 3.88$$

$$RR = \frac{9.3 \times 35.5}{3.88 (9.3+35.5)} = 1.89$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.7755$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{9.3 \times 35.5 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.7755 \times 0.7} = 47.6$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 330.15 / 48 = 6.878$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{6.878} = 2.622$$

El no. Aproximado en cada hilera:

$$\text{A lo largo:} \quad 13.53$$

$$\text{A lo ancho:} \quad 3.546$$

- Ingreso:

$$L = 11.2 \quad a = 10 \quad h = 3.38$$

$$RR = \frac{10 \times 11.2}{3.38 (10+11.2)} = 1.36$$

$$\text{Interpolando} \quad K = 0.804$$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{10 \times 11.2 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.804 \times 0.7} = 7.78$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 112 / 8 = 14$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{14} = 3.746$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 2.99

A lo ancho: 2.67

- Secretaria:

$$L = 6.5 \quad a = 3.6 \quad h = 4.75$$

$$RR = \frac{3.6 \times 6.5}{4.75 (3.6+6.5)} = 0.4877$$

Interpolando  $K = 0.876$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{3.6 \times 6.5 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.876 \times 0.7} = 2.98$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 23.4 / 3 = 7.8$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{7.8} = 2.7928$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 2.327

A lo ancho: 1.289

- Dirección:

$$L = 3.6 \quad a = 3.30 \quad h = 4.75$$

$$RR = \frac{3.3 \times 3.6}{4.75 (3.3+3.6)} = 0.362$$

Interpolando  $K = 0.882$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{3.3 \times 3.6 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.876 \times 0.7} = 1.5$$

$$\text{Promedio de luminarias} = 11.88 / 2 = 5.95$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{5.94} = 2.437$$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 1.47

A lo ancho: 1.35

- Sala Dirección:

L = 6.6      a = 4.3      h = 4.75

$$RR = \frac{4.3 \times 6.6}{4.75 (4.3+6.6)} = 0.548$$

Interpolando      K = 0.8626

$$\text{No. Luminarias} = \frac{4.3 \times 6.6 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.8626 \times 0.7} = 3.679$$

Promedio de luminarias =  $30.36 / 4 = 7.095$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{7.095} = 2.663$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 2.477

A lo ancho: 1.614

- Baños lobby:

L = 5.5      a = 4.6      h = 3.38

$$RR = \frac{4.6 \times 5.5}{3.38 (4.6+5.5)} = 0.72$$

Interpolando      K = 0.854

$$\text{No. Luminarias} = \frac{4.6 \times 5.5 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.854 \times 0.7} = 1.65$$

Promedio de luminarias =  $25.3 / 2 = 12.65$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{12.65} = 3.556$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 1.54

A lo ancho: 1.293

- Colección Nacional:

$L = 35.5$        $a = 9.3$        $h = 3.90$

$$RR = \frac{9.3 \times 35.5}{3.9 (9.3+35.5)} = 1.88$$

Interpolando       $K = 0.776$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{9.3 \times 35.5 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.776 \times 0.7} = 47.57$$

Promedio de luminarias =  $330.15 / 48 = 6.87$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{6.87} = 2.622$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 13.53

A lo ancho: 3.54

- Salón Miguel Ángel Asturias:

$L = 28$        $a = 10.4$        $h = 5.20$

$$RR = \frac{10.4 \times 28}{5.2 (10.4+28)} = 1.458$$

Interpolando       $K = 0.7971$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{10.4 \times 28 \times 400}{2555 \times 2 \times 0.7971 \times 0.7} = 41.21$$

Promedio de luminarias =  $291.20 / 40 = 7.28$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{7.28} = 2.698$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 10.37

A lo ancho: 3.854

- Lobby 2 nivel:

$L = 28$        $a = 12.9$        $h = 3.88$

$$RR = \frac{12.9 \times 28}{3.88 (12.9+28)} = 2.276$$

Interpolando       $K = 0.756$

$$\text{No. Luminarias} = \frac{12.9 \times 28 \times 200}{2555 \times 2 \times 0.756 \times 0.7} = 26.69$$

Promedio de luminarias =  $361.2 / 26 = 13.89$

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{13.89} = 3.727$

El no. Aproximado en cada hilera:

A lo largo: 7.51

A lo ancho: 3.46

## 5.4 Diseño de red de tierras

Al realizar la conexión a tierra, se limitaran los voltajes causados por descargas atmosféricas o por contacto accidental, se estabilizara el voltaje durante operaciones normales y se facilitara la operación de los dispositivos de sobrecorriente.

De la norma NEC se tienen diferentes opciones para la conexión a tierra, tales como tuberías metálicas de agua. Las varillas de tierra generalmente preferidas debido a que proporcionan un electrodo conocido y controlable.

El método sugerido es el varillas de cobre, el código especifica para varillas de tierra en la sección 250-52 ( C ), el cual establece lo siguiente:

- 5/8 de diámetro o mayor si son fabricadas de hierro o acero.
- 1/2 diámetro o mayor si son fabricadas de material no ferroso y listadas para este servicio
- 8 pies mínimo de longitud y deben extenderse 8 pies como mínimo en el suelo.
- Varillas de aluminio no son permitidas

Adicionalmente, la resistencia a tierra debe cumplir con los requerimientos del código, la resistencia deberá ser 25 ohmios o menor. Por experiencia se ha demostrado que este nivel no es adecuado para sistemas sensitivos tales como transmisión de datos por lo cual la resistencia deberá ser de 5 ohmios o menor. Una resistencia baja es requerida en caso de querer minimizar los ruidos eléctricos en sistemas tales como computación. Se debe aclarar que el nivel de 5 ohmios de resistencia no esta especificado por el código, pues el código no fue preparado como guía de diseño para la operación de equipo, los requisitos del código son específicamente seguridad.

Por otro lado, los requisitos de la industria electrónica, de telecomunicaciones y computadoras, como es el caso actual exigen resistencia a tierra de 5 ohmios o menor y en áreas de alta incidencia de rayos una resistencia a tierra de 1 ohmio o menor.



## 5.5 Pararrayos

El pararrayos sugerido consistirá en un pararrayos Franklin tipo punta o PDC ( pararrayos con Dispositivo de Cebado ) que excitan y atraen la descarga del rayo dentro de los núcleos industriales o urbanos. Y las normas para su instalación se describen a continuación:

- El pararrayos deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto mas elevado de la superficies a proteger.
- Ira siempre sustentado por una antena o una columna, de longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.
- Será fijado solidamente a la antena sustentador, con el fin de resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- El cable de bajada del pararrayos deberá ser de cobre desnudo y su sección no inferior a 50mm.
- El cable de bajada será fijado con abrazaderas del pararrayos, con el fin de evitar deterioros por dilataciones o frotamientos.
- Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea tan recta como sea posible.
- A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente has una profundidad no inferior a 80 centímetros; a partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.
- Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético, que se cierre alrededor del mismo.
- El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.

- La toma de tierra del pararrayos se realizara preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placa de cobre.
- Las picas, de longitud no inferior a dos metros y diámetro mínimo de 14 milímetros, serán instaladas a una profundidad no menor de 1 metro y separadas entre si no menos de 4 metros, siendo conectadas por cables de cobre de la misma sección que la bajada del pararrayos, teniendo en la zanja de profundidad no inferior a 80 centímetros.
- El tapado de los pozos y zanjas se realizara preferiblemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal.
- Es aconsejable tomar toda la tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispensor único, tanto para las altas como las bajas de tensión. La toma de tierra del pararrayos será conectada a este dispensor. Es importante que el valor de resistencia ohmica de la toma de tierra del pararrayos debe ser igual o inferior, nunca superior a cualquier toma de tierra existente en la zona protegida. En todo caso, no deberá tener un valor superior a 10 ohmios.
- En el caso de que con la instalación proyectada originalmente para la toma de tierra no se alcancen las condiciones indicadas en el apartado anterior, la citada toma de tierra deberá ser ampliada hasta cumplir los mencionados requisitos. Para ello deberá hacerse las correspondientes medidas de resistividad del terreno y estudiar la conveniencia de la utilización de productos químicos de mejora de toma de tierra.

## 5.6 Cálculo de conexión de equipo especial

### Locales húmedos

Los Locales Húmedos son aquellos donde habitualmente hay presencia de agua o vapor de agua, por lo cual existe un peligro de electrocución si no se toman los recaudos correspondientes.

En cualquier vivienda, es el cuarto de baño. En esta habitación debemos definir dos volúmenes de atención especial: uno es el volumen de prohibición y el otro es volumen de seguridad o protección.

En el volumen de prohibición no se permite instalar aparatos eléctricos, ni interruptores, ni enchufes, por el peligro que supone la electricidad en ese sector. El mismo está circunscripto al sector de la bañera donde se encuentra la ducha.

En el volumen *de protección* pueden instalarse aparatos y mecanismos con todos sus elementos de conexión debidamente protegidos, para evitar tocarlos aún en forma accidental si el usuario está usando el agua. Este sector se extiende a 1 m desde los límites del volumen de prohibición hacia afuera.

### Estacionamientos

Los estacionamientos situados en sótanos presentan ciertas características de peligro que deben atenderse cuidadosamente ya que en estos lugares existen importantes cantidades de combustible de vehículos aparcados o en circulación, y el riesgo por emisión de gases por el efecto de la gasolina derramada o mal quemada.

La ventilación es fundamental en estos locales, estarán convenientemente ventilados o no si sucede lo siguiente: producen un volumen de atmósfera explosiva menor a los 0,6 m. de altura, por lo cual la instalación en ese volumen debe ser antideflagrante (no permite que el fuego se propague). Producen un volumen peligroso entre 0,6 m. y 1,5 m. de altura, debiendo proteger la instalación contra golpes. Para el resto del volumen la instalación puede ser normal.

Por lo general no se realiza ninguna instalación debajo de 1,5 m. de altura. Para que el local esté ventilado correctamente deberá disponer de una ventilación forzada que permita una renovación de aire de 6 volúmenes por hora o de una ventilación natural del 5% de la superficie de planta en paredes opuestas, y el 8% en paredes no opuestas. De no ser de este modo, se considera que el local no está ventilado suficientemente y por ende, todo volumen se considera atmósfera explosiva

#### Locales con Riesgo de Explosión y/o Incendio

Las instalaciones en estos locales deben hacerse bajo tubo metálico. Además deben garantizar la estanqueidad de las uniones entre las cajas de conexiones y los tubos para impedir que entre polvo o algún material combustible tal como polvo de madera o fibras textiles o cualquier otro elemento que pueda arder en caso que se produzca algún chispazo.

En los depósitos de combustibles o en gasolineras, la instalación debe ser antideflagrante; lo cual significa que sus instalaciones están protegidas especialmente, y en caso de incendio, por considerarse incombustibles, no propagan el fuego al exterior.

## 5.7 Corto circuito

Tabla V. Cargas totales por tablero

Descripción	Valor
Carga tablero TB1	9,040 VA
Carga tablero TB2	8,560 VA
Carga tablero T1	14,780 VA
Carga tablero T2	3,900 VA
Carga tablero T3	2,580 VA
Total	38,860 VA

Como el DME es menor de 50 KVA se hace la distribución monofasica con servicio 120/240 V, 1 fase, 3 hilos.

$$I_{\text{nominal Acometida}} = \frac{\text{DME}}{V_n} = \frac{38,860 \text{ VA}}{240 \text{ V}} = 161.91 \text{ A}$$

$$I_{\text{nominal}} = \frac{I_{\text{nominal Acometida}}}{0.8 \times \text{FCt} \times \text{FC\# cond.}} = 202.39 \text{ A}$$

El conductor a utilizar es 3/0 y un cable neutral 3/0. Por regulación de voltaje para el cable 3/0 (tubería hierro conduit) la impedancia  $Z' = 0.094$ .

$$AV = \sqrt{3} \times I_n \text{ Acometida} \times Z'$$

$$AV = \sqrt{3} \times 161.91 \times 0.094 \times \frac{5 \times 3.28}{1000} = 0.43 \text{ V}$$

$$I_n \text{ flipon} = 1.25 I_n \text{ Acometida} = 1.25 \times 161.91 = 201.71$$

El flipon a utilizar es un 3 x 200A, con voltaje nominal de 480V.

$$Z_{3/0} = (0.079 + j 0.052) \times \frac{5 \times 3.28}{1000} = 0.0013 + j 0.00085 \Omega$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_{base}}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{lbase}}{I_{base}}$$

$$S_{1f base} = I_{base} \times V_{lbase}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{\frac{V_{lbase}}{I_{base}}}$$

$$I_{base} = \frac{S_{1f base}}{V_{lbase}}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z S_{1f base}}{V_{lbase}^2}$$

$$Z = \frac{Z_{pu} V_{lbase}^2}{S_{1f base}}$$

$$Z = \frac{0.025 \times 480^2}{50,000} = 0.1152 \Omega$$

$$I = \frac{277.12}{j0.1152} = -j 2,405.55A$$

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

## 5.8 Conexión de dispositivos de protección

La selección de los dispositivos de protección debe hacerse con una gama apropiada de ajustes para poder adaptarse a futuras ampliaciones; dependiendo del tipo de coordinación que se utilice, se tendrán diferentes combinaciones de interruptores termomagnéticos de diferente capacidad nominal e interruptiva o bien, fusibles con interruptores termomagnéticos, esto dependiendo de la capacidad interruptiva del interruptor.

Los fusibles que son los equipos de protección más utilizados son en forma general un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto valor predeterminado. Cabe mencionar también que los fusibles nos darán únicamente una protección contra corto circuito y no contra sobrecargas.

Los interruptores termomagnéticos son de uso generalizado por el personal que se dedica a realizar instalaciones eléctricas ya que es de construcción compacta, puede desarrollar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento, reparación o ampliación y sobre todo protege contra corto circuitos y sobrecargas.

Formula a utilizar para el cálculo de protecciones:

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times I_{\text{nominal}}$$

Nota: los cálculos de la sección son teóricos y se realizaron en base al equipo instalado por circuito.

### **Cálculo de protecciones para el tablero TB1 sótano:**

1. Circuito Red Social y Consejo del Libro

$$I = 8 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ Amp.}$$

2. Circuito Microfilm

$$I = 4 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 4 = 5 \text{ Amp.}$$

3. Circuito Microfilm

$$I = 5.33 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$$

4. Circuito Cómputo

$$I = 5.33 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$$

5. Circuito Cómputo

$$I = 12 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 12 = 15 \text{ Amp.}$$

6. Circuito Cómputo

$$I = 5.33 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$$

7. Circuito Cómputo

$$I = 6 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 6 = 7.5 \text{ Amp.}$$

8. Circuito Cómputo

$$I = 7.33 \text{ Amp}$$

$$I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 7.33 = 9.16 \text{ Amp.}$$



9. Circuito 2 nivel  
 $I = 2.17 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.17 = 2.71 \text{ Amp.}$
10. Circuito 2 nivel  
 $I = 2.17 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.17 = 2.71 \text{ Amp.}$
11. Circuito 2 nivel  
 $I = 2.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.33 = 2.91 \text{ Amp.}$
12. Circuito 2 nivel  
 $I = 2 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2 = 2.5 \text{ Amp.}$
13. Circuito 2 nivel  
 $I = 2.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.33 = 2.91 \text{ Amp.}$
14. Circuito 1 nivel  
 $I = 1.5 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$
15. Circuito 1 nivel  
 $I = 1.5 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$
16. Circuito 1 nivel  
 $I = 1.66 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.66 = 2.08 \text{ Amp.}$
17. Circuito 1 nivel  
 $I = 1.66 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.66 = 2.08 \text{ Amp.}$

18. Circuito1 nivel

$$I = 1.33 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.33 = 1.66 \text{ Amp.}$$

19. Circuito 1 nivel

$$I = 1.5 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$$

20. Circuito 1 nivel

$$I = 1.83 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$$

### **Cálculo de protecciones para el tablero TB2 sótano:**

1. Circuito Corredor sótano

$$I = 9.33 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 9.33 = 11.66 \text{ Amp.}$$

2. Circuito Contabilidad

$$I = 3.33 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 3.33 = 4.16 \text{ Amp.}$$

3. Circuito Comedor, almacén y garage

$$I = 13.33 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 13.33 = 16.66 \text{ Amp.}$$

4. Circuito Contabilidad y proyectos

$$I = 8.66 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 8.66 = 10.83 \text{ Amp.}$$

5. Circuito Bodega y baños

$$I = 9.16 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 9.16 = 11.45 \text{ Amp.}$$

6. Circuito Braille

$$I = 3.67 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 3.67 = 4.59 \text{ Amp.}$$

7. Circuito Carpintería

$$I = 1.33 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.33 = 1.66 \text{ Amp.}$$

8. Circuito Canje y Donación

$$I = 11.67 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 11.67 = 14.59 \text{ Amp.}$$

9. Circuito Canje y Donación

$$I = 10.83 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 10.83 = 13.54 \text{ Amp.}$$

**Cálculo de protecciones para el tablero T1 lobby:**

1. Circuito lobby entre columnas

$$I = 8 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ Amp.}$$

2. Circuito Colección General

$$I = 13.33 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 13.33 = 16.66 \text{ Amp.}$$

3. Circuito Colección General

$$I = 13.33 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 13.33 = 16.66 \text{ Amp.}$$

4. Circuito Sur lobby

$$I = 8 \text{ Amp} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ Amp.}$$

5. Circuito Colección Infantil  
 $I = 9.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 9.33 = 11.67 \text{ Amp.}$
6. Circuito lobby columnas  
 $I = 1 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1 = 1.25 \text{ Amp.}$
7. Circuito Colección escolar  
 $I = 13.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 13.33 = 16.66 \text{ Amp.}$
8. Circuito Norte Lobby central  
 $I = 5.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$
9. Circuito Norte lobby  
 $I = 5.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$
10. Circuito Dirección, secretaria y audiovisual  
 $I = 4.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 4.33 = 5.41 \text{ Amp.}$
11. Circuito Colección escolar  
 $I = 6.5 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 6.5 = 8.13 \text{ Amp.}$
12. Circuito entrada principal  
 $I = 0.5 \text{ Amp}$                                $I \text{ flipon} = 1.25 \times 0.5 = 0.625 \text{ Amp.}$
13. Circuito entrada principal  
 $I = 2.83 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.83 = 3.54 \text{ Amp.}$

14. Circuito Salón Rafael Landivar

$$I = 0.67 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 0.67 = 0.84 \text{ Amp.}$$

15. Circuito Salón Rafael Landivar

$$I = 8 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 8 = 10 \text{ Amp.}$$

16. Circuito Salón Rafael Landivar

$$I = 12 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 12 = 15 \text{ Amp.}$$

17. Circuito Salón Rafael Landivar

$$I = 0.33 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 0.33 = 0.4125 \text{ Amp.}$$

18. Circuito Colección Nacional

$$I = 12.33 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 12.33 = 15.41 \text{ Amp.}$$

**Cálculo de protecciones para el tablero T2 lobby:**

1. Circuito 8 nivel

$$I = 2.17 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 2.17 = 2.71 \text{ Amp.}$$

2. Circuito 8 nivel

$$I = 2.17 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 2.17 = 2.71 \text{ Amp.}$$

3. Circuito 8 nivel

$$I = 2.33 \text{ Amp} \qquad I_{\text{flipon}} = 1.25 \times 2.33 = 2.91 \text{ Amp.}$$

4. Circuito 8 nivel  
 $I = 2 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2 = 2.5 \text{ Amp.}$
5. Circuito 8 nivel  
 $I = 2.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.33 = 2.91 \text{ Amp.}$
6. Circuito 9 nivel  
 $I = 2.67 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.67 = 3.34 \text{ Amp.}$
7. Circuito 9 nivel  
 $I = 2.67 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.67 = 3.34 \text{ Amp.}$
8. Circuito 9 nivel  
 $I = 2.83 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.83 = 3.54 \text{ Amp.}$
9. Circuito 9 nivel  
 $I = 2.83 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 2.83 = 3.54 \text{ Amp.}$
10. Circuito Colección nacional  
 $I = 5.33 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 5.33 = 6.66 \text{ Amp.}$
11. Circuito Rafael Landivar  
 $I = 5.16 \text{ Amp}$                        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 5.16 = 6.45 \text{ Amp.}$

### Cálculo de protecciones para el tablero T3 lobby:

1. Circuito 7 nivel

$$I = 1.5 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$$

2. Circuito 7 nivel

$$I = 1.5 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$$

3. Circuito 7 nivel

$$I = 1.66 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.66 = 2.08 \text{ Amp.}$$

4. Circuito 7 nivel

$$I = 1.66 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.66 = 2.08 \text{ Amp.}$$

5. Circuito 7 nivel

$$I = 1.33 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.33 = 1.66 \text{ Amp.}$$

6. Circuito 7 nivel

$$I = 1.5 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.5 = 1.88 \text{ Amp.}$$

7. Circuito 7 nivel

$$I = 1.83 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$$

8. Circuito 3 nivel

$$I = 2 \text{ Amp}$$

$$I \text{ flipon} = 1.25 \times 2 = 2.5 \text{ Amp.}$$

9. Circuito 3 nivel  
 $I = 0.67 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 0.67 = 0.84 \text{ Amp.}$
10. Circuito 3 nivel  
 $I = 1.83 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$
11. Circuito 3 nivel  
 $I = 0.33 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 0.33 = 0.41 \text{ Amp.}$
12. Circuito 3 nivel  
 $I = 1.83 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$
13. Circuito 3 nivel  
 $I = 1.83 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$
14. Circuito 3 nivel  
 $I = 1.83 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 1.83 = 2.29 \text{ Amp.}$
15. Circuito 3 nivel  
 $I = 0.17 \text{ Amp}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 0.17 = 0.21 \text{ Amp.}$

**Cálculo de protecciones para el tablero principal:**

1. Cálculo de la protección del tablero principal al tablero TB1 sótano  
 $I = 75.33 \text{ Amp.}$        $I \text{ flipon} = 1.25 \times 75.33 = 94.16 \text{ Amp.}$



2. Cálculo de la protección del tablero principal al tablero TB2 sótano

$$I = 71.33 \text{ Amp.} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 71.33 = 89.16 \text{ Amp.}$$

3. Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T1 lobby

$$I = 123.17 \text{ Amp.} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 123.17 = 153.96 \text{ Amp.}$$

4. Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T2 lobby

$$I = 27.33 \text{ Amp.} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 27.33 = 34.16 \text{ Amp.}$$

5. Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T3 lobby

$$I = 21.15 \text{ Amp.} \quad I \text{ flipon} = 1.25 \times 21.15 = 26.87 \text{ Amp.}$$

## 6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y LA INSTALACIÓN ACTUAL DE LA BIBLIOTECA NACIONAL

**Tabla VI. Conductores tablero TB1 sótano**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Red Social y Consejo del Libro	14	12	√
2	Circuito Microfilm	16	12	√
3	Circuito Microfilm	14	12	√
4	Circuito Cómputo	10	12	X
5	Circuito Cómputo	6	12	X
6	Circuito Cómputo	12	12	√
7	Circuito Cómputo	12	12	√
8	Circuito Cómputo	12	12	√
9	Circuito 2 nivel	16	12	√
10	Circuito 2 nivel	16	12	√
11	Circuito 2 nivel	16	12	√
12	Circuito 2 nivel	18	12	√
13	Circuito 2 nivel	18	12	√
14	Circuito 1 nivel	18	12	√
15	Circuito 1 nivel	18	12	√
16	Circuito 1 nivel	18	12	√
17	Circuito 1 nivel	18	12	√
18	Circuito1 nivel	20	12	√
19	Circuito 1 nivel	20	12	√
20	Circuito 1 nivel	20	12	√

**Tabla VII. Conductores tablero TB2 sótano**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Corredor sótano	12	12	√
2	Circuito Contabilidad	14	12	√
3	Circuito Comedor, almacén y garage	8	12	x
4	Circuito Contabilidad y proyectos	10	12	x
5	Circuito Bodega y baños	10	12	x
6	Circuito Braille	18	12	√
7	Circuito Carpintería	20	12	√
8	Circuito Canje y Donación	10	12	x
9	Circuito Canje y Donación	10	12	x

**Tabla VIII. Conductores tablero T1 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito lobby entre columnas	14	12	√
2	Circuito Colección General	10	12	X
3	Circuito Colección General	12	12	√
4	Circuito Sur lobby	12	12	√
5	Circuito Colección Infantil	12	12	√
6	Circuito lobby columnas	20	12	√
7	Circuito Colección escolar	8	12	X
8	Circuito Norte Lobby central	16	12	√
9	Circuito Norte lobby	18	12	√
10	Circuito Dirección, secretaria y audiovisual	14	12	√
11	Circuito Colección escolar	10	12	X
12	Circuito entrada principal	20	12	√
13	Circuito entrada principal	18	12	√
14	Circuito Salón Rafael Landívar	20	12	√
15	Circuito Salón Rafael Landívar	12	12	√
16	Circuito Salón Rafael Landívar	10	10	√
17	Circuito Salón Rafael Landívar	20	12	√
18	Circuito Colección Nacional	8	8	√

**Tabla IX. Conductores tablero T2 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 8 nivel	16	12	√
2	Circuito 8 nivel	16	12	√
3	Circuito 8 nivel	16	12	√
4	Circuito 8 nivel	18	12	√
5	Circuito 8 nivel	18	12	√
6	Circuito 9 nivel	14	12	√
7	Circuito 9 nivel	14	12	√
8	Circuito 9 nivel	12	12	√
9	Circuito 9 nivel	16	12	√
10	Circuito Colección nacional	12	12	√
11	Circuito Rafael Landivar	14	12	√

**Tabla X. Conductores tablero T3 lobby**

No	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 7 nivel	16	12	√
2	Circuito 7 nivel	18	12	√
3	Circuito 7 nivel	18	12	√
4	Circuito 7 nivel	18	12	√
5	Circuito 7 nivel	20	12	√
6	Circuito 7 nivel	18	12	√
7	Circuito 7 nivel	18	12	√
8	Circuito 3 nivel	16	12	√
9	Circuito 3 nivel	20	12	√
10	Circuito 3 nivel	16	12	√
11	Circuito 3 nivel	20	12	√
12	Circuito 3 nivel	18	12	√
13	Circuito 3 nivel	18	12	√
14	Circuito 3 nivel	18	12	√
15	Circuito 3 nivel	20	12	√

**Tabla XI. Conductores tablero principal**

No	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Cálculo del conductor del tablero principal al tablero TB1 sótano	2	1/0	√
2	Cálculo del conductor del tablero principal al tablero TB2 sótano	2	1/0	√
3	Cálculo del conductor del tablero principal al tablero T1 lobby	6	1/0	√
4	Cálculo del conductor del tablero principal al tablero T2 lobby	12	6	√
5	Cálculo del conductor del tablero principal al tablero T3 lobby	14	4	√

**Tabla XII. Tubería tablero TB1 sótano**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Red Social y Consejo del Libro	0.41in	1in	√
2	Circuito Microfilm	0.41in	1in	√
3	Circuito Microfilm	0.41in	1in	√
4	Circuito Cómputo	0.51in	1in	√
5	Circuito Cómputo	0.82in	1in	√
6	Circuito Cómputo	0.45in	1in	√
7	Circuito Cómputo	0.45in	1in	√
8	Circuito Cómputo	0.45in	1in	√
9	Circuito 2 nivel	0.41in	1in	√
10	Circuito 2 nivel	0.41in	1in	√
11	Circuito 2 nivel	0.41in	1in	√
12	Circuito 2 nivel	0.41in	1in	√
13	Circuito 2 nivel	0.41in	1in	√
14	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√
15	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√
16	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√
17	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√
18	Circuito1 nivel	0.41in	1in	√
19	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√
20	Circuito 1 nivel	0.41in	1in	√

**Tabla XIII. Tubería tablero TB2 sótano**

<b>Cálculo de tuberías para el tablero TB2 sótano:</b>				
No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Corredor sótano	0.45in	1in	√
2	Circuito Contabilidad	0.41in	1in	√
3	Circuito Comedor, almacén y garage	0.66in	1in	√
4	Circuito Contabilidad y proyectos	0.51in	1in	√
5	Circuito Bodega y baños	0.51in	1in	√
6	Circuito Braille	0.41in	1in	√
7	Circuito Carpintería	0.41in	1in	√
8	Circuito Canje y Donación	0.51in	1in	√
9	Circuito Canje y Donación	0.51in	1in	√



Tabla XIV. Tubería tablero T1 lobby

Cálculo de tuberías para el tablero T1 lobby:				
No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito lobby entre columnas	0.41in	1in	√
2	Circuito Colección General	0.51in	1in	√
3	Circuito Colección General	0.45in	1in	√
4	Circuito Sur lobby	0.45in	1in	√
5	Circuito Colección Infantil	0.45in	1in	√
6	Circuito lobby columnas	0.41in	1in	√
7	Circuito Colección escolar	0.66in	1in	√
8	Circuito Norte Lobby central	0.41in	1in	√
9	Circuito Norte lobby	0.41in	1in	√
10	Circuito Dir., secretaria y audiovisual	0.41in	1in	√
11	Circuito Colección escolar	0.51in	1in	√
12	Circuito entrada principal	0.41in	1in	√
13	Circuito entrada principal	0.41in	1in	√
14	Circuito Salón Rafael Landivar	0.41in	1in	√
15	Circuito Salón Rafael Landivar	0.45in	1in	√
16	Circuito Salón Rafael Landivar	0.51in	1in	√
17	Circuito Salón Rafael Landivar	0.41in	1in	√
18	Circuito Colección Nacional	0.66in	1in	√

**Tabla XV. Tubería tablero T2 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 8 nivel	0.41in	1in	√
2	Circuito 8 nivel	0.41in	1in	√
3	Circuito 8 nivel	0.41in	1in	√
4	Circuito 8 nivel	0.41in	1in	√
5	Circuito 8 nivel	0.41in	1in	√
6	Circuito 9 nivel	0.41in	1in	√
7	Circuito 9 nivel	0.41in	1in	√
8	Circuito 9 nivel	0.45in	1in	√
9	Circuito 9 nivel	0.41in	1in	√
10	Circuito Colección nacional	0.45in	1in	√
11	Circuito Rafael Landivar	0.41in	1in	√

**Tabla XVI. Tubería tablero T3 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
2	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
3	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
4	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
5	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
6	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
7	Circuito 7 nivel	0.41in	1in	√
8	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
9	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
10	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
11	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
12	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
13	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
14	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√
15	Circuito 3 nivel	0.41in	1in	√

**Tabla XVII. Tubería tablero principal**

No	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Cálculo de la tubería del tablero principal al tablero TB1 sótano	1.18in	2in	√
2	Cálculo de la tubería del tablero principal al tablero TB2 sótano	1.18in	2in	√
3	Cálculo de la tubería del tablero principal al tablero T1 lobby	0.88in	2in	√
4	Cálculo de la tubería del tablero principal al tablero T2 lobby	0.48in	2in	√
5	Cálculo de la tubería del tablero principal al tablero T3 lobby	0.44in	2in	√

**Tabla XVIII. Protecciones tablero TB1 sótano**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Red Social y Consejo del Libro	10A	20A	√
2	Circuito Microfilm	5A	20A	√
3	Circuito Microfilm	6.66A	20A	√
4	Circuito Cómputo	6.6A	20A	√
5	Circuito Cómputo	15A	20A	√
6	Circuito Cómputo	6.66A	20A	√
7	Circuito Cómputo	7.5A	20A	√
8	Circuito Cómputo	9.16A	20A	√
9	Circuito 2 nivel	2.71A	20A	√
10	Circuito 2 nivel	2.71A	20A	√
11	Circuito 2 nivel	2.91A	20A	√
12	Circuito 2 nivel	2.5A	20A	√
13	Circuito 2 nivel	2.91A	20A	√
14	Circuito 1 nivel	1.88A	20A	√
15	Circuito 1 nivel	1.88A	20A	√
16	Circuito 1 nivel	2.08A	20A	√
17	Circuito 1 nivel	2.08A	20A	√
18	Circuito1 nivel	1.66A	20A	√
19	Circuito 1 nivel	1.88A	20A	√
20	Circuito 1 nivel	2.29A	20A	√

**Tabla XIX. Protecciones tablero TB2 sótano**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito Corredor sótano	11.66A	20A	√
2	Circuito Contabilidad	4.16A	20A	√
3	Circuito Comedor, almacén y garage	16.66A	20A	√
4	Circuito Contabilidad y proyectos	10.83A	20A	√
5	Circuito Bodega y baños	11.45A	20A	√
6	Circuito Braille	4.59A	20A	√
7	Circuito Carpintería	1.66A	20A	√
8	Circuito Canje y Donación	14.59A	20A	√
9	Circuito Canje y Donación	13.54A	20A	√

**Tabla XX. Protecciones tablero T1 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito lobby entre columnas	8.34A	20A	√
2	Circuito Colección General	16.66A	20A	√
3	Circuito Colección General	16.66A	20A	√
4	Circuito Sur lobby	10A	20A	√
5	Circuito Colección Infantil	11.67A	20A	√
6	Circuito lobby columnas	1.25A	20A	√
7	Circuito Colección escolar	16.66A	20A	√
8	Circuito Norte Lobby central	6.66A	20A	√
9	Circuito Norte lobby	6.66A	20A	√
10	Circuito Dirección, secretaria y audiovisual	5.41A	20A	√
11	Circuito Colección escolar	8.13A	20A	√
12	Circuito entrada principal	0.625A	20A	√
13	Circuito entrada principal	3.54A	20A	√
14	Circuito Salón Rafael Landivar	0.84A	20A	√
15	Circuito Salón Rafael Landivar	10A	20A	√
16	Circuito Salón Rafael Landivar	15A	20A	√
17	Circuito Salón Rafael Landivar	0.4125A	20A	√
18	Circuito Colección Nacional	15.41A	20A	√

**Tabla XXI. Protecciones tablero T2 lobby**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 8 nivel	2.71A	20A	√
2	Circuito 8 nivel	2.71A	20A	√
3	Circuito 8 nivel	2.91A	20A	√
4	Circuito 8 nivel	2.5A	20A	√
5	Circuito 8 nivel	2.91A	20A	√
6	Circuito 9 nivel	3.34A	20A	√
7	Circuito 9 nivel	3.34A	20A	√
8	Circuito 9 nivel	3.54A	20A	√
9	Circuito 9 nivel	3.54A	20A	√
10	Circuito Colección nacional	6.66A	20A	√
11	Circuito Rafael Landivar	6.45A	20A	√

Tabla XXII. Protecciones tablero T3 lobby

Cálculo de protecciones para el tablero T3 lobby:				
No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Circuito 7 nivel	1.88A	20	√
2	Circuito 7 nivel	1.88A	20	√
3	Circuito 7 nivel	2.08A	20	√
4	Circuito 7 nivel	2.08A	20	√
5	Circuito 7 nivel	1.66A	20	√
6	Circuito 7 nivel	1.88A	20	√
7	Circuito 7 nivel	2.29A	20	√
8	Circuito 3 nivel	2.5A	20	√
9	Circuito 3 nivel	0.84A	20	√
10	Circuito 3 nivel	2.29A	20	√
11	Circuito 3 nivel	0.41A	20	√
12	Circuito 3 nivel	2.29A	20	√
13	Circuito 3 nivel	2.29A	20	√
14	Circuito 3 nivel	2.29A	20	√
15	Circuito 3 nivel	0.21A	20	√

**Tabla XXIII. Protecciones tablero principal**

No.	Nombre del Circuito	Teórico	Actual	Correcto o incorrecto
1	Cálculo de la protección del tablero principal al tablero TB1 sótano	94.16A	100A	√
2	Cálculo de la protección del tablero principal al tablero TB2 sótano	89.16A	100A	√
3	Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T1 lobby	153.96A	100A	x
4	Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T2 lobby	34.16A	100A	√
5	Cálculo de la protección del tablero principal al tablero T3 lobby	26.87A	100A	√





## 7. PROPUESTA FINANCIERA A LOS PROBLEMAS

En cuanto a la propuesta económica, se busca una instalación sea segura y de calidad; para esto se adjuntan los valores que pueden servir de referencia a la hora de realizar las mejoras mencionadas en este informe.

Nota: cabe destacar que dichos valores pueden variar ya sea por marca o por distribuidor.

**Tabla XXIV. Precios de mercado conductores**

no del calibre	cantidad en metros	precio x metro
10	750	Q4.60
8	250	Q7.50
6	150	Q11.75

Diferente repuestos

Los diferentes repuestos adjuntos en la tabla son para poder reparar equipo dañado en las instalaciones.

**Tabla XXV. Precios de mercado repuestos a utilizar**

Cantidad	Descripción	precio unitario
30	switches	Q11.50
40	tomas	Q11.50
100	lámparas 40"	Q6.10
40	lámparas 20"	Q6.25
1	flipon 200A	Q1,245.42

La mano de obra esta calculad con base a un sueldo promedio de un electricista y su respectivo ayudante, se tomo como base un sueldo promedio del mercado al cual se le calculó sus respectivos 15.5 sueldos; para el electricista se tomó como referencia un sueldo de Q2800 y para el ayudante Q1800, los precios adjuntos corresponden a 10 días de trabajo.

**Tabla XXVI. Precios de mercado mano de obra**

Trabajador	precio mano de obra
electricista	Q1,206
ayudante	Q775

## 8. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Este usuario no presenta la posibilidad de ser incorporado como gran usuario dado que su historial de consumo no excede los 100KW que establece el Reglamento de la Ley General de Electricidad, el cual cita que “un gran usuario, es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios (Kw), y dado que su consumo promedio en KW en los últimos seis meses es de 38.25Kw no es posible que sea incorporado a la red como gran usuario.

**Tabla XXVII. Datos generales de la Biblioteca Nacional**

Nombre	Biblioteca Nacional
NIT	288015-6
Contador	H-55679
Correlativo	657871

**Tabla XXVIII. Consumos de los últimos 6 meses**

Mes	Consumo (kw)
Septiembre	55.2
Agosto	35.1
Julio	33.6
Junio	36.6
Mayo	35.4
Abril	33.6
Promedio 6 meses	38.25



## CONCLUSIONES

1. Realizar las reparaciones en las diferentes áreas en las cuales se encuentran los cables empalmados, los switches y tomas al descubierto, ya que ésto constituye un alto riesgo de corto circuito.
2. Elaborar un plan de mantenimiento a las luminarias, ya que actualmente se encuentran con balastos en mal estado y lámparas quemadas.
3. La principal fuente de pérdida de iluminación en el sistema lo presentan las luminarias, el polvo y suciedad que tienen las mismas y la ineficiencia de las lámparas.
4. Trasladar cargas del tablero T1 lobby hacia el tablero T2 ó T3 lobby, ya que actualmente dicho tablero presenta mas cargas conectadas y al momento de tener todo este equipo encendido se produce un disparo del flipon.
5. Los tableros T2 y T3 tiene suficiente carga disponible para poder ser instaladas; por su parte los tableros TB1 y TB2 están casi ya en su máxima capacidad; por otro lado el tablero T1 se encuentra fuera de rango, ya que su capacidad ya esta sobrepasada.

6. El transformador está diseñado para futuras ampliaciones, ya que su capacidad es mayor a lo que estas consumiendo actualmente.
  
7. El beneficio que proporcionaría una buena instalación eléctrica es que con la misma se beneficiaría todo el pueblo, ya que por ser un biblioteca pública todas la actividades que se realizan en la misma constituye una fuente de desarrollo y esto contribuiría a que las tareas sean más eficientes y confortables.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar cuanto antes un plan de mantenimiento rutinario del sistema de iluminación.
2. Cambiar los balastos y lámparas quemadas.
3. Eliminar los cables que se encuentran sin uso y en su medida encintar o eliminar los empalmes.
4. Tratar de mantener las instalaciones eléctricas en buen estado y cuando se realicen nuevas instalaciones o modificaciones actualizar los planos eléctricos.
5. Utilizar colores claros cuando se pinten las instalaciones especialmente en las áreas de lectura, ya que con ello se estará aprovechando de mejor manera la iluminación.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Safford, Edgard. Instalaciones e iluminación para Hogares y Oficina, México, Limusa, 1995.
2. Avallone, Eugene. Manual de Ingeniero Eléctrico, novena edición, Colombia, Mc Graw-Hill, 1997.
3. Harper, Enrique. Manual de instalaciones Residenciales, México, Limusa, 1989.
4. Harper, Enrique. El ABC de las instalaciones Eléctricas. Editorial Limusa. Tercera edición, 1994.
5. Méndez, Luis. Guía para el manual de instalaciones, Facultad de Ingeniería 2000.