



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

**ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO  
FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ**

**Ronaldo Antonio Clavería Ivoy**

Asesorado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez

Guatemala, julio de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO  
FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RONALDO ANTONIO CLAVERÍA IVOY**

ASESORADO POR EL ING. NATANAEL JONATHAN REQUENA GÓMEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, JULIO DE 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romero Neftalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez




## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO  
FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de febrero de 2015.



**Ronaldo Antonio Clavería Ivoy**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de marzo de 2017.  
Ref.EPS.DOC.216.03.17.

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

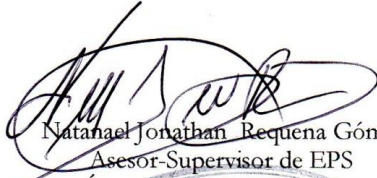
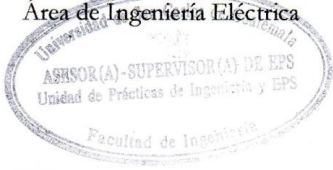
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ronaldo Antonio Claveria Ivoy** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. **200413203** y CUI **1684 68336 0501**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL GENERAL DE COBAN, ALTA VERAPAZ”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Natanael Jonathan Requena Gómez  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Eléctrica  


c.c. Archivo  
NJR/ra

---

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.  
Teléfono directo: 2442-3509



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala 08 de marzo de 2017.  
Ref.EPS.D.75.06.17.

Ing. Francisco Javier González  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

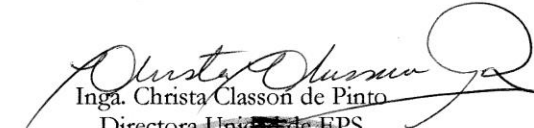
Estimado Ingeniero González.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL GENERAL DE COBAN, ALTA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Ronaldo Antonio Claveria Ivoy**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

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,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 10 2017.  
Guatemala, 13 de OCTUBRE 2016.

Señor Director  
Ing. Francisco Javier González López  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA  
ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y  
MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DEL HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ,  
del estudiante Ronaldo Antonio Clavería Ivoy, que cumple con  
los requisitos establecidos para tal fin.**

**Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.**

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez  
Coordinador Área Potencia



S/O



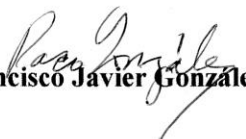
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 08. 2017.

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: **RONALDO ANTONIO CLAVERÍA IVOY** Titulado: **ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ,** procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 10 DE MARZO 2017.





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

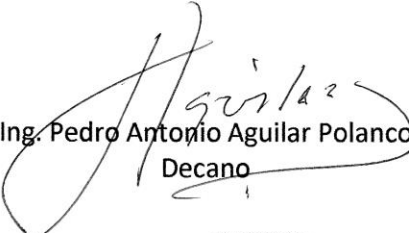


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 328.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO Y DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO, PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO Y MODERNIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL GENERAL DE COBÁN, ALTA VERAPAZ,** presentado por el estudiante universitario: **Ronaldo Antonio Clavería Ivoy,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, julio de 2017

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Elda Esther Ivoy y Ronaldo Alfredo Clavería, su amor será siempre mi inspiración.
<b>Mi esposa</b>	Samira Elizabeth García por ser mi compañía en los momentos difíciles.
<b>Mis hijos</b>	Ronaldo David, Christopher Adrián y Jonathan Gael Clavería García por ser mi gran motivación en la vida.
<b>Mis hermanos</b>	Josué Eduardo y Susan Victoria Clavería Ivoy por todo su cariño.
<b>Mi sobrino</b>	Christian Clavería, por todo su cariño



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de superarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por formarme como profesional con principios basados en la técnica y la verdad.
<b>Hospital regional de Cobán, Helen Losi de Laugerud</b>	Por permitirme realizar el presente trabajo de graduación en sus instalaciones.
<b>A mis padres</b>	Elda Esther Ivoy y Ronaldo Alfredo Clavería por todos los esfuerzos que realizaron para que pudiera alcanzar este importante logro.
<b>A mi esposa</b>	Por estar a mi lado apoyándome a culminar mi carrera profesional.
<b>A mi maestro</b>	Ing. Francisco Javier González López, por todas sus enseñanzas y por orientarme con sus consejos para ser un mejor ser humano.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIV
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XVIII
RESUMEN.....	XXIV
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXVI
1. ANTECEDENTES DE HOSPITAL REGIONAL HELEN LOSI DE LAUGERUD COBÁN ALTA VERAPAZ .....	1
1.1. Características generales del departamento de Alta Verapaz .....	1
1.1.1. Información demográfica .....	1
1.1.2. Servicio hospitalario en Alta Verapaz .....	2
1.1.3. Reseña histórica de la institución .....	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Misión .....	4
1.2. Estructura organizacional del hospital regional de Cobán .....	5
1.2.1. Director ejecutivo .....	5
1.2.2. Jefe de servicios médicos.....	5
1.2.3. Junta médica .....	5
1.2.4. Organigrama de la institución .....	7
1.3. Identificación de la institución .....	8
1.4. Ubicación.....	9

2.	EVALUACION DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN.....	11
2.1.	Descripción de las instalaciones eléctricas .....	11
2.1.1.	Acometida eléctrica .....	11
2.1.2.	Centro de distribución de cargas.....	12
2.1.3.	Tableros eléctricos. ....	13
2.1.4.	Planilla de cargas de los tableros.....	15
2.1.5.	Puestas a tierra. ....	16
2.1.5.1.	Diferencias entre la conexión de tierra y neutro .....	17
2.1.5.2.	Puesta a tierra para sistemas eléctricos. ....	18
2.1.6.	Diagramas y planos de las instalaciones eléctricas .....	19
2.2.	Máquinas eléctricas y dispositivos de control y operación .....	19
2.2.1.	Transformador trifásico .....	19
2.2.2.	Sistema eléctrico de emergencia .....	20
2.2.3.	Planta eléctrica de emergencia .....	21
2.2.3.1.	Operación de la planta eléctrica de emergencia.....	22
2.2.3.2.	Mantenimiento a planta eléctrica de emergencia.....	22
2.2.4.	Generador eléctrico.....	23
2.2.4.1.	Conexión del generador .....	23
2.2.5.	Interruptor de transferencia automática.....	24
2.3.	Toma de datos de las instalaciones eléctricas .....	25
2.3.1.	Medición de magnitudes eléctricas. ....	25
2.3.1.1.	Medición de cargas. ....	26
2.3.1.2.	Voltajes en tableros eléctricos.....	26



	2.3.1.3.	Consumo de energía eléctrica.....	27
	2.3.1.4.	Potencia demandada.....	28
	2.3.1.5.	Valores de resistencia de puesta a tierra .....	29
2.4.		Mantenimiento del sistema eléctrico.....	30
2.5.		Verificación de parámetros de funcionamiento del sistema eléctrico .....	31
	2.5.1.	Datos de elementos del sistema eléctrico .....	31
	2.5.2.	Datos de elementos principales del sistema de distribución.....	33
	2.5.2.1.	Conductores de alimentación principal. ....	33
	2.5.2.2.	Distribución de cargas del sistema eléctrico .....	34
	2.5.2.3.	Balance de cargas.....	34
	2.5.2.4.	Parámetros de funcionamiento del tablero principal .....	36
	2.5.3.	Porcentaje de utilización de los elementos principales del sistema eléctrico .....	36
	2.5.3.1.	Utilización del transformador de potencia.....	37
	2.5.3.2.	Utilización de conductores principales y protección principal.....	38
	2.5.3.3.	Valores resistivos de las puestas a tierra. ....	39
	2.5.3.4.	Características del sistema eléctrico de emergencia.....	40

3.	MODERNIZACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN.....	41
3.1.	Antecedentes .....	41
3.2.	Sugerencia de rediseño del sistema eléctrico. ....	42
3.2.1.	Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina externa .....	43
3.2.2.	Rediseño alimentación eléctrica, área de maternidad y jefatura de mantenimiento .....	46
3.2.3.	Rediseño alimentación eléctrica, área de emergencia.....	49
3.2.4.	Rediseño alimentación eléctrica, área de cocina y lavandería.....	52
3.2.5.	Rediseño alimentación eléctrica, área de cirugía de hombres .....	57
3.2.6.	Rediseño alimentación eléctrica, área de administración .....	60
3.2.7.	Rediseño alimentación eléctrica, área de cirugía de mujeres.....	63
3.2.8.	Rediseño alimentación eléctrica, área de nutrición y ultrasonido .....	66
3.2.9.	Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina de hombres .....	69
3.2.10.	Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina de mujeres .....	72
3.2.11.	Rediseño alimentación eléctrica, área de mantenimiento y morgue .....	75
3.3.	Diseño de la puesta a tierra .....	78
3.3.1.1.	Cálculo de la malla de tierra. ....	79

3.4.	Mantenimiento del sistema eléctrico del hospital regional de Coban.....	81
3.4.1.	Mantenimiento preventivo.....	83
3.4.1.1.	Documentación requerida para un adecuado plan de mantenimiento.....	84
3.4.2.	Pruebas y controles para instalaciones y equipos..	85
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO ÁREA DE LAVANDERÍA Y PUESTAS A TIERRA DEL HOSPITAL DE COBÁN.....	87
4.1.	Proyección económica del cambio de tablero en área de lavandería y mejoramiento de puestas a tierra.....	87
4.1.1.	Programa de ejecución del proyecto .....	88
4.2.	Beneficios de la realización del proyecto.....	89
4.2.1.	Reducción de costos por equipos dañados .....	89
4.2.2.	Reducción de costos por deshabilitación de cargas.....	89
4.3.	Tiempo en recuperar la inversión del proyecto.....	91
4.4.	Valor actual neto del proyecto .....	92
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES .....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama hospital regional de Cobán A.V. ....	8
2.	Fachada hospital regional de Cobán.....	9
3.	Ubicación del hospital regional de Cobán. ....	10
4.	Diagrama unifilar de alimentación, hospital de Cobán. ....	12
5.	Centro de distribución de cargas.....	13
6.	Estado de los tableros de distribución.....	15
7.	Ubicación de la puesta a tierra general del hospital.....	16
8.	Conexión estrella-estrella del transformador, hospital de Cobán. ....	20
9.	Planta electrica de emergencia y transferencia automática. ....	21
10.	Diagrama de conexión del generador y voltajes nominales ....	24
11.	Esquema representativo del interruptor de transferencia.....	25
12.	Consumo de energía del hospital, para un periodo de 4 meses. ....	28
13.	Diagrama unifilar del sistema eléctrico del hospital de Cobán. ....	32
14.	Tablero medicina externa.....	45
15.	Tablero jefatura de mantenimiento y maternidad .....	48
16.	Tablero área de emergencia .....	51
17.	Tablero cocina y lavandería 1 .....	54
18.	Tablero de lavandería .....	57
19.	Tablero cirugía de hombres .....	60
20.	Tablero de administración .....	63
21.	Tablero cirugía de mujeres.....	66
22.	Tablero nutrición y ultrasonido .....	69
23.	Tablero medicina de hombres.....	72

24.	Tablero medicina de mujeres.....	75
25.	Tablero mantenimiento y morgue .....	78
26.	Área propuesta para instalación de puesta a tierra.....	79
27.	Malla con base en el estándar IEEE 80 .....	81
28.	Tipos de mantenimiento.....	82
29.	Cronograma de ejecución del proyecto .....	88
30.	Especificación de fallas más frecuentes, área de lavandería .....	90
31.	Materiales y costos del proyecto.....	91
32.	Diagrama de flujo de efectivo del proyecto a una tasa de interés del 20 %.....	94

## TABLAS

I.	Población estimada para el 2014, departamento de Alta Verapaz .....	2
II.	Información hospitales nacionales de Alta Verapaz.....	3
III.	Valores resistivos de las tierras físicas. ....	29
IV.	Conductores de alimentación principal. ....	33
V.	Parámetros de funcionamiento tablero secundario 1 .....	35
VI.	Parámetros de funcionamiento tablero secundario 2.....	35
VII.	Parámetros de funcionamiento tablero secundario 3.....	35
VIII.	Parámetros de funcionamiento tablero principal.....	36
IX.	Corriente nominal por fase del tablero principal.....	37
X.	Porcentaje de utilización de conductores de alimentación..... principales.....	38
XI.	Resistividad de suelo, hospital regional de Cobán .....	40
XII.	Especificación de circuitos medicina externa.....	43
XIII.	Especificación de circuitos maternidad y jefatura de mantenimiento ....	46
XIV.	Especificación de circuitos área de emergencia. ....	49
XV.	Especificación de circuitos, área de cocina y lavandería .....	52

XVI.	Especificación de circuitos trifásicos, área de lavandería .....	55
XVII.	Especificación de circuitos, área de cirugía de hombres.....	58
XVIII.	Especificación de circuitos, área de administración. ....	61
XIX.	Especificación de circuitos, área de cirugía de mujeres.....	64
XX.	Especificación de circuitos, área de nutrición y ultrasonido. ....	67
XXI.	Especificación de circuitos, área de medicina de hombres. ....	70
XXII.	Especificación de circuitos, área de medicina de mujeres. ....	73
XXIII.	Especificación de circuitos, área de mantenimiento y morgue.....	76





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>3Φ</b>	3 fases
<b>C2H2</b>	Acetileno
<b>A</b>	Amperio
<b>W</b> sub índice	Bobinado transformador
<b>Δ</b>	Configuración en delta o triangulo
<b>Y – Y</b>	Configuración estrella – estrella
<b>D</b>	Contador
<b>CC</b>	Corriente continúa
<b>H2</b>	Di hidrógeno
<b>C2H6</b>	Etano
<b>C2H4</b>	Etileno
<b>° C</b>	Grado centígrado
<b>Hz</b>	Hertz
<b>kA</b>	Kiloamperio
<b>kW*h</b>	Kilovatio hora
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>kVA</b>	Kilovoltio amperio
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>L</b> sub índice	Líneas de alimentación
<b>L<sub>T</sub></b>	Longitud total del conductor de puesta a tierra
<b>CH4</b>	Metano
<b>m</b>	Metro
<b>MCM</b>	Mili circular mili

<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b><math>\Omega</math></b>	Ohm
<b>O.L.</b>	<i>Off Line</i> (fuera de línea)
<b>%</b>	Por ciento
<b>PLC</b>	Programador lógico computarizado
<b>Q</b>	Quetzales
<b><math>R_g</math></b>	Resistencia de puesta a tierra
<b><math>\rho</math></b>	Resistividad del suelo
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>H<sub>sub índice</sub></b>	Terminal primario transformador
<b>X<sub>sub índice</sub></b>	Terminal secundario transformador
<b>T<sub>sub índice</sub></b>	Terminales de conexión generador
<b>V</b>	Voltio
<b>W</b>	Watt

## GLOSARIO

<b>Bentonita</b>	Arcilla de grano muy fino (coloidal) del tipo de montmorillonita que contiene bases y hierro.
<b>Bitácora</b>	Cuaderno o publicación que permite llevar un registro escrito de diversas acciones.
<b>Bobina</b>	Componente pasivo de un circuito eléctrico que debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
<b>Canalizaciones</b>	Son los elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas es proteger a los conductores.
<b>Capacidad nominal</b>	Es la capacidad que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales.
<b>Cognoscitivo</b>	Es un adjetivo que generalmente se usa para describir a aquel que es capaz de conocer y comprender.
<b>Corriente alterna</b>	Corriente en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente.

<b>Corriente continua</b>	Flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial; que no cambia de sentido con el tiempo.
<b>Corriente eléctrica</b>	Flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.
<b>Cromatografía</b>	Es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia.
<b>Deorsa</b>	La Distribuidora de Electricidad de Oriente, S. A. -DEORSA-, es una empresa de distribución energética que comercializa en la región del occidente de Guatemala.
<b>Dieléctrico</b>	Material con una baja conductividad eléctrica es mucho menor a 1, es decir, un aislante, el cual tiene la propiedad de formar dipolos eléctricos en su interior bajo la acción de un campo eléctrico.
<b>Energuate</b>	Distribuidora de energía eléctrica de Guatemala, antes conocida como Deocsa y Deorsa
<b>Esquema unifilar</b>	Representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella, en forma de un solo hilo.

<b>Frecuencia</b>	Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
<b>Fusible</b>	Aparato de protección contra cortocircuitos que en caso de circular una corriente mayor de la nominal, interrumpe el paso de la misma.
<b>Gabinete</b>	Espacio encargado de albergar diferentes dispositivos eléctricos, electrónicos, entre otros que gobiernen la lógica y energicen cargas.
<b>Grupo electrógeno</b>	Es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>Injud</b>	Instituto Nacional de la Juventud y el Deporte.
<b>Impedancia</b>	Es la resistencia que opone un componente pasivo (resistencia, bobina, condensador) al paso de la corriente eléctrica alterna.
<b>Ineb</b>	Instituto Nacional de Educación Básica.

<b>Intecap</b>	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.
<b>Interruptor termo magnético</b>	Dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando sobrepasa ciertos valores máximos.
<b>LED</b>	Diodo emisor de luz
<b>Neonatalogía</b>	Es una de las ramas de la medicina que se dedica al cuidado y protección de los niños recién nacidos.
<b>Potencia</b>	Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.
<b>Puesta a tierra</b>	Mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.
<b>Resistencia</b>	Oposición al flujo de corriente, expresada en ohmios.
<b>Sigsa</b>	Sistema de Información Gerencial de Salud
<b>Sobrecarga</b>	Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga o está sobrecargada, cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él

conectados es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación.

**Transformador**

Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

**Voltaje (tensión)**

Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

**W Diesseldorf**

Empresa comercializadora de café premium en el área del departamento de Alta Verapaz.

**Varilla**

**Copperweld**

Elemento bimetálico compuesto por un núcleo de acero y una película externa de cobre unidos metalúrgicamente.





## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es un estudio técnico del funcionamiento del sistema eléctrico del Hospital Regional de Cobán Helen Losi De Laugerud ubicado en la cabecera municipal de Cobán Alta Verapaz.

En la fase de los antecedentes del hospital, se hace referencia a datos de importancia del departamento de Alta Verapaz, asimismo, se da a conocer la historia de la creación de la institución y datos de relevancia para la realización del presente trabajo de graduación.

En la segunda fase se presenta la evaluación del sistema eléctrico del hospital regional de Cobán, a través de la revisión en campo de las instalaciones eléctricas, máquinas eléctricas y dispositivos de control.

En la tercera fase y tomando como referencia los datos recabados en el capítulo anterior, se procede a sugerir planes de mantenimiento y sugerencias para la modernización del sistema eléctrico del hospital.

En la cuarta fase se enfoca en dar a conocer al personal de mantenimiento del hospital, los cambios realizados en las instalaciones eléctricas del hospital, asimismo, se dio a conocer las medidas a tomar para el mantenimiento y mejora de las instalaciones y equipos, estas medidas se dieron a conocer a través de capacitaciones impartidas a personal de mantenimiento del hospital.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar un estudio técnico de las instalaciones eléctricas del hospital regional de la cabecera municipal de Cobán, Alta Verapaz.

### **Específicos**

1. Verificar que el estado de las instalaciones eléctricas del hospital sea adecuado para el adecuado funcionamiento.
2. Verificar que los diagramas de las instalaciones eléctricas estén actualizadas, según los equipos instalados.
3. Realizar estudio y análisis de fallas y sugerir mejoras para la eliminación de las causas que las originan.
4. Realizar programas de mantenimiento de los equipos que conforman la red eléctrica del hospital.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es un estudio técnico del funcionamiento del sistema eléctrico del hospital regional de Cobán Alta Verapaz, Es con el objetivo de realizar sugerencias de mejora para la modernización de las instalaciones eléctricas.

La verificación del funcionamiento de las instalaciones eléctricas es muy importante en cualquier dependencia del estado, al verificar el adecuado funcionamiento de las instalaciones se gana en eficiencia y se mejora la calidad de las instalaciones, por otro lado, se deben modernizar algunos equipos o accesorios de las instalaciones para la renovación continua de las instalaciones. La modernización se debe realizar tomando en cuenta los equipos instalados en su momento y verificar cuales son los más adaptables para la función en la cual van a estar instalados.

La mayoría de instituciones carecen de un estudio adecuado en el cual puedan basarse para expandir las instalaciones eléctricas en un lugar determinado o realizar nuevas instalaciones, esto lleva a la creación de nuevos problemas en otras áreas, se debe tomar en consideración que el incremento de la demanda en los servicios salud, es un factor importante para la ampliación y modificación de las instalaciones eléctricas.



# **1. ANTECEDENTES DE HOSPITAL REGIONAL HELEN LOSI DE LAUGERUD, COBÁN ALTA VERAPAZ**

## **1.1. Características generales del departamento de Alta Verapaz.**

Alta Verapaz es uno de los 22 departamentos de la República de Guatemala, está situado al norte del país, localizado a 260 kilómetros al norte de la ciudad de Guatemala. tiene una extensión territorial de 8 686 kilómetros cuadrados y su población es de aproximadamente 1 219 585 habitantes. La edad media es de 16 años. Cuenta con 17 municipios y su cabecera departamental es Cobán. El nombre Verapaz significa la verdadera paz y se le agrega Alta, por estar situado en el norte de Guatemala.<sup>1</sup>

### **1.1.1. Información demográfica**

Un parámetro a considerar es la cantidad poblacional correspondiente al departamento de Alta Verapaz, para conocer más acerca de los datos poblacionales se muestra una tabla en la cual se detallan las personas estimadas por municipio y se desglosan en mujeres y hombres, dichos datos fueron tomados de la página oficial del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala en el 2015 y son un estimado de la cantidad real.

En la tabla I, se incluyen datos básicos relacionados al índice demográfico del departamento de Alta Verapaz.

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.encyclopediaguatemala.org.gt/>. Consulta mayo de 2016.

Tabla I. **Población estimada en el 2014, departamento de Alta Verapaz**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>MUJERES</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>TOTAL</b>
Cahabon	31 199	31 805	63 004
Chahal	14 388	13 754	28 142
Chisec	35 547	35 889	71 436
Cobán	124 246	126 430	250 675
Fray bartolomé de las casas	34 470	33 634	68 104
Lanquín	13 212	12 953	26 164
Panzós	30 829	31 315	62 144
Raxruhá	17 730	17 901	35 631
San cristóbal verapaz	32 371	31 592	63 963
San juan chamelco	30 984	30 561	61 545
San pedro carchá	119 570	115 643	235 213
Santa catarina la tinta	20 621	20 141	40 762
Santa cruz verapaz	20 756	20 195	40 952
Senahú	34 602	34 670	69 272
Tactic	19 381	17 784	37 165
Tamahú	10 663	10 864	21 527
Tucurú	21 826	22 059	43 885

Fuente: SIGSA, Guatemala.

### **1.1.2. Servicio hospitalario en Alta Verapaz**

El departamento de Alta Verapaz cuenta con instituciones gubernamentales que brindan servicios de asistencia médica en la región, en la tabla II se muestran datos de los 3 principales hospitales, de esa manera se puede establecer una referencia de la importancia que tiene el hospital de Cobán de atender a la población alta verapacense.



Tabla II. **Información hospitales nacionales de Alta Verapaz**

<b>Institución</b>	<b>Dirección</b>	<b>teléfono</b>
Hospital Nacional de Cobán	8a. Calle 1-24 zona 11 Cobán, Alta Verapaz	79316333-79510050
Hospital Nacional Fray Bartolomé de las Casas	1ra. Calle 3-41 Zona 1 Barrio Magisterio, Fray Bartolomé de las Casas	79319100-79319102
Hospital Nacional La Tinta	Barrio el Hospital Zona 11, Panzos, Alta Verapaz	79686037-79686038

Fuente: elaboración propia.

### **1.1.3. Reseña histórica de la institución**

De acuerdo a datos recabados se indica que en su inicio quien pagaba a los pocos empleados del hospital era la firma W Diesseldorf, contando con una estructura de madera y piso de tablas. Los pacientes que acudían a recibir la atención dormían en petates y su ubicación era donde funciona actualmente el INEB. La atención era brindada por un comité de señoras y señoritas voluntarias.

Al transcurrir el tiempo, de acuerdo a la demanda, se constituyó el patronato prohospital, el cual tuvo a su cargo la administración de personal por cuatro años, asimismo, se encargaba de un adecuado funcionamiento. A través del gobierno del Lic. Manuel Estrada Cabrera, se dota de un edificio propio y en honor a la madre del mismo se le denomina Hospital Joaquina, conocida actualmente como Escuela de Enfermería de Cobán Alta Verapaz.

Durante el gobierno militar del coronel Enrique Peralta Azurdia siendo ministro de salud pública y asistencia social el Dr. Alfonso Ponce Archila, en 1964, realizan reparaciones al hospital, iniciando trabajos preliminares para la nueva construcción del pabellón antituberculoso con una inversión presupuestada. La construcción del hospital de Cobán se inició en 1976, finalizando en 1977 y fue inaugurado en 1978, abriendo sus puertas a la población de Alta Verapaz a partir del mes de febrero del mismo año. Actualmente funciona una bodega de la empresa Bayer frente a lo que fue el hospital infantil y la clínica de autocuidado bajo la responsabilidad de la escuela nacional de enfermería, en esta época se le dota al hospital de una ambulancia.

#### **1.1.4. Visión**

Consolidarse como el ente ejecutor de los servicios de salud de la población guatemalteca, región norte, con las disposiciones del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Proporcionando un mejor nivel de bienestar con innovaciones médicas y los más altos estándares de calidad y seguridad.

#### **1.1.5. Misión**

Somos una institución que proporciona asistencia médica de calidad en forma permanente, contribuyendo al mejoramiento del estado de salud de la población; con servicios de hospitalización, urgencias y ambulatorio; para la recuperación, rehabilitación, promoción y prevención de la salud; con principios de equidad, eficacia y eficiencia, fundamentada en la satisfacción del usuario que demanda atención.

## **1.2. Estructura organizacional del hospital regional de Cobán**

El hospital regional Helen Losi De Laugerud forma parte del sistema de servicios de salud, interactuando con servicios e instituciones, viabilizando la referencia y contra referencia de pacientes, brindando apoyo técnico y logístico de acuerdo con su organización y complejidad y a los servicios periféricos de su área de influencia.

La estructura organizacional del hospital, agrupa a los empleados según sus especialidades y de acuerdo a las actividades realizadas, según su función principal. A continuación, se describe la forma en la cual está clasificada la estructura organizacional del hospital.

### **1.2.1. Director ejecutivo**

Es la autoridad superior del hospital, le corresponde la dirección, supervisión y control de las actividades médicas, técnicas y administrativas pertinentes.

### **1.2.2. Jefe de servicios médicos**

Es quien colabora con el director para que se cumplan las funciones asignadas al hospital y en su ausencia temporal lo sustituye.

### **1.2.3. Junta médica**

Está integrada por el director ejecutivo, quien la preside, el jefe de servicios médicos, jefes de departamentos y jefes de los servicios de medicina, cirugía, traumatología, pediatría, ginecoobstetricia y anestesiología. Las juntas y

comités conocen y recomiendan soluciones a la dirección ejecutiva, sobre los problemas que se detecten en el funcionamiento de los servicios de la unidad.

El cuerpo médico del hospital tiene la siguiente jerarquización dentro de los servicios clínicos de la unidad:

- Jefe de servicios médicos
- Jefe del departamento
- Médico especialista
- Médico general
- Médico residente

Los servicios de apoyo del hospital, son los siguientes:

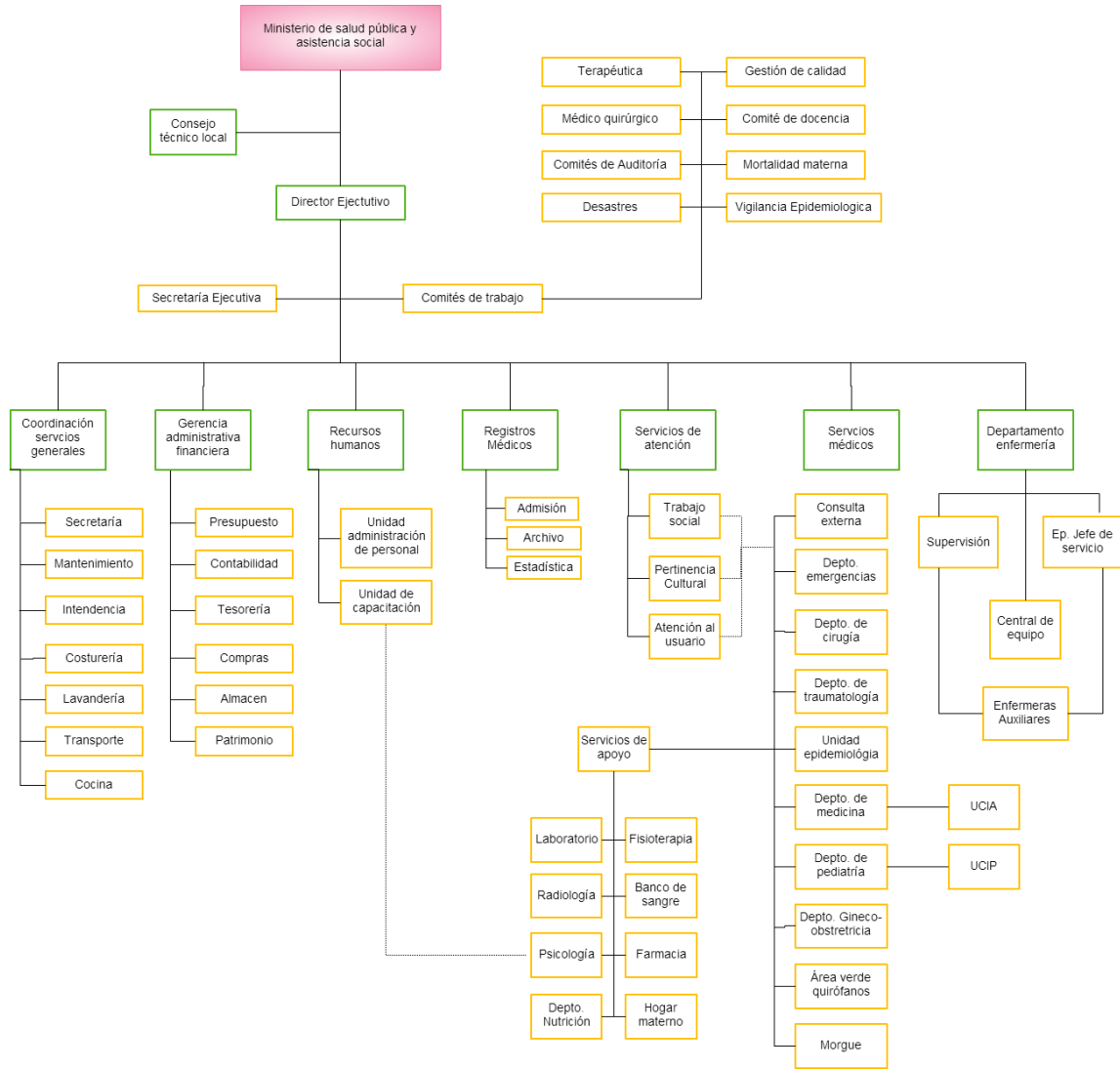
- Laboratorio
- Radiología
- Psicología
- Departamento de nutrición
- Fisioterapia
- Banco de sangre
- Farmacia
- Hogar materno

#### **1.2.4. Organigrama de la institución**

El hospital regional de Coban cuenta con un organigrama bien definido, donde se encuentran los niveles y subniveles necesarios para el adecuado funcionamiento de las actividades del personal que labora en la institución.

En la figura 1 se muestra el organigrama del hospital regional de Coban, donde se puede observar las dependencias y las relaciones entre cada uno de los departamentos de la institución.

Figura 1. Organigrama hospital regional de Cobán Alta Verapaz



Fuente: elaboración propia.

### 1.3. Identificación de la institución

Nombre: Hospital Regional de Cobán Helen Losi de Laugerud

Dirección: 8a. calle 1-24 zona 4, Cobán, Alta Verapaz

Teléfonos: 7952-1315 / Fax: 7951-0050

Figura 2. **Fachada Hospital Regional de Cobán**



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

#### **1.4. Ubicación**

El Hospital Regional de Cobán Helen Losi de Laugerud, se encuentra ubicado en la parte norte de la cabecera departamental de Cobán, Alta Verapaz, colindando al norte con la comunidad de Chimax, La Peña, al sur con la jefatura de área de salud. Al oriente con el Instituto Emilio Rosales Ponce, al occidente con el Instituto Nacional INJUD.

En la figura 3 se muestra con una cruz la ubicación del hospital regional de Cobán.

Figura 3. **Ubicación del hospital regional de Cobán**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos del Hospital Helen Losi de Laugerud.



## **2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**

En el presente capítulo se describe el estado del sistema eléctrico del hospital, la evaluación consiste en observar y verificar el funcionamiento de las instalaciones, máquinas y dispositivos de control y operación. Se realizaron mediciones para comprobar el comportamiento eléctrico del sistema y se investigó acerca de los mantenimientos efectuados a los distintos elementos que componen el sistema eléctrico.

### **2.1. Descripción de las instalaciones eléctricas**

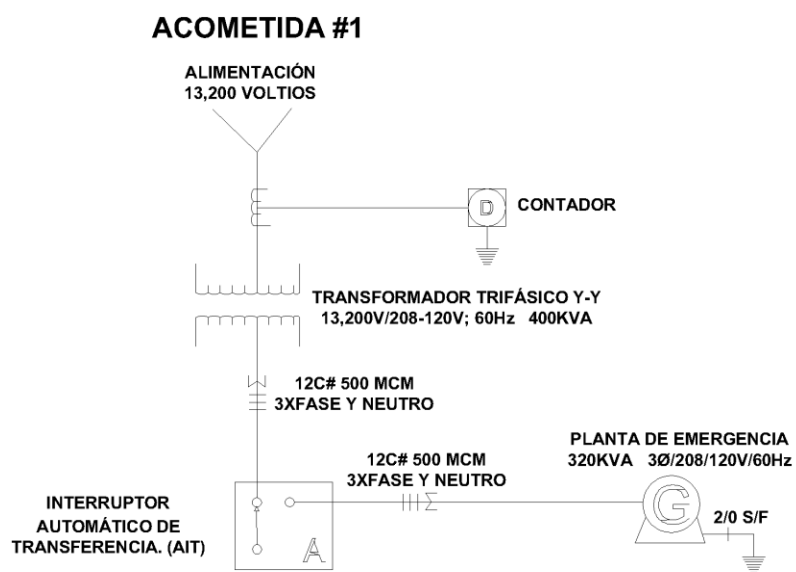
Se toma como punto inicial la descripción de las instalaciones eléctricas, se observa el estado físico en el cual se encuentran y se verifican con diagramas eléctricos los dispositivos y elementos que interactúan en el sistema eléctrico del hospital regional de Cobán, la verificación de las instalaciones es determinante para sugerir mejoras y soluciones a problemas que se encuentran en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas. Algunos elementos de las instalaciones eléctricas son de vital importancia, requieren atención especial para el buen desempeño, y son los que se tomarán en cuenta para el presente estudio.

#### **2.1.1. Acometida eléctrica**

El suministro de energía eléctrica del hospital regional de Cobán es proporcionado a través de la empresa Energuate, la distribuidora encargada

para el área de Alta Verapaz es la distribuidora de electricidad de oriente Deorsa. El voltaje suministrado es de 13,2 / 7,620 kV el cual es reducido a 120 / 208 V, voltaje de uso en las instalaciones a través de un transformador de 400 kVA de potencia.

Figura 4. **Diagrama unifilar de alimentación, hospital de Cobán**



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

### 2.1.2. Centro de distribución de cargas

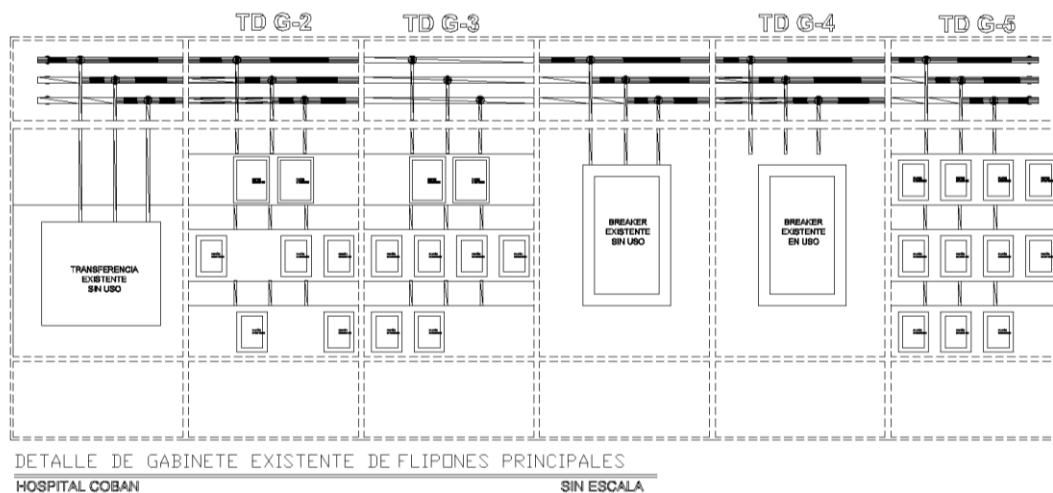
El centro de distribución de cargas cumple un papel muy importante, puesto que desde este punto se distribuyen las cargas principales hacia los distintos puntos ubicados dentro del Hospital Regional de Coban.

El gabinete posee las siguientes características:

- Barra principal de cobre con capacidad para 1 200A
- 1 espacio para ubicación del interruptor principal
- 1 espacio para ubicación de interruptor de transferencia manual
- 26 espacios para ubicación de interruptores termo magnéticos

En la figura 5 se muestran los detalles físicos del centro de distribución de cargas.

Figura 5. Centro de distribución de cargas



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

### 2.1.3. Tableros eléctricos

Los tableros eléctricos de distribución son en mayor parte del tipo trifásico, se han cambiado los que se instalaron al inicio de operaciones, debido a que no se encuentra en el mercado elementos de protección para montaje en los mismos.

Se verificó el estado físico de los tableros eléctricos instalados en el hospital y se encontró que las condiciones en las cuales se encuentran varios de los tableros, no cumplen con las medidas de seguridad adecuadas para el montaje y operación de los elementos de dichos tableros.

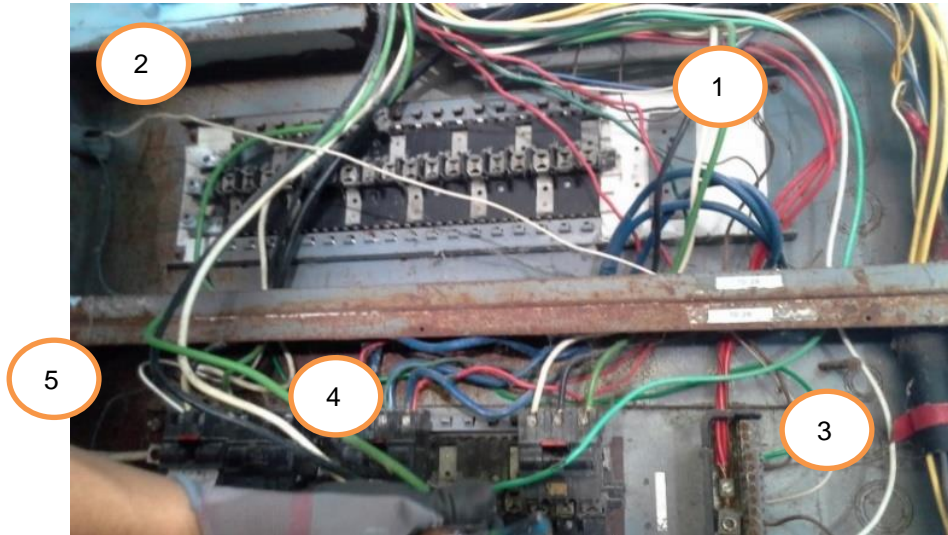
Para comprender de mejor manera el estado físico en el cual se encuentran los tableros de distribución del hospital regional de Cobán, es necesario mostrar las condiciones.

Otro elemento a considerar en los tableros instalados es el hecho que algunos son de una marca que es difícil conseguir repuestos en el mercado guatemalteco, esto impide el cambio de interruptores termo-magnéticos dañados, lo que provoca sobrecarga en otros circuitos.

En la figura 6 se muestra el tablero ubicado en el área de lavandería, en el cual se puede observar lo siguiente:

- Conductores de alimentación desordenados y en posiciones inadecuadas
- Daño permanente en uno de los tableros (esto originó la sobrecarga del tablero de al lado).
- La identificación de los colores para los conductores eléctricos es incorrecta.
- Sobrecarga en uno de los tableros
- El tablero no posee tapadera

Figura 6. **Estado de los tableros de distribución**



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

#### **2.1.4. Planilla de cargas de los tableros**

Los tableros eléctricos principales utilizados en el hospital regional de Cobán son en su gran mayoría de tipo trifásico, este detalle se puede observar en los planos de la sección de anexo 1 del presente trabajo de graduación. La utilización de tableros de tipo trifásico se debe a la mejor distribución de las cargas eléctricas que se emplean en el hospital, debido a que la mayoría de cargas son de tipo monofásico.

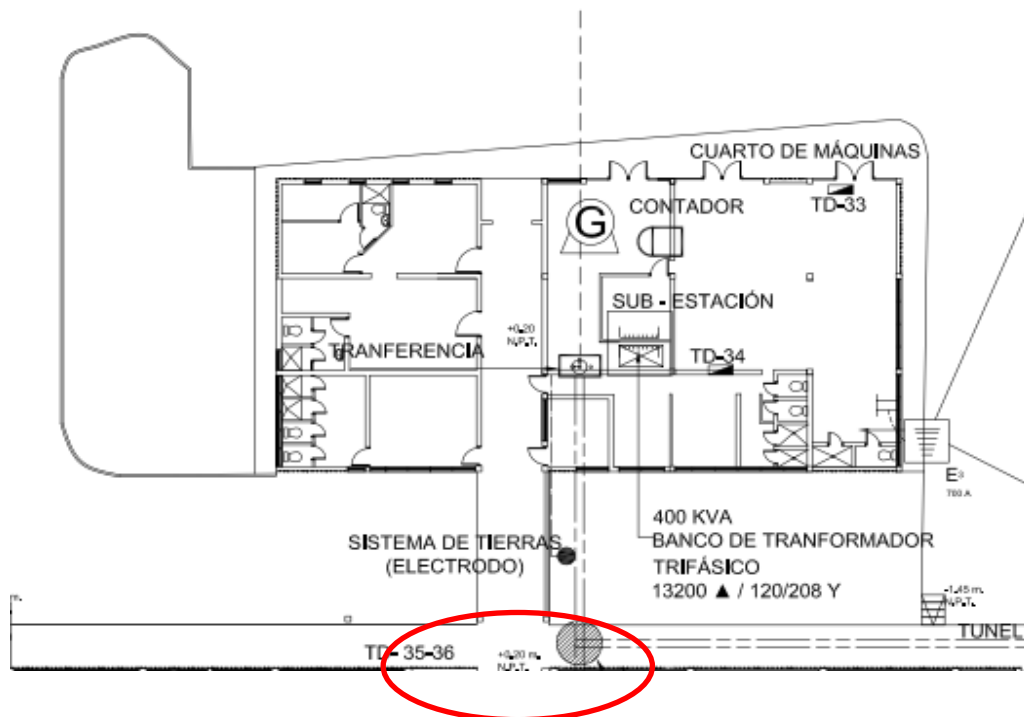
Para comprender de mejor manera la distribución de las cargas en los tableros eléctricos del hospital, se hace referencia a las cargas instaladas y el consumo detallado en amperios.

### 2.1.5. Puestas a tierra

La tierra física instalada es la requerida para las especificaciones de la instalación del transformador, debido a que el transformador está instalado en conexión estrella-estrella. El sistema de tierras físicas está ubicado en la parte posterior al área de mantenimiento, se distribuye a través del tablero principal hacia todos los ramales secundarios.

En la figura 7, se muestra la ubicación de la tierra física instalada para la red eléctrica del hospital, esta se encuentra instalada en la parte posterior del área de mantenimiento.

Figura 7. Ubicación de la puesta a tierra general del hospital



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

La identificación de las líneas de tierra física es inadecuada, los colores utilizados son incorrectos y la elaboración de las tierras físicas en ocasiones es inadecuada, esto causa que la utilización de los puntos de conexión a tierra no sea práctica, tampoco cumple con los objetivos que debe cumplir una tierra física.

Los puntos de conexión a tierra cumplen varias funciones y entre ellas se pueden mencionar los siguientes:

- Habilitar la conexión a tierra en sistemas con neutro a tierra.
- Proporcionar el punto de descarga para las carcasas, armazón o instalaciones.
- Asegurar que las partes sin corriente, tales como armazones de los equipos, estén siempre a potencial de tierra, aun en el caso de fallar el aislamiento.
- Proporcionar un medio eficaz de descargar los alimentadores o equipos antes de proceder en ellos a trabajos de mantenimiento.

#### **2.1.5.1. Diferencias entre la conexión de tierra y neutro**

Un error común en la conexión de un equipo o en la transmisión de tensión en un conducto es la confusión entre tierra (GND) y neutro (N). Aunque idealmente estos dos terminan conectados en algún punto a tierra, la función de cada uno es muy distinta. El cable de neutro es el encargado de la transmisión de corriente y el conductor de tierra es una seguridad primaria de los equipos contra el shock eléctrico. Identificarlos como si cumplieran la misma función sería anular la seguridad de tierra contra el shock eléctrico.

En el hipotético caso que se tome el neutro y tierra como lo mismo cuando el cable de tierra se corte o interrumpa, la carcasa de los equipos que estén conectados a esta tierra-neutro, tendrá el potencial de línea y así toda persona que tenga contacto con ello estará expuesta a una descarga eléctrica.

#### **2.1.5.2. Puesta a tierra para sistemas eléctricos**

El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos, esto se realiza mediante un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema, como parte del sistema eléctrico conectado a tierra física.

La red de tierras cumple un papel muy importante debido a que tiene la función de proteger las instalaciones, los equipos y a las personas. Basados en la importancia de las tierras físicas se verificó la necesidad de tomar mediciones de resistencia de los puntos de conexión a tierra, puesto que algunos lugares toman su referencia de tierra en otro punto diferente al ya instalado para las instalaciones eléctricas del hospital.

La importancia de entender el comportamiento de la electricidad y cuáles son sus aplicaciones, radica en el hecho que todas las personas se ven involucradas de cualquier modo con electricidad, tanto en sus casas como en el trabajo.

Más adelante se detalla que existen normas que regulan la importancia de la puesta a tierra y tienen por misión entregar parámetros a los usuarios para asegurar una buena puesta a tierra. También se conocerán conceptos básicos como son los términos y lenguaje de ésta parte de la electricidad.



### **2.1.6. Diagramas y planos de las instalaciones eléctricas**

Los diagramas utilizados para las instalaciones eléctricas se encuentran en su mayoría actualizados, esto se debe a que, en junio del 2010, se realizó una actualización de los diagramas y planos por medio del proyecto PRÉSTAMO BID1852/OC-GU GRUPO Núm. 1 hospital departamental, los distintos planos y diagramas necesarios para la elaboración del presente trabajo se muestran en la sección de anexo 1.

## **2.2. Máquinas eléctricas y dispositivos de control y operación**

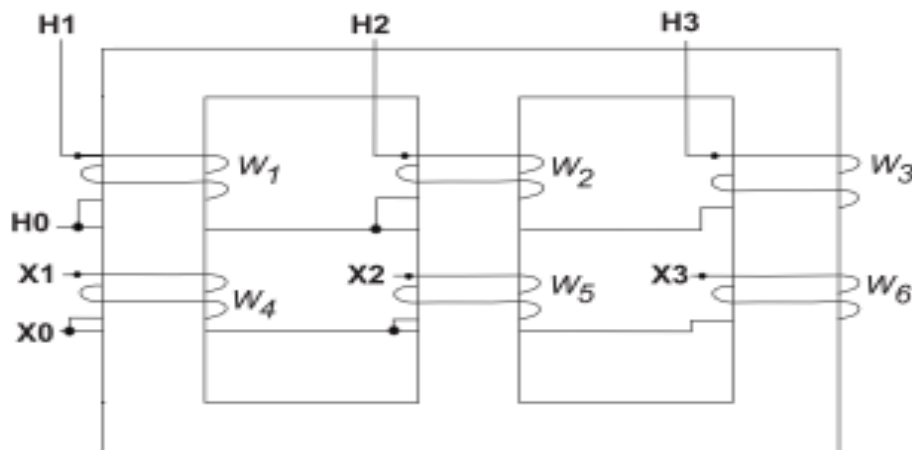
El sistema eléctrico del hospital está compuesto por un transformador de potencia, una planta de emergencia auxiliar y un interruptor de transferencia automática, estos elementos son de vital importancia para el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico, se describen a continuación y se dan a conocer datos puntuales del funcionamiento y operación de los mismos.

### **2.2.1. Transformador trifásico**

El transformador tiene una potencia de 4 MW, es utilizado para la alimentación del voltaje requerido para el funcionamiento de las instalaciones del hospital es de tipo trifásico, la alimentación llega al transformador de manera subterránea, la conexión del mismo es de tipo estrella en el lado primario y estrella en el lado secundario. el voltaje de alimentación primario es de 13,2 / 7,62 kV trifásico, reduciendo el transformador a un voltaje de 120/208 voltios 3 fases, 4 alambres para ser distribuido en las instalaciones eléctricas del hospital.

En la figura 8 se muestra la configuración de la conexión realizada en el transformador trifásico del hospital regional de Cobán.

Figura 8. **Conexión estrella-estrella del transformador, hospital de Cobán**



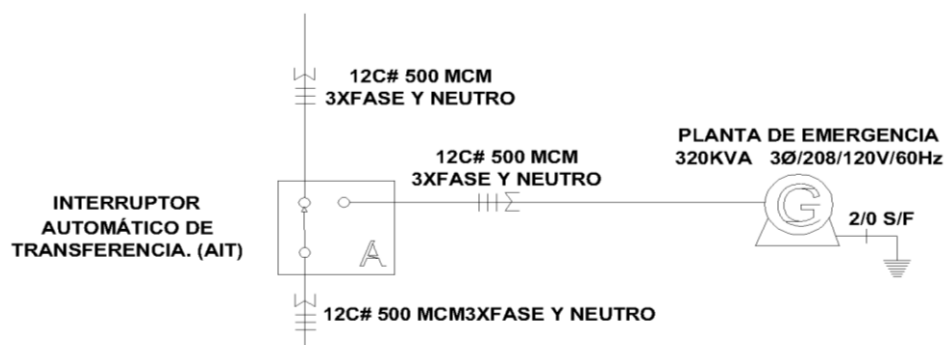
Fuente: <http://www.industrial-electronics.com/>. Consulta: junio de 2016.

### 2.2.2. Sistema eléctrico de emergencia

El hospital cuenta con una planta eléctrica de emergencia que proporciona el suministro de energía eléctrica a toda la red eléctrica del hospital, con una alimentación 120/208 V, 3 fases, 4 hilos en conexión estrella, tiene una capacidad de potencia de 320 kVA, frecuencia de funcionamiento a 60 Hz. El funcionamiento de la planta de emergencia es gobernado por una transferencia automática, la cual envía las señales de arranque y paro de la planta de emergencia al momento de ocurrir un corte en el suministro de energía eléctrica.

Asimismo el sistema eléctrico de emergencia posee un interruptor automático de emergencia, el cual se acciona al momento de ocurrir una falla en la alimentación principal, lográndose así reestablecer adecuadamente la alimentación eléctrica del hospital.

Figura 9. **Planta eléctrica de emergencia y transferencia automática.**



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

### 2.2.3. **Planta eléctrica de emergencia**

Es un grupo electrógeno y se refiere a que es una máquina que mueve un generador eléctrico, a través de un motor de combustión interna. El grupo electrógeno es comúnmente utilizado cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Una de las utilidades más comunes es generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente en zonas apartadas con poca infraestructura y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, entre otros, que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse.

### **2.2.3.1. Operación de la planta eléctrica de emergencia**

La operación de la planta eléctrica de emergencia se realiza la mayor parte de veces a través de la operación automática, la operación se efectúa utilizando un interruptor de transferencia automática que realiza la acción de arranque y paro de la planta. Al momento de presentarse un corte en el suministro eléctrico, la planta generadora arranca automáticamente y luego la carga de los tableros principales es alimentada a través del generador. En el área de operación de la planta de emergencia automática, se dispone de personal las 24 horas del día que actúan al momento que la transferencia de cargas no se realice por medio del interruptor de transferencia automática.

### **2.2.3.2. Mantenimiento a planta eléctrica de emergencia**

Es de vital importancia para mantener el suministro de energía eléctrica en eventuales cortes del suministro externo, en el hospital se programa mantenimiento, sin embargo, solo abarca los componentes mecánicos de la planta eléctrica de emergencia, abarcando las siguientes tareas.

- Cambio de aceite
- Cambio de líquido refrigerante
- Limpieza exterior
- Cambio de filtros para aceite

## **2.2.4. Generador eléctrico**

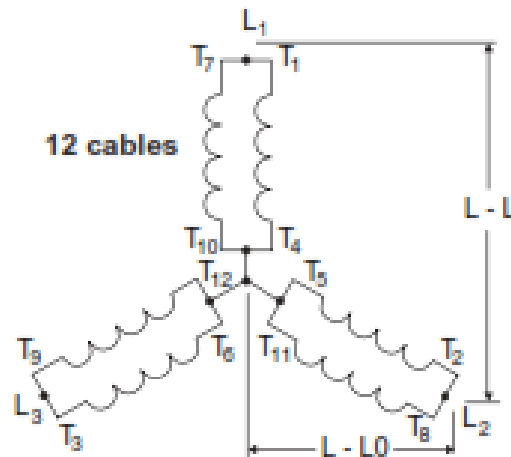
Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes), transformando la energía mecánica a eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos, dispuestos sobre una armadura (denominada también estator).

La planta eléctrica es de vital importancia en el funcionamiento del sistema eléctrico del hospital, el funcionamiento del motor de combustión de la planta eléctrica de emergencia es a base de combustible tipo diésel, posee una capacidad instalada de 320 kVA, su funcionamiento es periódico.

### **2.2.4.1. Conexión del generador**

Las conexiones del generador pueden ser diversas, por ejemplo, la conexión puede ser: delta serie, delta paralelo, zigzag, estrella serie, estrella paralela. La configuración utilizada para conectar el generador es en estrella paralelo, la importancia de la conexión radica en el hecho que la conexión proporciona el voltaje de salida deseado.

Figura 10. Diagrama de conexión del generador y voltajes nominales



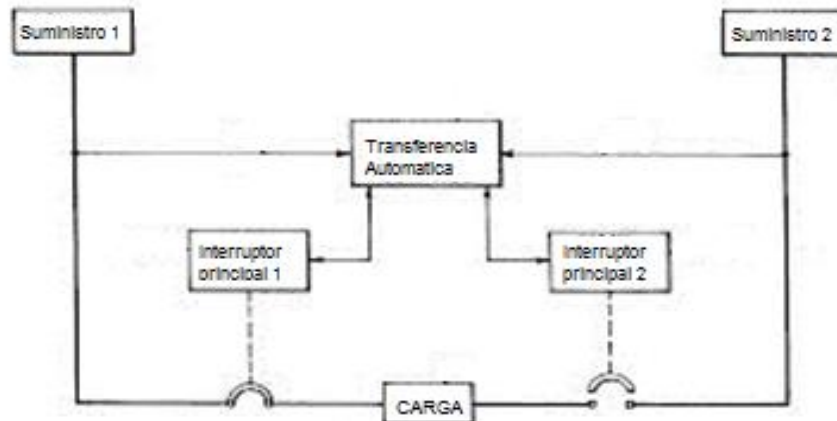
Fuente: Marathon electric generators.

### 2.2.5. Interruptor de transferencia automática

Es el encargado de la puesta en funcionamiento de la planta de emergencia del hospital al momento de detectar una falla y también cumple con el paro de la planta eléctrica de emergencia al momento del retorno de la energía eléctrica.

El sistema está prefijado para funcionar a los 90 segundos de haber detectado una falla, al detectar la falla el sistema realiza el cambio de alimentación y luego al regresar el suministro de energía eléctrica realiza nuevamente el cambio a la alimentación de la empresa distribuidora de energía eléctrica, esto se realiza luego de 120 segundos de detección de la energía proporcionada por la empresa distribuidora.

Figura 11. **Esquema representativo del interruptor de transferencia**



Fuente: <http://beamalarm.com>. Consulta: junio de 2016.

### **2.3. Toma de datos de las instalaciones eléctricas**

Como punto de partida se toma en cuenta la medición de las magnitudes eléctricas que permiten obtener los parámetros de funcionamiento de las instalaciones eléctricas del hospital, a través de estos parámetros se determinaron las condiciones en las cuales operan los equipos y el funcionamiento de las instalaciones eléctricas, el diagnóstico de las instalaciones, depende en gran medida de este punto.

#### **2.3.1. Medición de magnitudes eléctricas**

El proceso de medición consiste en la medición de las magnitudes que influyen directamente en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas y los equipos eléctricos del hospital, estas mediciones se realizan utilizando los equipos adecuados y según procedimientos técnicos y de seguridad

adecuados, para esto se toma en cuenta las magnitudes de voltaje, corriente, resistividad de suelo, balance de carga y factor de potencia.

#### **2.3.1.1. Medición de cargas**

La medición de las cargas se realizó tomando en cuenta los diversos puntos de alimentación del hospital, se realizaron mediciones de corriente en los tableros secundarios para verificar que las cargas instaladas; hayan sido conectadas de acuerdo al balance de carga que se debe tener en cuenta en cada una de las líneas que corresponden al sistema trifásico de alimentación.

Cabe mencionar que la gran mayoría de cargas instaladas en el sistema eléctrico del hospital de Cobán es de tipo monofásico, estas deben ser balanceadas de acuerdo al uso correspondiente y tipo de carga instalada, ya que existen maquinas industriales, las cuales tienen alimentación de tipo trifásica.

Al momento de realizar la medición de cargas se observó que existían puntos en los cuales las derivaciones de los tableros se usaban de manera inadecuada, lo cual repercutía en sobrecargar solo 2 líneas, esto se debe en gran parte a la conexión de cargas monofásicas, lo que a su vez, provoca calentamiento de las líneas y daño en los conductores de alimentación.

#### **2.3.1.2. Voltajes en tableros eléctricos**

El voltaje en los tableros eléctricos es proporcionado a través de un centro de distribución de cargas, el cual a su vez, es alimentado por un transformador trifásico que reduce el voltaje de alimentación de la acometida principal de un



voltaje de 13,2 kV a un voltaje 120/208 V, 3 fases, 4 hilos en conexión estrella – estrella.

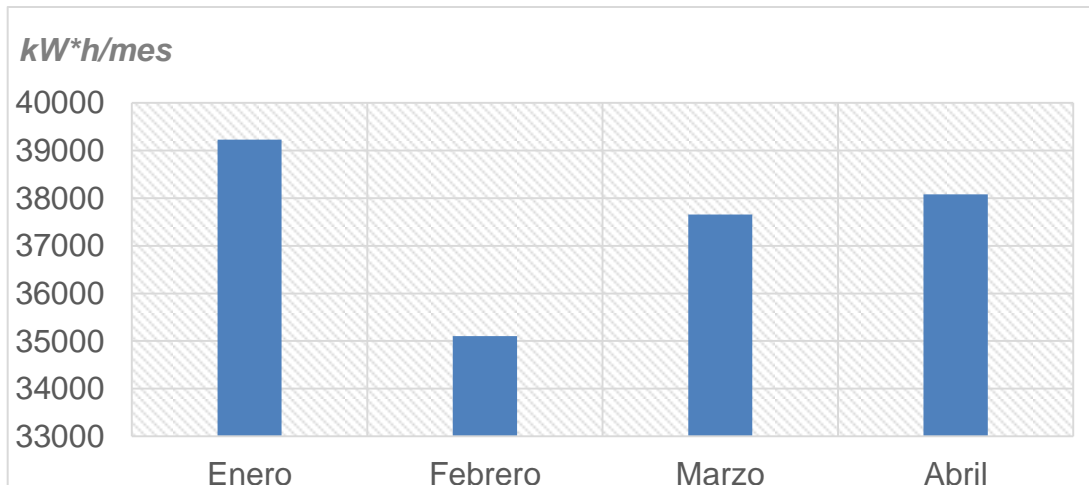
Al momento de realizar la medición de voltaje en los tableros de distribución se encontró que en la mayoría de tableros el voltaje entre línea y neutro era de 128 V, el voltaje entre líneas era de 222 V, este aumento de voltaje en las mediciones representa un aumento del 6,73 %.

### **2.3.1.3. Consumo de energía eléctrica**

El consumo de energía eléctrica se puede considerar como estable, debido a que el consumo promedio en un periodo de 12 meses es de 38,354 kW\*h/mes, lo cual equivale a un costo mensual de Q 38 534,33. Se observaron algunos sectores que tienen consumo de energía que no son necesarios; por lo que se procedió a realizar recomendaciones para mejorar esta situación.

Algunos cambios en el consumo de energía eléctrica se deben a conexiones no autorizadas de casetas de comida ubicadas dentro del hospital. A continuación, se muestra el consumo de energía para un periodo de 4 meses, correspondiente del mes de enero al mes de abril de 2015.

Figura 12. **Consumo de energía del hospital, para un periodo de 4 meses**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.3.1.4. Potencia demandada**

Es importante tomar en cuenta la potencia demandada para cubrir las necesidades de energía eléctrica dentro del hospital regional de Cobán, tomando los datos proporcionados por la empresa encargada del suministro de energía al hospital se tiene que la potencia contratada es de 96,012 kW a un costo de 72,99283 Q / kW, se tiene un costo de Q 7 008,19 mensuales.

En el mes de abril del 2015 se registró una lectura de 2,794 kW de potencia excedida, por lo que se tuvo una penalización de 72.99283 Q / kW, dando un monto total de Q 203,94. Es importante observar el excedente, ya que esto repercute en más gastos para la institución.

### 2.3.1.5. Valores de resistencia de puesta a tierra

Se procedió a medir la resistencia de distintos puntos de conexión a tierra con base a la importancia de los mismos, debido a descargas eléctricas y para protección de personal y equipos. Los valores de resistencia de las diversas puestas a tierra inciden en la efectividad de las mismas, valores altos de resistencia indican una mala instalación de las puestas a tierra.

Los datos muestran valores que no corresponden a una buena elaboración de puesta de tierra física, también se puede decir, que no se le ha dado la importancia debida. Estos puntos se abordarán más adelante en el capítulo 3 para mejorar los valores de puestas de tierra físicas.

Los puntos y los resultados de la resistencia de los distintos puntos medidos son los que se muestran en la tabla III.

Tabla III. **Valores resistivos de las tierras físicas**

Área o lugar de medición	Valor de la resistencia
Banco de sangre	603,03 $\Omega$
Servidor	166,90 $\Omega$
Pediatría	31,25 $\Omega$
Pediatría – parto	25,25 $\Omega$
Tierra física de la planta auxiliar	1063,00 $\Omega$
Cirugía de mujeres	54,50 $\Omega$
Cirugía de hombres	$\infty$ $\Omega$
Recursos humanos	613,4 $\Omega$
Tierra física principal	0,79 $\Omega$

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la medición de los distintos puntos de conexión a tierra se efectuaron por la colaboración del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Intecap, que se encuentra en la zona urbana de Coban, Alta Verapaz. Con los datos anteriormente recabados de resistencia de tierra se procederá a sugerir mejoras para los distintos puntos de conexión, debido a que no cumplen con los parámetros de funcionamiento para una adecuada conexión a tierra.

#### **2.4. Mantenimiento del sistema eléctrico**

El mantenimiento de equipos y circuitos eléctricos es muy importante para el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico del hospital de Cobán. Mantener los equipos operando en condiciones adecuadas depende en gran medida del mantenimiento que se les proporcione a los equipos.

Actualmente no se tiene contemplado un plan de mantenimiento de los equipos eléctricos del hospital, tampoco el mantenimiento del sistema eléctrico, la planta eléctrica de emergencia es el único equipo del sistema eléctrico en recibir mantenimiento eléctrico preventivo.

Los principales elementos para el adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas del hospital, son los siguientes:

- Transformador trifásico 13,2 kV/208 – 120V; 60Hz 400 kVA
- Centro de distribución de cargas 208V, 3 fases, 60Hz, 1200A
- Transferencia automática, 208V, 3 fases, 60Hz, 1200A
- Planta eléctrica de emergencia 320 KVA, 3 fases, 208/120V 60Hz
- Tableros de alimentación
- Protecciones eléctricas

- Sistema de red de tierras
- Canalizaciones eléctricas

## **2.5. Verificación de parámetros de funcionamiento del sistema eléctrico**

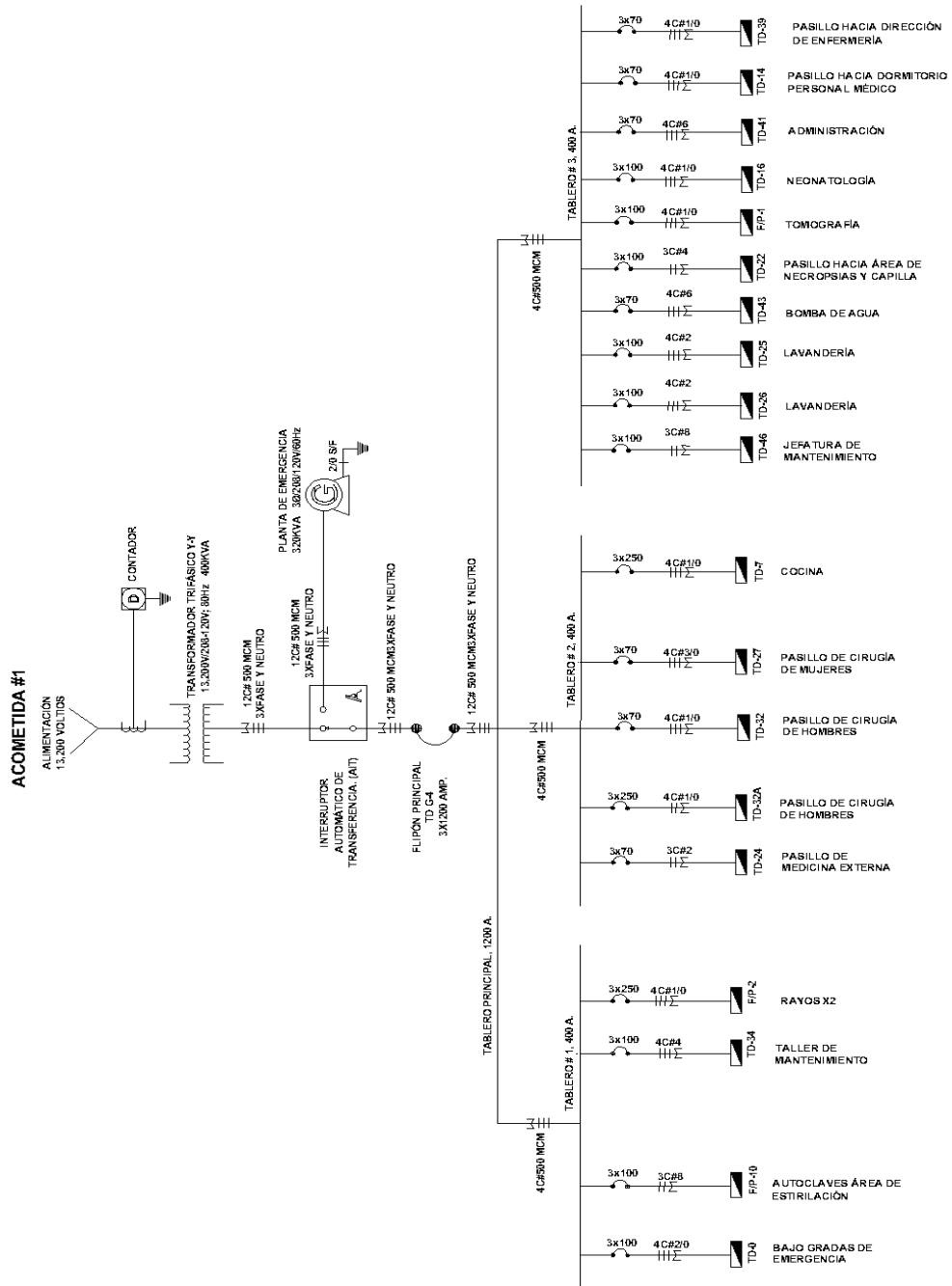
Los parámetros seleccionados son muy importantes y corresponden a aquellos parámetros que afectan el adecuado funcionamiento del sistema, permiten decidir las acciones a tomar para el diseño adecuado de un sistema eléctrico, el cual debe ser eficiente, que permita el adecuado funcionamiento de los equipos instalados y la protección adecuada de las personas, equipos y elementos del sistema eléctrico.

### **2.5.1. Datos de elementos del sistema eléctrico**

Los datos recabados corresponden a las magnitudes eléctricas que interactúan en el sistema eléctrico, se toman datos de los elementos y las características de funcionamiento de los mismos. Los datos y elementos del sistema eléctrico se muestran en tablas y se relacionan con los datos de los elementos instalados. Esto se realiza para determinar el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico.

En la figura 13 se realiza un análisis general del sistema eléctrico del hospital de Cobán. Con base a estos resultados se plantean soluciones y se indican las acciones a tomar, lo cual se abordará en el capítulo 3.

Figura 13. Diagrama unifilar del sistema eléctrico del hospital de Cobán



Fuente: elaboración propia.

## **2.5.2. Datos de elementos principales del sistema de distribución**

Los datos recabados correspondientes a los principales elementos del sistema de distribución, muestran valores de utilización de dichos elementos por debajo del 50 % de su valor nominal, lo cual indica que el sistema eléctrico puede expandirse e incrementar la carga instalada. Adicional, según se pudo observar, el sistema eléctrico ha sufrido pocos cambios desde la inauguración del hospital de Cobán. Dichos cambios se ven reflejados en los estados de los tableros y en la poca inversión en el mantenimiento y expansión de las instalaciones eléctricas.

### **2.5.2.1. Conductores de alimentación principal**

Los conductores de alimentación principales desempeñan un papel muy importante en el diseño del sistema eléctrico del hospital, los conductores deben ser seleccionados de acuerdo al ambiente, el tipo de carga a instalar y la capacidad de corriente que conducirá, en la tabla IV, se detallan las características de los conductores de alimentación principal utilizados.

Tabla IV. **Conductores de alimentación principal**

Calibre de conductor AWG	500 MCM
Conductores por fase	3
Capacidad nominal por conductor	430 A
Capacidad nominal por fase	1290 A
Tipo de forro	THHN / THW
Canalización utilizada	Canaleta metálica

Fuente: elaboración propia.

### **2.5.2.2. Distribución de cargas del sistema eléctrico**

Según se puede observar en el diagrama eléctrico del hospital de Cobán, los tableros secundarios se encuentran desproporcionadas entre ellos, el tablero 1 proporciona alimentación a 4 subtableros de distribución, el tablero 2 contiene 5 subtableros y el tablero 3 contiene 10; dicha situación provoca que un tablero sea más utilizado y por consiguiente sea el más sobre-cargado de los 3 tableros secundarios instalados.

Cada uno de los tableros secundarios tiene una capacidad de corriente nominal de 400 A, debido a que el tablero principal tiene una capacidad de 1 200 A y con ello se busca una distribución de corriente igual entre cada uno los tableros mencionados.

### **2.5.2.3. Balance de cargas**

Un aspecto muy importante en la verificación del adecuado funcionamiento del sistema eléctrico del hospital, es el balance de cargas en las barras principales y secundarias. Se tomará en consideración que la tolerancia de corriente máxima de desbalance permitida en cada una de las fases será del 10 % referida al promedio de las corrientes de las fases.

Se procedió a realizar mediciones de corriente en los tableros principales para obtener un parámetro del funcionamiento del sistema, a través de estas mediciones se puede observar el comportamiento de las cargas y se pueden verificar desbalances en cada uno de los tableros mencionados.



En las tablas V, VI y VII, se presentan los resultados de las mediciones efectuadas en cada uno de los tableros y el balance de cada una de las fases de los mismos.

Tabla V. **Parámetros de funcionamiento tablero secundario 1**

<b>Fase</b>	<b>Balance</b>	<b>Corriente [A]</b>	<b>Potencia [kVA]</b>
1	-7,60%	171	61,61
2	-8,14%	172	61,97
3	20,61%	131	47,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Parámetros de funcionamiento tablero secundario 2**

<b>Fase</b>	<b>Balance</b>	<b>Corriente [A]</b>	<b>Potencia [kVA]</b>
1	4,82%	152	54,76
2	-7,90%	173	62,33
3	4,14%	153	55,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Parámetros de funcionamiento tablero secundario 3**

<b>Fase</b>	<b>Balance</b>	<b>Corriente [A]</b>	<b>Potencia [kVA]</b>
1	-10,60%	283	101,96
2	26,50%	200	72,05
3	-8,33%	276	99,43

Fuente: elaboración propia.

#### 2.5.2.4. Parámetros de funcionamiento del tablero principal

Los parámetros de funcionamiento del tablero principal se tomarán por las corrientes en cada una de las fases y los desbalances que existentes, se tomarán como los permitidos, todos aquellos por debajo del 10 %. En la tabla VIII, se muestran los resultados de las mediciones efectuadas.

Tabla VIII. Parámetros de funcionamiento tablero principal

Fase	Balance	Corriente [A]	Potencia [kVA]
1	-5,01%	612	220,48
2	0,58%	578	208,23
3	4,93%	554	199,59

Fuente: elaboración propia.

#### 2.5.3. Porcentaje de utilización de los elementos principales del sistema eléctrico

Es importante verificar el porcentaje de utilización de los principales elementos del sistema. La importancia de dichos porcentajes de utilización radica en el hecho de conocer los rangos en los cuales opera el sistema, valores bajos de utilización indicarán un sobredimensionamiento, asimismo, los valores altos indicarán que el sistema eléctrico estará en márgenes pequeños de ampliación.

### 2.5.3.1. Utilización del transformador de potencia

El transformador utilizado tiene una potencia de 400 kVA, un voltaje secundario de 208V trifásico, la corriente nominal tiene un valor de 1 110 A por fase. Para determinar la utilización del transformador de potencia se procede a obtener el promedio de las corrientes por fase y así determinar la utilización basados en el valor nominal de la corriente del transformador.

Tabla IX. **Corriente nominal por fase del tablero principal**

<b>Corrientes</b>	<b>L1 [A]</b>	<b>L2 [A]</b>	<b>L3 [A]</b>	<b>Promedio amperios/fase</b>
Tablero principal	612	578	554	581,33

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje de utilización del transformador se obtiene de la siguiente formula:

$$\% \text{ utilización} = (581,33) / 1\ 110 \times 100$$

$$\% \text{ utilización} = 52,36 \%$$

De los resultados de utilización del transformador se puede deducir que se tiene la capacidad para aumentar las cargas instaladas si fuera necesario, debido a que solo se está utilizando la mitad de su capacidad nominal.

### 2.5.3.2. Utilización de conductores principales y protección principal

La utilización de los conductores principales y el interruptor principal se obtiene a partir de los valores nominales de cada uno de ellos. El valor nominal de la corriente de los conductores principales es de 1 290 A, asimismo, el valor nominal de corriente del interruptor principal es 1 200 A.

Tomando como referencia los valores de corriente mostrados en la tabla VII, en la cual se indican las corrientes por fase del tablero de alimentación principal, se tienen los siguientes resultados:

Tabla X. **Porcentaje de utilización de conductores de alimentación principales**

Porcentaje de uso del conductor L1	47,44 %
Porcentaje de uso del conductor L2	44,81 %
Porcentaje de uso del conductor L3	42,95 %

Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia la corriente promedio por fase demandada del tablero de alimentación principal, se obtienen los siguientes resultados:

$$\% \text{ utilización} = (581,33) / 1\,200 \times 100$$

$$\% \text{ utilización} = 48,44 \%$$

### 2.5.3.3. Valores resistivos de las puestas a tierra

Para la medición de la resistividad del suelo del hospital regional de Coban se procedió a utilizar el método de medición de Wenner, en este procedimiento sólo se toma en consideración una distancia fija A, para la ubicación de los electrodos de medición, los cuales tienen una longitud B, lo que implica que los valores de resistividad se van a determinar a una profundidad establecida previamente por el tamaño de los electrodos a utilizar en el diseño, ya sean de 2,4 , 3 metros o de mayor longitud.

$$\rho a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

- $\rho a$  es la resistividad aparente del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).
- $R$  es la resistencia medida ( $\Omega$ ).
- $a$  es la separación entre electrodos adyacentes (m).
- $b$  es la profundidad a la que se colocan los electrodos (m).

Se procedió a efectuar mediciones de resistividad del suelo para establecer la capacidad de conducción del suelo y así proceder a diseñar una puesta a tierra adecuada para las partes del sistema eléctrico del hospital que presentan valores de resistencia a tierra muy altos.

Los valores de las mediciones de resistividad efectuadas en el área del hospital, tomando 3 mediciones como parámetro se muestran en la tabla XI.

Tabla XI. **Resistividad de suelo, hospital regional de Cobán**

	<b>Capa 1</b>	<b>Capa 2</b>	<b>Capa 3</b>
<b>Distancia</b>	1m	2m	3m
<b>Mesurado en <math>\Omega\text{m}</math></b>	42,54	50,67	61,23

Fuente: elaboración propia.

#### **2.5.3.4. Características del sistema eléctrico de emergencia**

Como se mencionó anteriormente el sistema eléctrico del hospital de Cobán cuenta con una planta eléctrica de emergencia, tiene una capacidad instalada de 320 kVA, por lo que puede proporcionar una intensidad de corriente igual a 888 A, siendo la máxima corriente requerida por el sistema de 495 A, dando un porcentaje de utilización de la planta generadora igual a  $495/888 \cdot 100 = 55\%$ , por lo cual cumple con los requerimientos actuales del sistema.

### **3. MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**

En el presente capítulo se abordan aspectos de consideración para el adecuado funcionamiento y modernización del sistema eléctrico del hospital, depende en gran manera del mantenimiento efectuado a las instalaciones, máquinas y dispositivos del sistema eléctrico. La modernización está ligada a las necesidades de mejora y de cambio de elementos que componen el sistema eléctrico.

#### **3.1. Antecedentes**

Tomando en cuenta que el hospital regional de Cobán se inauguró en 1978, se tiene que las instalaciones eléctricas del hospital regional de Cobán, en 2016 tendrán 37 años al servicio de la cabecera departamental y de los municipios cercanos, al realizar la primera inspección visual se observó que algunos componentes de la instalación eléctrica del hospital ya están discontinuados, como son los tableros e interruptores termo-magnéticos instalados en los mismos.

### **3.2. Sugerencia de rediseño del sistema eléctrico**

El rediseño del sistema eléctrico consiste en la selección adecuada de cada uno de los elementos que lo componen, tomando como referencia los planos de distribución de las cargas dentro de las instalaciones eléctricas del hospital. Con esta base se realizará el cálculo de cada uno de los tableros.

Las cargas instaladas en el sistema son diversas y se detallan por secciones, se mencionan las luminarias y las tomas de corriente, cargas especiales y algunas máquinas industriales utilizadas para el adecuado funcionamiento de los servicios que proporciona el hospital. Las áreas de consideración según planos serán las siguientes:

- Medicina externa
- Maternidad y jefatura de mantenimiento
- Área de emergencia
- Cocina y lavandería
- Cirugía de hombres
- Administración
- Cirugía de mujeres
- Nutrición y ultrasonido
- Medicina de hombres
- Medicina de mujeres
- Mantenimiento y morgue

La selección de conductores, tableros y protecciones eléctricas se realiza a través de las tablas adjuntas en la sección del anexo 1 del presente trabajo de graduación.



### 3.2.1. Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina externa

El tablero de alimentación se encuentra aproximadamente a 150 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos y/o datos recabados son las siguientes:

- 42 lámparas de 2x32 W, 2 688 W instalados
- 44 tomacorrientes 120 V, 7 920 VA instalados
- 2 calentadores de 3 500 W, 1φ, 208V, 3 hilos, 7 000 W instalados

La demanda por fase de cada uno de los calentadores será igual a:

$$3\,500 / 2 \times 0,6 = 1\,050$$

Tabla XII. Especificación de circuitos medicina externa

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipón	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	1 344	120	11,20	1X20	0,90	1 210	11,2		
B	I	1 344	120	11,20	1X20	0,90	1 210			11,2
C	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080	15		
D	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080		15	
E	TUG	1 440	120	12,00	1X20	0,60	864	12		
F	TUG	1 440	120	12,00	1X20	0,60	864			12
G	TUG	1 440	120	12,00	1X20	0,60	864			12
H, I	Calentador	3 500	208	16,83	2X30	0,40	1 050	16,8	16,8	
J, K	Calentador	3 500	208	16,83	2X30	0,40	1 050		16,8	16,8
		17 608					9 272	55	48,6	52
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \underline{9\,972\,W} \times 1,2 = 53,49\,A$$

208 V

I barra = 57,33 A x 1,5 = 80,24 A

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = -5,71 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = 6,73 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = -0,25 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tiene que los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{57,53 \text{ A} \times 2 \times 150 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 45,12 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) = 48,52 mm<sup>2</sup> x 0,7 = 31,58 mm<sup>2</sup>

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero; según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexo 1.

- 3 conductores AWG, THHN # 1/0 + 1 conductor AWG, THHN # 2 AWG

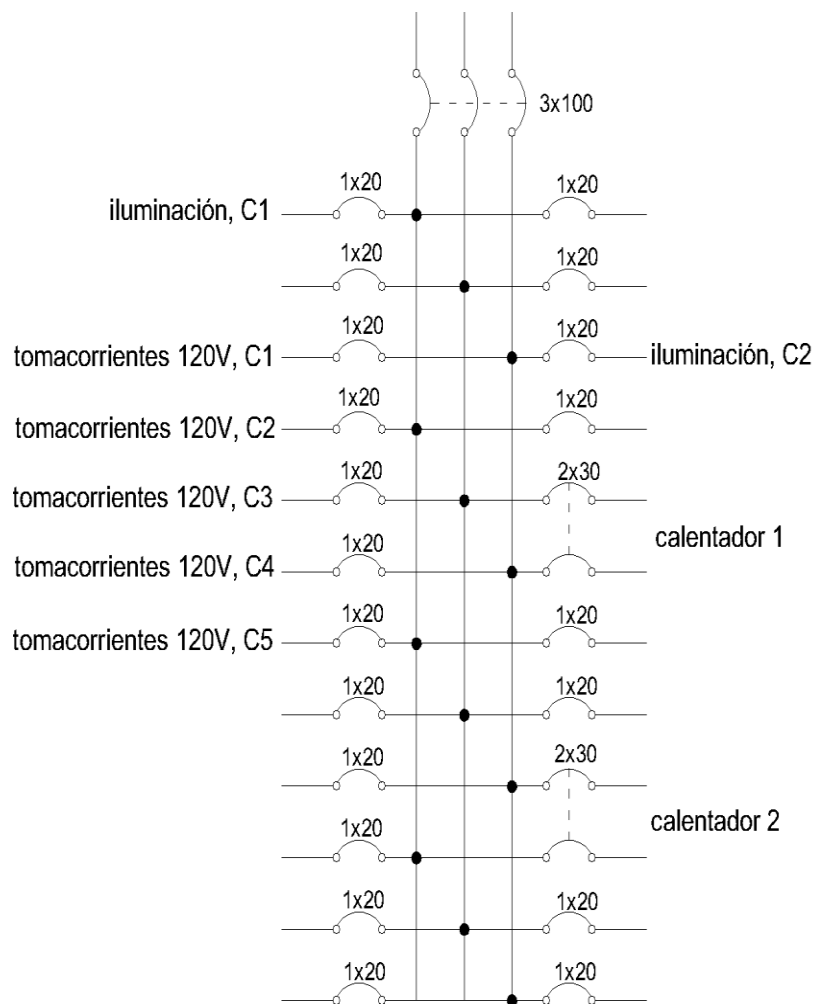
El número de circuitos y las especificaciones son las siguientes:

- Tamaño tablero =  $(3/2) \times 11 = 16,5$  circuitos.

El tablero de medicina externa será de tipo load center, con interruptor principal tipo QP 3X100, sus características se detallan en la figura 14:

- 3 fases, 24 polos, 100 A, 240 V

Figura 14. **Tablero medicina externa**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Rediseño alimentación eléctrica, área de maternidad y jefatura de mantenimiento

El tablero de alimentación se encuentra aproximadamente a 80 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta la distancia para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos y/o datos recabados son las siguientes:

- 42 lámparas de 2x32W, 2 688 W instalados
- 42 tomacorrientes 120V, 7 560 VA instalados

Tabla XIII. Especificación de circuitos maternidad y jefatura de mantenimiento

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	1 344	120	11,20	1X20	0,90	1 210	11,2		
B	I	1 344	120	11,20	1X20	0,90	1 210			11,2
C	TUG	1 890	120	15,75	1X20	0,60	1 134		15,8	
D	TUG	1 890	120	15,75	1X20	0,60	1 134		15,8	
E	TUG	1 890	120	15,75	1X20	0,60	1 134			15,8
F	TUG	1 890	120	15,75	1X20	0,60	1 134	15,8		
		10 248					6 956	27	31.5	27
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{6\,956 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 40,13 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 40,13 \text{ A} \times 1,5 = 60,2 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = 5,63\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = -9,63\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = 5,63\% < 10\%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tiene que los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{40,13 \text{ A} \times 2 \times 80 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 18,05 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $18,05 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 12,64 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

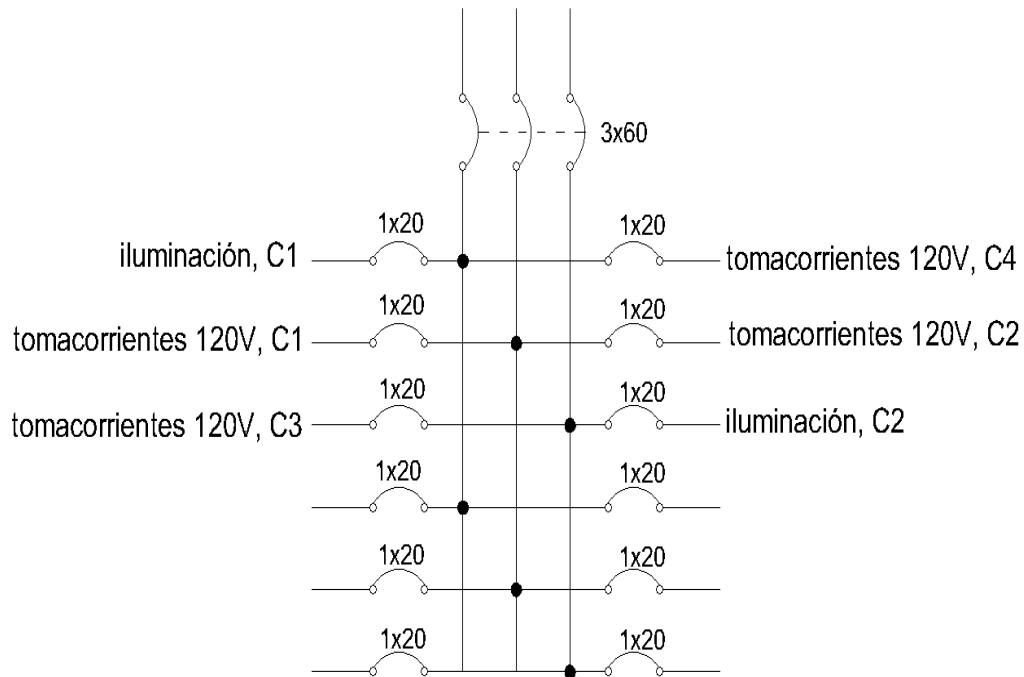
- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG  
El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en jefatura de mantenimiento y maternidad son las siguientes.
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 6 = 9$  circuitos.

El tablero de jefatura de mantenimiento y maternidad será de tipo *load center* con interruptor principal tipo QP 3 X 60, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 12 polos, 60 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina externa tendría un valor nominal de corriente de 60 A, con capacidad Interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 15. **Tablero jefatura de mantenimiento y maternidad**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3. Rediseño alimentación eléctrica, área de emergencia

El tablero de alimentación se encuentra aproximadamente a 50 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 38 lámparas de 2x32W, 2432 W instalados
- 10 luminarias de 75W, 750 W instalados
- 39 tomacorrientes 120V, 7020 VA instalados

Tabla XIV. Especificación de circuitos área de emergencia

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C	
A	I	1 216	120	10,13	1X20	0,90	1 094.4	10,1			
B	I	1 216	120	10,13	1X20	0,90	1 094.4	10,1			
C	I	750	120	6,25	1X20	1,90	1425	6,25			
D	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080		15		
E	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080		15		
F	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080			15	
G	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972			13,5	
		10202 CTI					7 825.8 ΣDEM	26,5 ΣφA	30 ΣφB	28,5 ΣφC	

Fuente: elaboración propia.

$$I_{\text{diseño}} = \frac{7\,825,8 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 45,15 \text{ A}$$

$$I_{\text{barra}} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 67,72 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = 6,89\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = -5,54\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = -0,57\% < 10\%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{45,15 \text{ A} \times 2 \times 150 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 12,69 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $48,52 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 8,89 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores, proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia son las siguientes, tomando en cuenta que los calentadores utilizan 2 líneas de alimentación, se tiene un total de 11 circuitos.

- Tamaño tablero =  $(3/2) * 7 = 10,5$  circuitos.

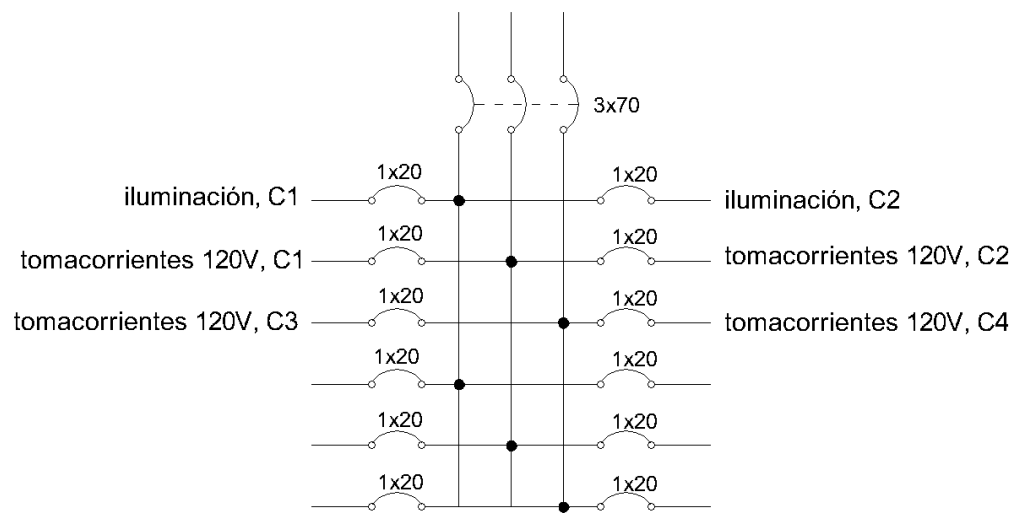
El tablero de jefatura de mantenimiento y maternidad será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:



- 3 fases, 12 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina externa tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 16. **Tablero área de emergencia**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Rediseño alimentación eléctrica, área de cocina y lavandería

El tablero de alimentación se encuentra aproximadamente a 50 m de distancia, por lo que se tomara en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos y/o datos recabados son las siguientes:

- 35 luminarias de 2x32 W, 2240 W instalados
- 31 tomacorrientes 120 V, 5580 VA instalados
- Cuarto Frio, 3 fases, 208V, 4000 W instalados

La demanda de potencia por fase para el cuarto frio será igual a:

$$4000/3 \times 0.9 = 1200 \text{ W}$$

Tabla XV. Especificación de circuitos cocina y lavandería

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	1 088	120	9,07	3X20	0,90	979.2	9,1		
B	I	1 152	120	9,6	3X20	0,90	1 037		9.6	
C	TUG	1 440	120	12,00	3X20	0,60	864			12
D	TUG	1 440	120	12,00	3X20	0,60	864	12		
E	TUG	1 440	120	12,00	3X20	0,60	864		12	
F	TUG	1 260	120	10,50	3X20	0,60	756			12
G,H,I	Cuarto Frio	4 000	208	11,1	3X20	0,90	1 200	11,1	11,1	11,1
		11 820					6 564	32,2	32,7	35,1
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{6\,564 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 37,87 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 37,87 \text{ A} \times 1,5 = 56,8 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi A}{\Sigma\phi A} = 3,59 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi B}{\Sigma\phi B} = 1,91 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi C}{\Sigma\phi C} = -5,06 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{38,64 \text{ A} \times 2 \times 50 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 10,65 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $14,54 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 7,45 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores, proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 6 + 1 conductor AWG, THHN # 8 AWG

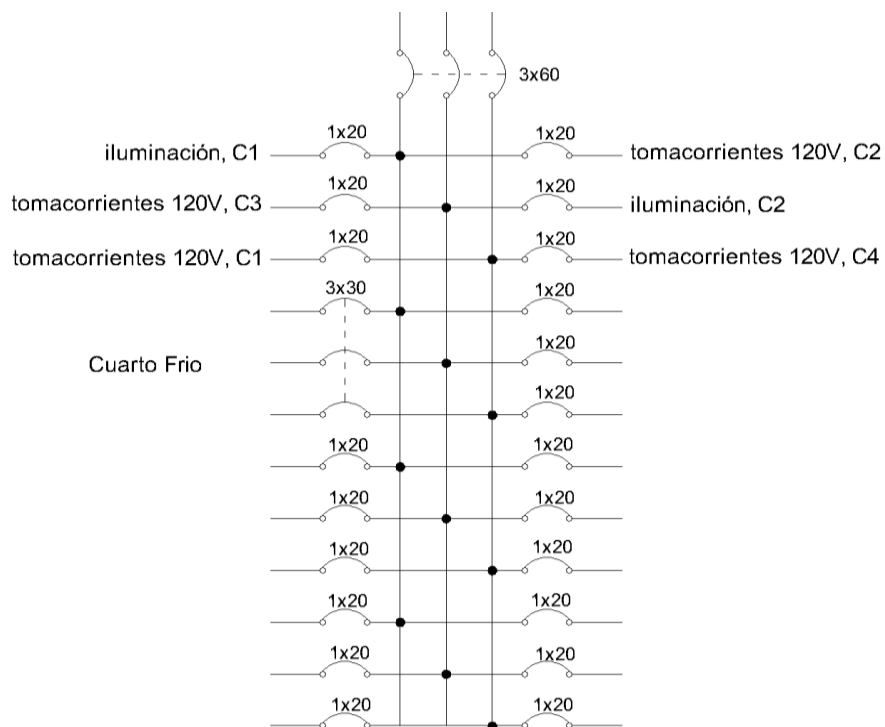
El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de cocina y lavandería son las siguientes.

- Tamaño tablero =  $(3/2) * 9 = 13,5$  circuitos.

El tablero de cocina y lavandería será de tipo *load center* con interruptor principal tipo QP 3 X 60, sus características serán las siguientes:

3 fases, 24 polos, 60 A, 240 V

Figura 17. **Tablero cocina y lavandería 1**



Fuente: elaboración propia.

Las cargas trifásicas instaladas en el área de lavandería son las siguientes:

- Lavadora 5.5 kW, 3 fases, 208V
- Lavadora 4.5 kW, 3 fases, 208V
- Lavadora 3.7 kW, 3 fases, 208V
- Secadora 3.5 kW, 3 fases, 208V
- Secadora 5.5 kW, 3 fases, 208V

Tabla XVI. **Especificación de circuitos trifásicos, área de lavandería**

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM
A	Lavadora, 3φ	5 500	208	15,27	1X20	0,60	3 300
B	Lavadora, 3φ	4 500	208	12,49	1X20	0,60	2 700
C	Lavadora, 3φ	3 700	208	10,27	1X20	0,60	2 220
D	secadora, 3φ	3 500	208	9,72	1X20	0,60	2 100
F	Secadora, 3φ	5 500	208	15,27	1X20	0,60	3 300
		22 700		63			13 620
		CTI		IT			ΣDEM

Fuente: elaboración propia.

$$I_{\text{diseño}} = \frac{13\,620\text{ W} \times 1,2}{\sqrt{3} \times 208\text{ V}} = 45,37\text{ A}$$

$$I_{\text{barra}} = 78,58\text{ A} \times 1,5 = 68,04\text{ A}$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{45,37\text{ A} \times 2 \times 50\text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208\text{ V}} = 12,75\text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $14,54\text{ mm}^2 \times 0,7 = 8,93\text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 6 + 1 conductor AWG, THHN # 8 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el segundo tablero ubicado en el área de lavandería son las siguientes.

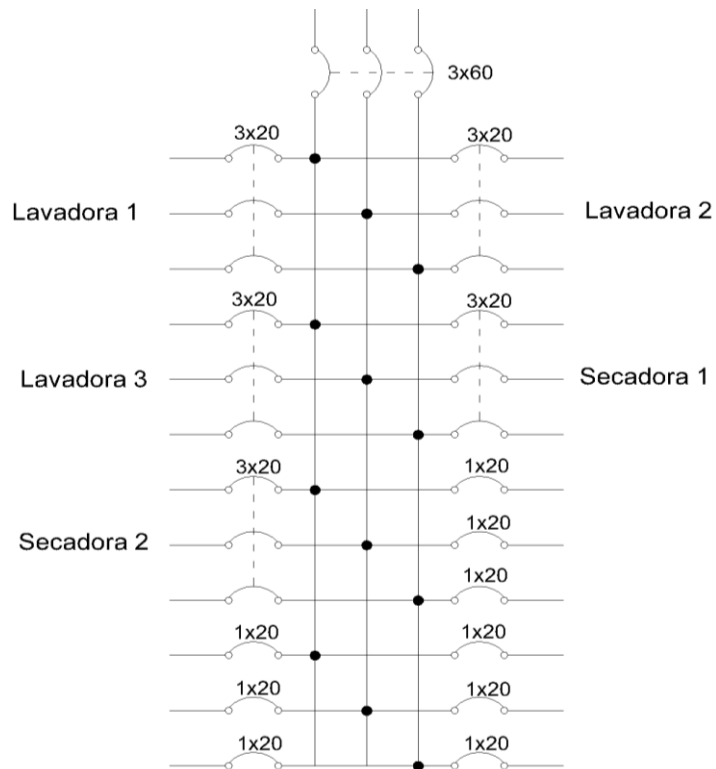
- 5 circuitos trifásicos  $\times 3 = 15$
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 15 = 22,5$  circuitos.

El tablero de lavandería será de tipo *load center* con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 24 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de lavandería tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad Interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 18. **Tablero de lavandería**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.5. Rediseño alimentación eléctrica, área de cirugía de hombres

El tablero se encuentra aproximadamente a 130 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 27 lámparas 2X32, 1 728 W instalados
- 12 lámparas 75W, 900 W instalados
- 45 tomas 120V, 8 100 VA instalados
-

Tabla XVII. Especificación de circuitos, área de cirugía de hombres

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C	
A	I (9+4)	876	120	7,30	1X20	0,90	788,4	7,3			
B	I (9+4)	876	120	7,30	1X20	0,90	788,4		7,3		
C	I (9+4)	876	120	7,30	1X20	0,90	788,4			7,3	
D	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810	11,5			
E	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810		11,5		
F	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810			11,5	
G	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810	11,5			
H	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810		11,5		
I	TUG	1 350	120	11,25	1X20	0,60	810			11,5	
		10 728						7 225,2	30,30	30,30	30,30
		CTI						ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7\,225.2 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 41,58 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 62,56 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi A}{\Sigma\phi A} = 0,00 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi B}{\Sigma\phi B} = 0,00 \% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi C}{\Sigma\phi C} = 0,00 \% < 10\%$$



Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero, los cuales son:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{41,58 \text{ A} \times 2 \times 130 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 30,47 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $30,47 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 21,33 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 2 + 1 conductor AWG, THHN # 4 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia son las siguientes.

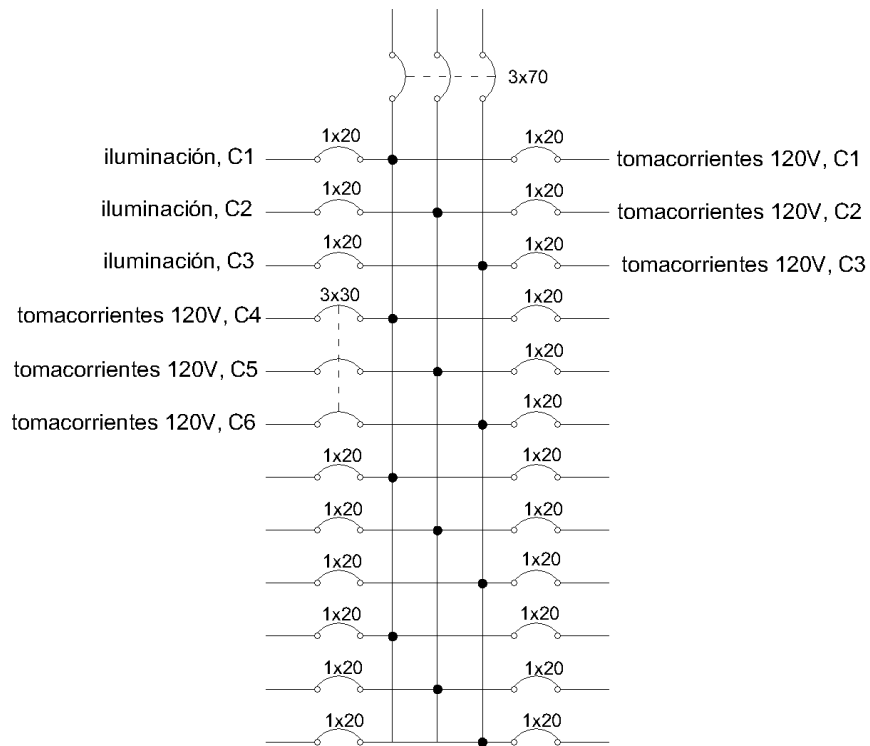
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 9 = 13,5$  circuitos.

El tablero de cirugía de hombres será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 24 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de cirugía de hombres tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad Interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 19. **Tablero cirugía de hombres**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.6. Rediseño alimentación eléctrica área de administración

El tablero de alimentación se encuentra aproximadamente a 80 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 43 lámparas 2x32, 2 752 W instalados
- 8 lámparas de 75 W, 600 W instalados
- 41 tomas 120 V, 7 380 VA instalados

Tabla XVIII. Especificación de circuitos, área de administración

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I (21 + 4)	1 644	120	13,7	1X20	0,90	1 479,6	14,2		
B	I (22 + 4)	1 708	120	14,23	1X20	0,90	1 537,2		14,8	
C	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080			15
D	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080	15		
E	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080		15	
F	TUG	1 980	120	16,50	1X20	0,60	1 188			16.5
		10 732 CTI					7 444.8 ΣDEM	29,2 ΣφA	29,8 ΣφB	31,5 ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{9\,972 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 42,95 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 57,33 \text{ A} \times 1,5 = 64,43 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = 3,2 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = 3,2 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = -4,23 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{43,62 \text{ A} \times 2 \times 150 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 19,32 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $57,33 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 13,52 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de medicina externa son las siguientes:

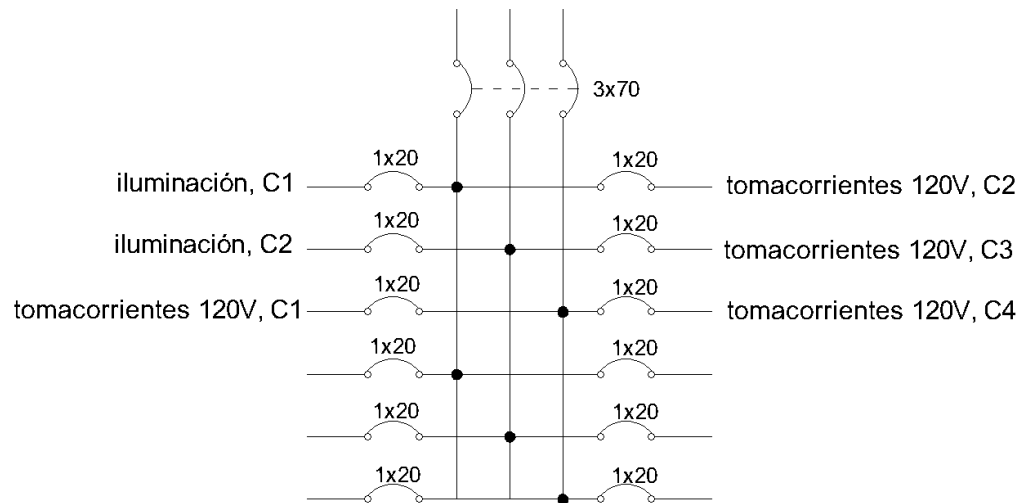
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 6 = 9$  circuitos.

El tablero del área de administración será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 x 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 12 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del área de administración tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad Interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 20. **Tablero de administración**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.7. **Rediseño alimentación eléctrica área de cirugía de mujeres**

El tablero se encuentra aproximadamente a 130 metros de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 33 lámparas 2X32, 2112 W instalados
- 10 lámparas 75W, 750 W instalados
- 41 tomas 120V, 7380 VA instalados

Tabla XIX. Especificación de circuitos, área de cirugía de mujeres

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I (17+5)	1 463	120	12,19	1X20	0,90	1 316.7	12,2		
B	I (16+5)	1 399	120	11,66	1X20	0,90	1 259.1		11,7	
C	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080			15
D	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080	15		
E	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080			15
F	TUG	1 980	120	16,50	1X20	0,60	1 188		16,5	
		10 242					7 003.8	27,2	28,2	30
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7\,225.2 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 40,41 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 60,61 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = 4,63\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = 4,63\% < 10\%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = -5,17\% < 10\%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\underline{40,41 \text{ A} \times 2 \times 150 \text{ m}} = 31,81 \text{ mm}^2$

0,03x57x208 V

- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $40,41 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 22,27 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 2 + 1 conductor AWG, THHN # 4 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia son las siguientes.

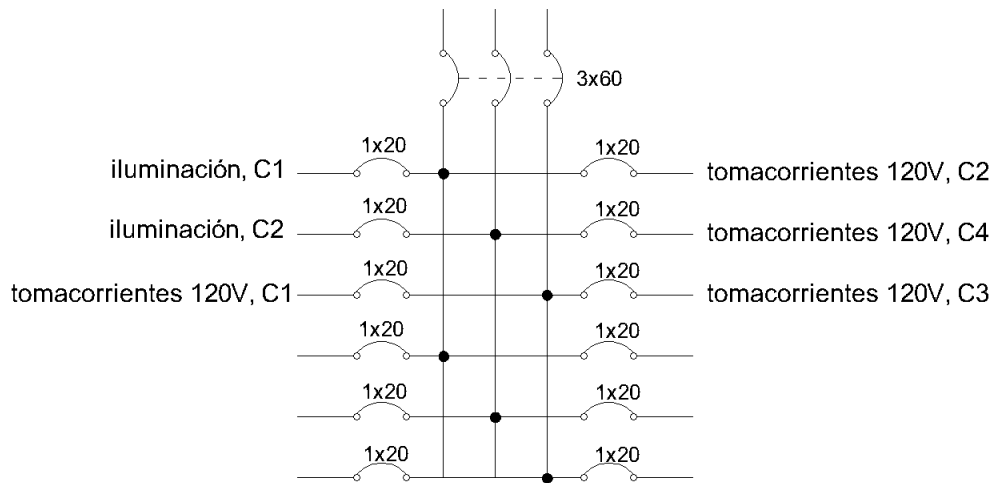
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 6 = 9$  circuitos.

El tablero de cirugía de hombres será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 X 60, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 12 polos, 60 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina externa tendría un valor nominal de corriente de 60 A, con capacidad interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 21. **Tablero cirugía de mujeres**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.8. **Rediseño alimentación eléctrica, nutrición y ultrasonido**

El tablero se encuentra aproximadamente a 70 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 47 lámparas 2X32W, 3 008 W instalados
- 16 lámparas 75W, 1 200 W instalados
- 30 tomacorrientes 120V, 5400 VA instalados



Tabla XX. Especificación de circuitos, área de nutrición y ultrasonido

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	1,536	120	12,80	1X20	0,90	1,382.4	12,8		
B	I	1,472	120	12,27	1X20	0,90	1,324.8		12,3	
C	I	1,200	120	10,00	1X20	0,90	1,080			10
D	TUG	1,800	120	15,00	1X20	0,60	1,080	15		
E	TUG	1,800	120	15,00	1X20	0,60	1,080		15	
F	TUG	1,800	120	15,00	1X20	0,60	1,080			15
		9,608					7,027.2	27,8	27,3	25
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7\,225,2 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 40,54 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 60,81 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = -3,99 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = -3,99 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = 6,76 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{40,70 \text{ A} \times 2 \times 70 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 15,96 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $40,41 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 11,17 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia, son las siguientes.

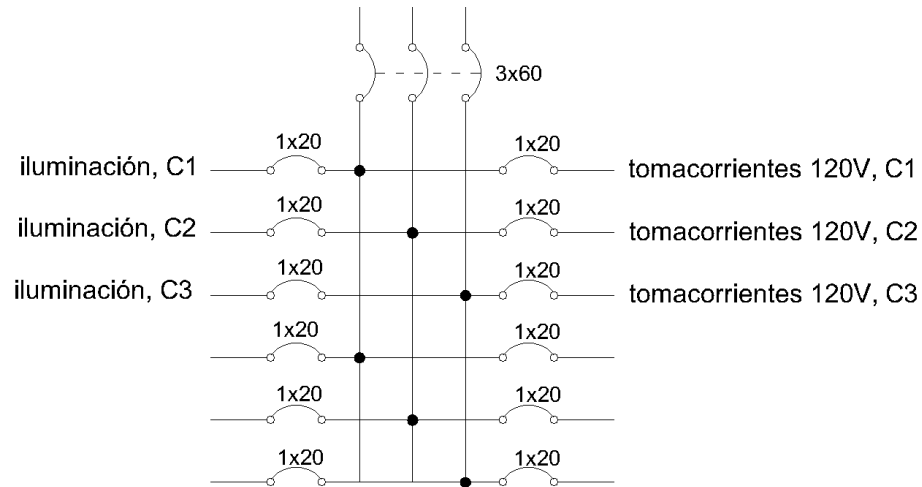
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 6 = 9$  circuitos.

El tablero de cirugía de hombres será de tipo load center, con interruptor principal tipo QP 3 X 60, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 12 polos, 60 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina externa tendría un valor nominal de corriente de 60 A, con capacidad interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.

Figura 22. **Tablero nutrición y ultrasonido**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.9. **Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina de hombres**

El tablero se encuentra aproximadamente a 80 m de distancia, por lo que se tomará en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos o datos recabados son las siguientes:

- 28 luminarias 2x32 W, 1792 W instalados
- 38 tomacorrientes 120 V, 6840 VA instalados
- 1 compresor, 3 $\phi$ , 3500 W
- 1 compresor, 3 $\phi$ , 2500 W
  
- La demanda por fase del compresor 1, será igual a  $3 \frac{500}{3} \times 0,6 = 700$
- La demanda por fase del compresor 2, será igual a  $2 \frac{500}{3} \times 0,6 = 500$
-

Tabla XXI. Especificación de circuitos, área de Medicina de hombres

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	896	120	7,47	1X20	0,90	806,4			7,47
B	I	896	120	7,47	1X20	0,90	806,4		7,47	
C	TUG	1 620	120	13,50	2X20	0,90	1 458	13,5		
D	TUG	1 620	120	13,50	2X20	0,90	1 458	13,5		
E	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,90	1 620			16,15
F	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080		15	
G, H, I	Compresor 1	3 500	208	9,71	3X15	0,60	700	9,71	9,71	9,71
J, K, L	Compresor 2	2 500	208	6,94	3X15	0,60	500	6,94	6,94	6,94
		12 132					7 928,8	43,65	39,12	40,27
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7\,225,2 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 45,74 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 68,31 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi A}{\Sigma\phi A} = -6,04 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi B}{\Sigma\phi B} = 4,84 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi C}{\Sigma\phi C} = 1,85 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{53,82 \text{ A} \times 2 \times 80 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 20,58 \text{ mm}^2$

- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $20,58 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 14,40 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia, son las siguientes.

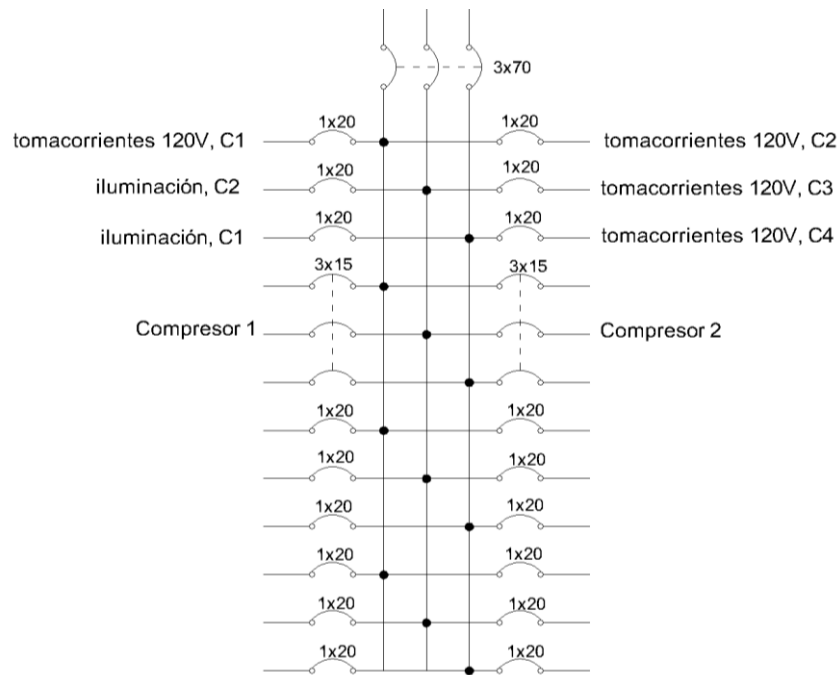
- Tamaño tablero =  $(3/2) * 12 = 18$  circuitos.

El tablero de medicina de hombres será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 24 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina de hombres tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad interruptiva de 10 kA, tipo QP, y una tensión nominal de 240 V.

Figura 23. **Tablero medicina de hombres**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.10. Rediseño alimentación eléctrica, área de medicina de mujeres

El tablero se encuentra aproximadamente a 120 m de distancia, por lo que se tomara en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos y/o datos recabados son las siguientes:

- 32 lámparas 2x32, 2048 W instalados
- 12 lámparas 75W, 900 W instalados
- 46 tomas 120V, 8280 VA instalados
- La demanda por fase del compresor 1, será igual a  $3 \frac{500}{3} \times 0,6 = 700$
- La demanda por fase del compresor 1, será igual a  $2 \frac{500}{3} \times 0,6 = 500$

Tabla XXII. Especificación de circuitos, área de medicina de mujeres

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n [A]	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C	
A	I	1 024	120	8,53	1X20	0,90	921,6		8,53		
B	I	1 024	120	8,53	1X20	0,90	921,6		8,53		
C	I	900	120	7,50	1X20	0,90	810	7,5			
E	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972	13,5			
F	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972		13,5		
H	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972			13,5	
I	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972	13,5			
J	TUG	1 800	120	15,00	1X20	0,60	1 080			15	
		11 228						7 621,2	34,5	30,6	28,5
		CTI						ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7\,225,2 \text{ W} \times 1,2}{208 \text{ V}} = 45,74 \text{ A}$$

$$I \text{ barra} = 45,15 \text{ A} \times 1,5 = 68,31 \text{ A}$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi A}{\Sigma\varphi A} = -6,04 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi B}{\Sigma\varphi B} = 4,84 \% < 10 \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = 1,85 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{53,82 \text{ A} \times 2 \times 80 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 20,58 \text{ mm}^2$

- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $20,58 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 14,40 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia son las siguientes.

- Tamaño tablero =  $(3/2) * 12 = 18$  circuitos.

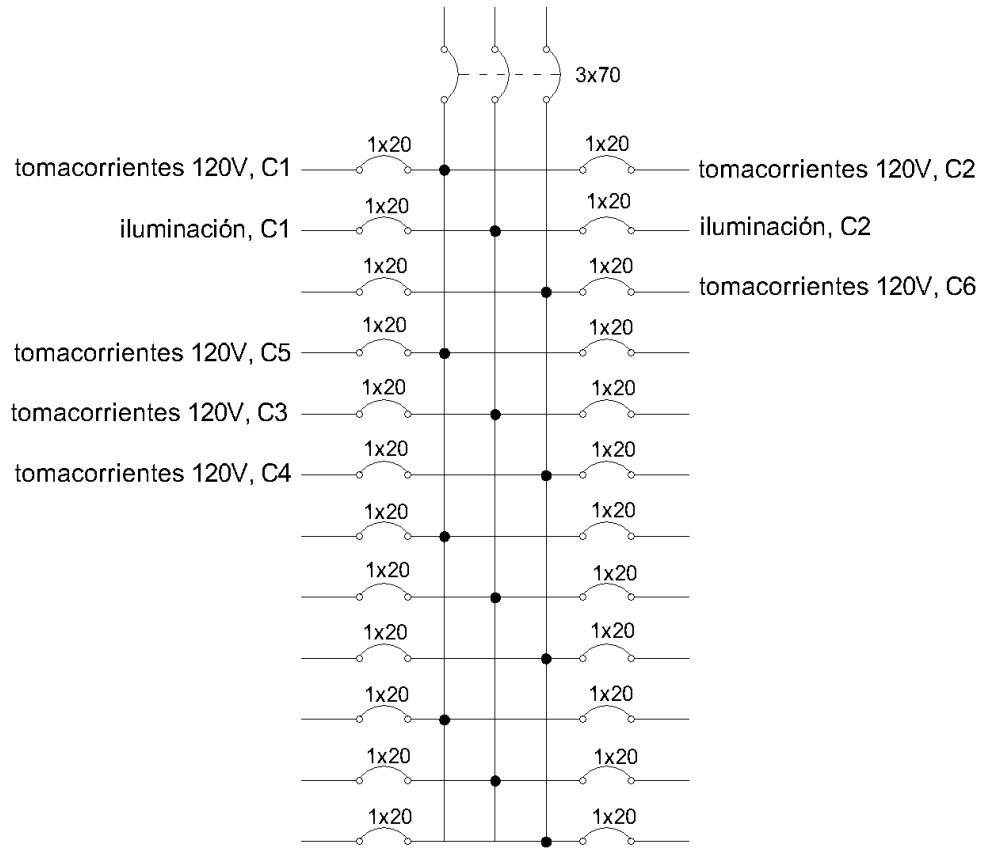
El tablero de cirugía de hombres será de tipo *load center*, con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 24 polos, 70 A, 240 V

El interruptor principal del tablero de medicina externa tendría un valor nominal de corriente de 70 A, con capacidad Interruptiva de 10 kA, tipo QP, con una tensión nominal de 240 V.



Figura 24. **Tablero medicina de mujeres**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.11. Rediseño alimentación eléctrica, área de mantenimiento y morgue

El tablero se encuentra aproximadamente a 70 m de distancia, por lo que se tomara en cuenta para la determinación del conductor principal. Las cargas instaladas según planos y/o datos recabados son las siguientes:

- 25 luminarias de 2x32W, 1600 W instalados
- 18 tomacorrientes 120V, 3240 VA instalados

- Iluminación exterior: 22 lámparas mercurio 240W, 208V, 5280 W instalados
- 10 luminarias 75W, 750 W instalados
- Cuarto frio morgue 3500W, 1Φ

La demanda por fase para la iluminación exterior será igual a:

$$2\ 640 / 2 * 0,9 = 1\ 188\ W$$

Tabla XXIII. **Especificación de circuitos, área de mantenimiento y morgue**

Cto.	Uso	CARGA (W)	voltaje (V)	I n	Flipon	FD	DEM	φ A	φ B	φ C
A	I	1 600	120	13,33	1X20	0,90	1 440		13,3	
B,C	IE	2 640	208	12,69	2X20	0,90	1 188	12,7	12,7	
D, E	IE	2 640	208	12,69	2X20	0,90	1 188		12,7	12,7
F	I	750	120	6,25	1X20	0,90	675			6,25
G	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972	13,5		
H	TUG	1 620	120	13,50	1X20	0,60	972			13,5
I, J	Cuarto frio	3 500	208	9,72	2X20	0,90	1 047.6	9,7		9,7
		14 370					7 482.6	35,9	38,7	42,15
		CTI					ΣDEM	ΣφA	ΣφB	ΣφC

Fuente: elaboración propia.

$$I \text{ diseño} = \frac{7,245\ W \times 1,2}{208\ V} = 43,17\ A$$

$$I \text{ barra} = 41,80\ A \times 1,5 = 64,75\ A$$

El balance de las cargas, se muestra a continuación:

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi A}{\Sigma\phi A} = 8,44\ \% < 10\ \%$$

$$\frac{(\Sigma\phi A + \Sigma\phi B + \Sigma\phi C) / 3 - \Sigma\phi B}{\Sigma\phi B} = 0,52\ \% < 10\ \%$$

$$\frac{(\Sigma\varphi A + \Sigma\varphi B + \Sigma\varphi C) / 3 - \Sigma\varphi C}{\Sigma\varphi C} = -7,66 \% < 10 \%$$

Tomando en cuenta la caída de tensión, se tienen los datos de la sección transversal de los conductores de alimentación del tablero son los siguientes:

- Conductor principal (mm<sup>2</sup>) =  $\frac{41,8 \text{ A} \times 2 \times 80 \text{ m}}{0,03 \times 57 \times 208 \text{ V}} = 16,99 \text{ mm}^2$
- Conductor neutro (mm<sup>2</sup>) =  $16,45 \text{ mm}^2 \times 0,7 = 11,89 \text{ mm}^2$

Se procede a seleccionar los conductores de alimentación del tablero, según la tabla de conductores proporcionada en la sección de anexos.

- 3 conductores AWG, THHN # 4 + 1 conductor AWG, THHN # 6 AWG

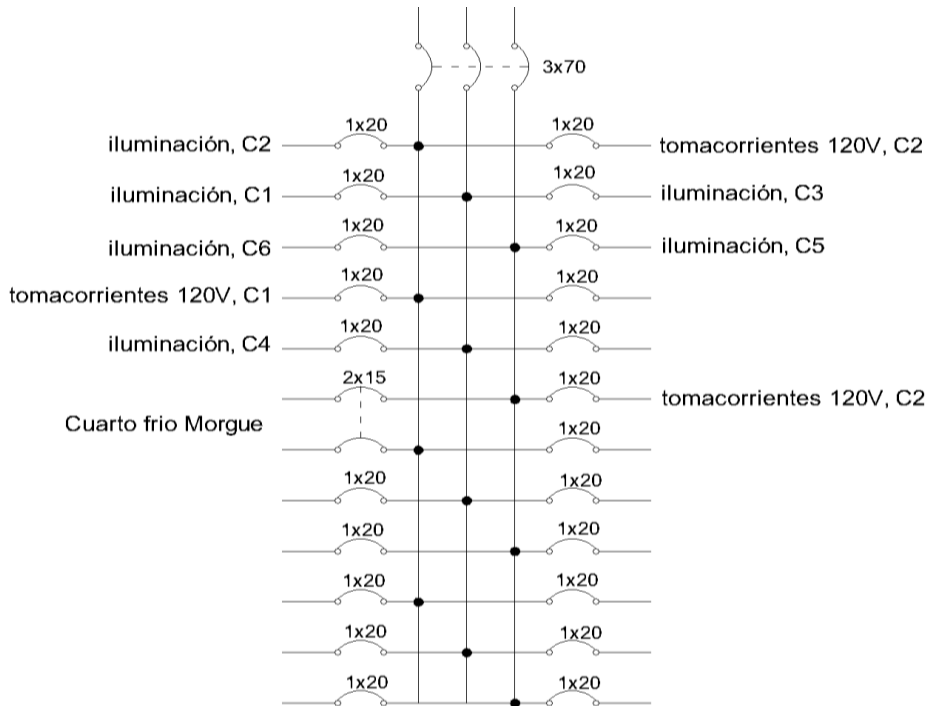
El número de circuitos y las especificaciones para el tablero ubicado en el área de emergencia son las siguientes.

- Tamaño tablero =  $(3/2) * 10 = 15$  circuitos.

El tablero de cirugía de hombres será de tipo load center, con interruptor principal tipo QP 3 X 70, sus características serán las siguientes:

- 3 fases, 24 polos, 70 A, 240 V

Figura 25. **Tablero mantenimiento y morgue**



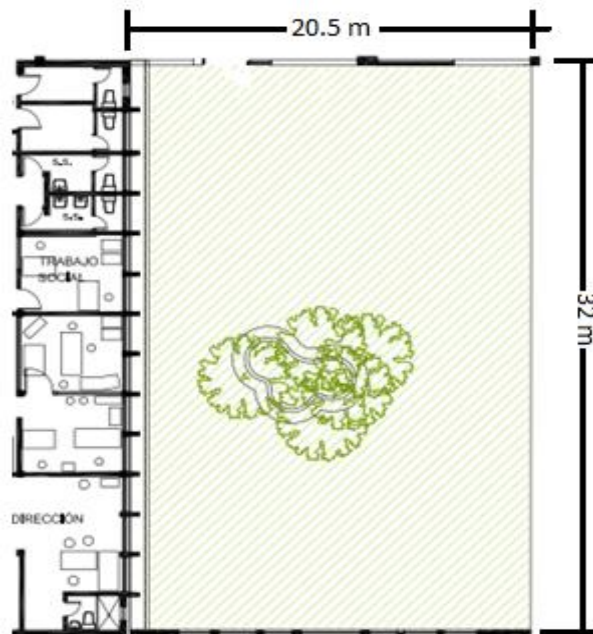
Fuente: elaboración propia.

### 3.3. **Diseño de la puesta a tierra**

La malla puede ser calculada de acuerdo con el estándar IEEE 80, ya que los efectos de los armónicos no se controlan con la red de tierra. La resistencia de puesta a tierra recomendada para equipos sensibles es de  $5\Omega$ .

En el Hospital Regional de Cobán se cuenta con área verde que puede ser utilizada como referencia central de un diseño de puesta a tierra, el área a utilizar para el diseño, es el área posterior a las oficinas de trabajo social y oficina de dirección, como se muestra en la figura 26.

Figura 26. **Area propuesta para instalacion de puesta a tierra**



Fuente: Hospital Regional de Cobán.

### 3.3.1.1. **Calculo de la malla de tierra**

Las características para este diseño son:

- Área de la malla de puesta a tierra  $A=324\text{m}^2$
- Largo de la malla  $L1=18\text{m}$
- Ancho de la malla  $L2=18\text{m}$
- Número de conductores a lo largo  $M1=7$
- Número de conductores a lo ancho  $M2=7$
- Espaciamiento entre los conductores  $D=3$
- Número de electrodos tipo varilla  $N = 20$
- Longitud de un electrodo tipo varilla  $L_v = 2.4\text{m}$

Longitud de conductor horizontal

$$LC = M1*L1+M2*L2$$

$$LC = 7*18m+ 7*18m$$

$$LC= 252m$$

Longitud total del conductor

$$L_t = LC+N*L_v$$

$$L_t = 252m+6*2.4m$$

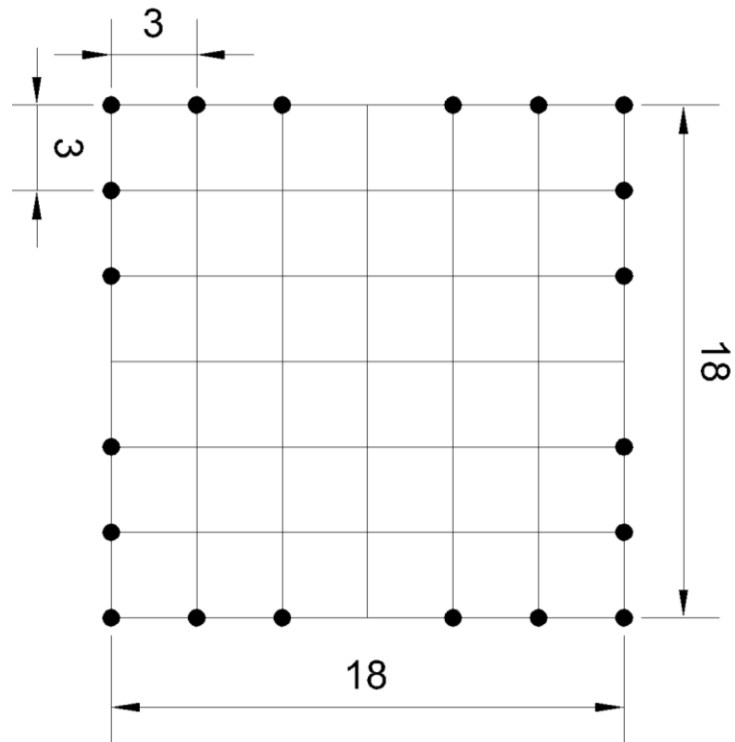
$$L_t = 266,4m$$

La resistividad promedio del suelo registrada según datos indicados en el capítulo 2 del presente estudio es igual a 51,48 ohms\*m

Resistencia de puesta R tierra

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20*A}} \left( 1 + \frac{1}{1+h*\sqrt{20/A}} \right) \right] = 1.23 \text{ Ohm*m}$$

Figura 27. **Malla con base en el estándar IEEE 80**



Fuente: elaboración propia.

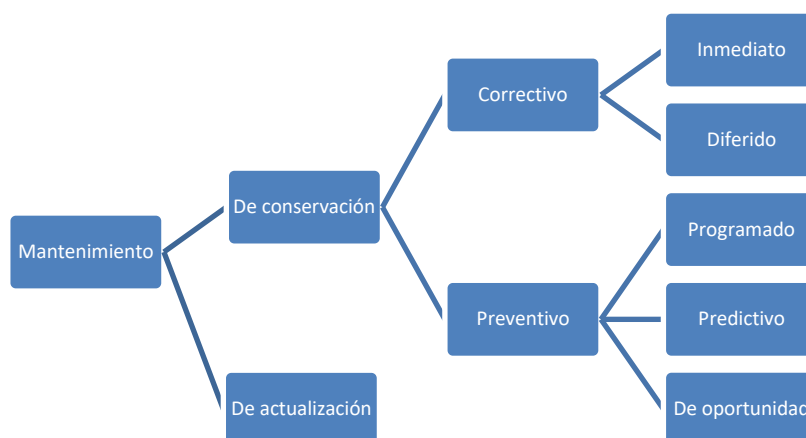
### 3.4. **Mantenimiento del sistema eléctrico del hospital regional de Coban**

El adecuado mantenimiento de las instalaciones y equipos es primordial para que el sistema eléctrico funcione. Es de vital importancia contar con un plan de mantenimiento adecuado de acuerdo a las necesidades y requerimientos del hospital, otro punto que debe abordarse es el tema de la modernización de las instalaciones, debido a que los equipos se hacen cada vez menos eficientes y los requerimientos de nuevos equipos y componentes de las instalaciones es que sean más eficientes.

Cuando se habla de mantenimiento se pueden desglosar en diversos tipos, como lo son el que sirve para conservación de instalaciones y equipos y el de actualización; para el caso de las instalaciones y equipos se abordarán 2 tipos de mantenimiento: el de conservación y el de actualización. Para el mantenimiento de conservación se enfocará en sugerir un plan de mantenimiento preventivo, y para el de actualización será enfocado para sugerir mejoras en las instalaciones y equipos para la actualización del sistema eléctrico.

Conocer los distintos tipos de mantenimiento y las tareas para un adecuado mantenimiento es primordial para todo personal que tenga a su cargo los distintos elementos que conforman el sistema eléctrico del hospital regional de Cobán, a continuación, se muestran los tipos de mantenimiento que pueden ser tomados en consideración para el adecuado funcionamiento de elementos que conformen el sistema eléctrico del hospital.

Figura 28. Tipos de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.



### **3.4.1. Mantenimiento preventivo**

Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y acciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad, se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otros.

El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran. A continuación se detallan componentes de las instalaciones eléctricas y equipos a tomar en cuenta como prioridad para el adecuado funcionamiento del suministro de energía eléctrica dentro del hospital.

- Transformador trifásico 13,2 KV/208 – 120V; 60Hz 400KVA
- Centro de distribución de cargas 208V, 3 fases, 60Hz, 1 200A
- Transferencia automática 208V, 3 fases, 60Hz, 1 200A
- Planta eléctrica de emergencia 320 KVA, 3 fases, 208/120V 60Hz
- Tableros de alimentación
- Protecciones eléctricas
- Sistema de red de tierras

El mantenimiento de cada uno de los equipos que se indican a continuación se detalla de manera que pueda ser efectuado en mayor parte, a

través del personal encargado de velar por el adecuado funcionamiento de las instalaciones y equipos dentro del Hospital Regional de Cobán.

#### **3.4.1.1. Documentación requerida para un adecuado plan de mantenimiento**

Para un mantenimiento eficiente se requiere documentación adecuada, no solo de las instalaciones eléctricas, sino que también de los distintos equipos eléctricos que se utilicen para el funcionamiento adecuado del hospital, para ello se deberá disponer de algunos documentos, los cuales se indican a continuación.

- Esquemas de la red de distribución del suministro general de energía eléctrica y del suministro de energía eléctrica de emergencia en representación unifilar.
- Instrucciones de maniobra y mantenimiento de las fuentes de energía eléctrica de emergencia.
- Verificaciones por cálculo de las corrientes de cortocircuito de los distintos unifilares, tanto para el suministro de energía eléctrica general, como para los circuitos de energía eléctrica de emergencia.
- Estudios comparativos de la desconexión selectiva tanto para corrientes de cortocircuito, como de sobrecargas para los distintos esquemas.
- Potencias disponibles en red general y en las fuentes de energía eléctrica de emergencia.

- Denominación de los distintos sectores y corrientes nominales de los dispositivos de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuito de los circuitos dependientes de los mismos.
- Secciones y materiales de los conductores con indicación del tipo de canalización que los conduce.
- En cuanto a su disposición dentro del complejo, deberá contarse con toda la documentación en el equipo eléctrico que corresponda, así como también toda la información necesaria e indispensable propia que se considere, en cada tablero de distribución y en cada equipo.

#### **3.4.2. Pruebas y controles para instalaciones y equipos**

Las pruebas y controles son indispensables en toda instalación eléctrica, pero lo son aún más en el caso de instalaciones eléctricas de hospitales. Los ensayos, pruebas y controles son necesarios en toda instalación nueva y deben continuarse con frecuencia en el tiempo, determinada por las características de cada equipo y las condiciones de operación en las instalaciones ya en servicio, dado que sus comparaciones en el tiempo son la base para el mantenimiento preventivo.

Las pruebas se realizan para determinar el adecuado funcionamiento de un equipo a través de un procedimiento de revisión, los controles pueden ser visuales o de funcionamiento y también deben realizarse para observar posibles fallas y así actuar con anticipación ante cualquier eventualidad posible. Es indispensable realizar dichas pruebas de acuerdo a las sugerencias establecidas para verificación y control, esto permitirá minimizar las fallas y prevenir y anticipar los desperfectos y fallas en el sistema.



## **4. ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO ÁREA DE LAVANDERÍA Y PUESTAS A TIERRA DEL HOSPITAL DE COBÁN**

En este capítulo se proporcionará la evaluación financiera-económica para llevar a cabo el cambio de tablero del área de lavandería y el mejoramiento de las puestas a tierra en 4 sectores del hospital. Asimismo, se detallan los elementos de protección y movimiento de cargas del tablero ubicado en el área de lavandería.

Los trabajos de mejoramiento anteriormente mencionados se deben efectuar de acuerdo a los hallazgos encontrados en el sistema eléctrico del hospital, con esto se busca el mejoramiento de las instalaciones eléctricas y así lograr un adecuado funcionamiento del sistema.

### **4.1. Proyección económica del cambio de tablero en área de lavandería y mejoramiento de puestas a tierra**

Según el tipo de proyecto a realizarse, este deberá tener una duración de funcionamiento adecuado, dicha duración puede ser proyectada entre 10, 20 y hasta 30 años. Para el estudio del presente trabajo se tomará como parámetro de funcionamiento adecuado una proyección para 20 años. Adicional a esto se recomienda el mantenimiento adecuado anual para el cumplimiento de dicha proyección.

#### 4.1.1. Programa de ejecución del proyecto

En la figura 29 se muestra un cronograma de actividades para la ejecución esperado para la realización del cambio de tablero y mejoramiento de las tierras físicas. Este cronograma se determina desde la toma de datos para la realización del trabajo, hasta la puesta en funcionamiento del nuevo tablero, el mejoramiento de las tierras físicas y movimiento de las cargas.

Figura 29. Cronograma de ejecución del proyecto

Núm.	ACTIVIDAD	Febrero				Marzo				Abril			
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12
1	<b>ESTUDIOS</b>	■	■	■	■	■	■						
1.1	Verificación de tablero actual	■											
1.2	Medición y verificación de puestas a tierra	■	■										
1.3	Cargas instaladas tablero lavandería		■										
1.4	Especificación de elementos			■									
1.5	Cuantificación accesorios proyecto				■								
1.6	Cotización de materiales				■	■							
1.7	Aprobación de proyecto				■	■							
2	<b>REALIZACIÓN DE TRABAJOS</b>						■	■	■	■			
2.1	Montaje de tablero y accesorios						■						
2.2	Montaje de canalizaciones							■					
2.3	Recableado								■	■			
2.4	Conexionado									■	■		
2.5	Elaboración de puestas a tierra								■	■	■		
3	<b>HABILITACIÓN DE TABLERO</b>										■	■	■
3.1	Medidas de seguridad										■	■	
3.2	Desconexión de tablero antiguo											■	■
3.3	Conexionado de cargas											■	■
3.4	Conexionado de tablero nuevo												■
3.5	Comprobación de puestas a tierra												■

Fuente: elaboración propia.

Básicamente el proyecto se estima realizarse aproximadamente en 3 meses, para ello se divide la ejecución en 3 aspectos importantes, los cuales

son observados en el cronograma y se detallan que primero se realiza un estudio de los trabajos y accesorios necesarios, la instalación del tablero y mejoramiento de las puestas a tierra y por último, la habilitación del tablero y la comprobación del buen estado de las puestas a tierra.

#### **4.2. Beneficios de la realización del proyecto**

La implementación del proyecto radica en la necesidad de habilitar protecciones de manera adecuada para cada una de las cargas en el área de lavandería, así también, proteger de manera adecuada algunos sectores en los cuales se detectó que las puestas a tierra carecían de adecuado funcionamiento. Actualmente las protecciones en el tablero de lavandería tienen sobrecarga, lo cual puede ocasionar daños en el sistema eléctrico y en los equipos conectados.

##### **4.2.1. Reducción de costos por equipos dañados**

Por lo regular las fallas detectadas son la quema de motores especiales instalados en el área de lavandería y daños a equipos, debido a puestas a tierra en mal estado, los costos de rebobinado en motores son aproximadamente de Q. 3 000,00 por motor, adicional se deberá sumar el pago por transporte que redondea aproximadamente los Q 500,00, también debe de tomarse en cuenta los daños en las lámparas; lo cual representa un costo anual aproximado de Q 700,00.

##### **4.2.2. Reducción de costos por deshabilitación de cargas**

Cuando un equipo en el área de lavandería falla, básicamente se debe tomar en cuenta los costos relacionados al personal encargado de la

lavandería, esto no lleva a un estimado de Q 90,00 de pago por día a cada trabajador, tomando en cuenta que son 3 personas, se tiene un estimado de Q 270,00 por día.

Tomando en cuenta las indicaciones de las personas encargadas del área de mantenimiento en el área de lavandería, al año se tienen diversas fallas ocasionadas por la utilización del tablero del área de lavandería. Dichas fallas se mencionan en la figura 30.

Figura 30. **Especificación de fallas más frecuentes, área de lavandería**

Núm.	Tipo de falla	Costo	Veces al año	Sub-total
1	Daño motor eléctrico	Q 3 000,00	2	Q 6 000,00
2	Lámparas dañadas	Q 165,00	5	Q 825,00
3	3 Personas de lavandería	Q 270,00	3	Q 810,00
4	4 Personas de mantenimiento	Q 360,00	4	Q 1440,00
			Total	Q 9 075,00

Fuente: elaboración propia.

En la figura 31, se muestra un estimado del costo total de la implementación del proyecto, las cotizaciones se pueden ver en el anexo del presente trabajo de graduación.



Figura 31. **Materiales y costos del proyecto**

Núm.	Descripción	Cant.	Precio
1	Tablero trifásico de 30 polos	1	Q 1 200,00
2	termo magnético, 3 polos de 60A THQP	2	Q 1 310,00
3	termo magnético, 2 polos 30A THQL	1	Q 350,00
4	termo magnético, 3 polos 30A THQP	2	Q 1 300,00
5	termo magnético, 3 polos de 40A THQP	1	Q 1 310,00
6	termo magnético, 3 polos 15A THQP	1	Q 1 280,00
7	termo magnético, 2 polos 20A THQL	1	Q 350,00
8	termo magnético, 2 polos 40A THQL	1	Q 350,00
10	Tornillos busca rosca, 1 1/2 X 3/8 con tarugo	30	Q 23,00
11	Metro de conductor THHN Núm. 10 color negro	24	Q 84,48
12	Metro de conductor THHN Núm. 6 color rojo	27	Q 148,50
13	Metro de conductor THHN Núm. 4 color negro	20	Q 144,60
14	Metro de conductor THHN Núm. 8 color rojo	6	Q 25,20
15	Metro de conductor THHN Num. 12 color rojo	32	Q 55,00
16	Metro de cable THHN Núm. 8 color blanco	10	Q 42,00
17	Metro de cable THHN Núm. 10 color blanco	15	Q 53,00
18	Metro de cable THHN Núm. 12 color blanco	9	Q 22,00
19	Metro de conductor THHN Núm. 2 color blanco	4	Q 40,00
20	Cinta de aislar Núm. 23	3	Q 330,00
21	Cinta de aislar Núm. 33	5	Q 145,00
22	Mordaza para cable calibre Núm. 2 (o perno)	6	Q 29,64
23	Varilla copperwell 5/8" x 8'	4	Q 665,44
24	Saco 50 lb. de bentonita	10	Q 311,30
25	Caja de registro de concreto	4	Q 320,00
<b>Total,</b>			<b>Q9 889,16</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. **Tiempo en recuperar la inversión del proyecto**

Según los costos estimados del proyecto dados en los incisos anteriores, se tiene lo siguiente:

Costo de materiales para el proyecto + costo de mano de obra  
9 889,16 + Q 1 500,00 = Q 11 389,16

Ahorro anual = Q 9 075,00

El tiempo en el cual se recuperará la inversión se describe con la siguiente ecuación:

Costos (en quetzales) = ahorro anual X tiempo (en meses)

Al sustituir la ecuación anterior con los datos obtenidos se tiene:

$Q 11 389,16 = Q 9 075,00 \times \text{tiempo (años)}$

$$\text{Tiempo en años} = \frac{Q 11 389,16}{Q 9 075,00} = 1,25 \text{ años}$$

Por lo tanto, se sugiere a las autoridades del hospital regional de Cobán que inviertan en el tablero de lavandería, ya que aproximadamente en un año la inversión se recuperará debido al ahorro en los gastos detallados anteriormente.

#### **4.4. Valor actual neto del proyecto**

En esta sección se analizará el VPN del proyecto para que se elija por medio de criterios de ingeniería económica la mejor opción. El ahorro anual debido a la implementación del proyecto se representa a través de los gastos que se evitarán por fallas en el sistema eléctrico.

Adicional a los costos anteriormente descritos se debe tomar en cuenta el costo que representa el daño a alguno de los equipos importantes, área del servidor web del hospital, y equipos de cómputo, dichos daños pueden representar un gasto anual aproximado de Q 70 000,00 debido a que existen equipos especiales instalados que están instaladas en el área.

Costos iniciales: Q 11 389,16

Ahorros anuales: Q 9 075,00 + Q 70 000,00

El valor de rescate es un valor que se asigna a un activo totalmente depreciado si se desea vender, en el análisis se calculó el 10 % del costo inicial.

$$\text{Valor de rescate} = 0,10 \times \text{Q } 11\,389,16 = \text{Q } 1\,138,92$$

Egresos anuales se calcularon con un 20 % del costo inicial

$$\text{Los egresos anuales} = 0,20 \times \text{Q } 11\,389,16 = \text{Q } 2\,276,40$$

La tasa de interés será del 20 % de interés, la vida del proyecto se calculó de 0,25 años, para que las autoridades del hospital analicen la viabilidad de la realización del mismo. Con los datos que se obtuvieron se procedió a calcular el VPN:

Costo inicial = Q 11 389,16

Ingresos anuales = Q 79 075,00

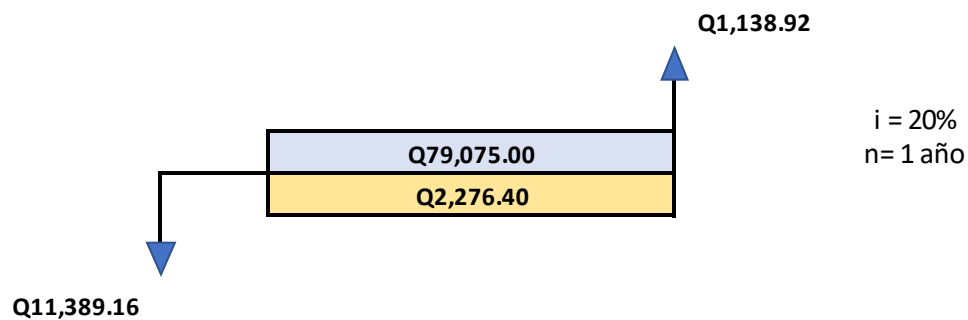
Egresos anuales = Q 2 276,40

Valor de rescate = Q 1 138,92

Interés =  $i$  = 20 % anual

Vida del proyecto = 0,25 años

Figura 32. **Diagrama de flujo de efectivo del proyecto a una tasa de interés de 20 %**



Fuente: elaboración propia.

El VPN del tablero del proyecto se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = \text{VPN ingresos} - \text{VPN egresos}$$

Se calculó el valor presente neto (VPN) ingresos.

$$\text{VPN ingresos} = \text{ingresos anuales} \times (P/A, i, n) + \text{valor de rescate} \times (P/F, i, n)$$

En donde:

P/A = valor presente

i = tasa de interés anual

n = vida del proyecto

$$(P/A, i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$(P/F, i, n) = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Sustituyendo datos en la ecuación

$$\text{VPN ingresos} = \text{Q. } 79\,075,00 \times (P/A, 20\%, 1) + \text{Q. } 1\,138,92 \times (P/F, 20\%, 1)$$

$$\text{VPN ingresos} = \text{Q. } 79\,075,00 \times (0,2227) + \text{Q. } 1\,138,92 \times (0,9656)$$

$$\text{VPN ingresos} = \text{Q}18\,716,62$$

Se calculó el VPN egresos con la siguiente ecuación:

$$\text{VPN egresos} = \text{costo inicial} + \text{egresos anuales} \times (P/A, 20\%, 1)$$

$$\text{VPN egresos} = \text{Q. } 11\,389,16 + \text{Q. } 2\,276,40 \times (0,2227)$$

$$\text{VPN egresos} = \text{Q}11\,896,31$$

Se calculó el VPN del proyecto, quedando de la siguiente forma:

$$\text{VPN proyecto} = \text{VPN ingresos} - \text{VPN egresos}$$

$$\text{VPN proyecto} = \text{Q. } 18\,716,62 - \text{Q. } 11\,896,31$$

$$\text{VPN proyecto} = \text{Q}6\,820,31$$

Dado el resultado se tiene que la ejecución del proyecto es rentable para su realización, por lo cual las autoridades deberán tomar las acciones correspondientes para la realización de dicho proyecto.



## CONCLUSIONES

1. Las instalaciones eléctricas del hospital han sufrido pocas modificaciones en el incremento de carga, por lo cual el sistema aún se adapta a las necesidades requeridas.
2. La mayor parte de las puestas a tierra instaladas son ineficientes debido a la mala instalación de las mismas y a la falta de mantenimiento.
3. La mayoría de tableros eléctricos instalados originalmente han sido sustituidos por otros de tipo comercial, por la facilidad de sustituir los distintos elementos que los conforman.
4. Es necesaria la ejecución de un proyecto de mejora para evitar daños en equipos importantes.
5. Las máquinas eléctricas y dispositivos de control no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado, por lo cual se sugirió un plan de acuerdo a las posibilidades del hospital regional de Cobán.
6. El consumo de energía eléctrica se ve afectado por conexiones ilegales relacionadas a ventas de comida en el interior del hospital.
7. Las fallas y problemas en el hospital regional de Cobán, son en su mayoría ocasionadas por falta de mantenimiento.





## RECOMENDACIONES

1. Es importante que el personal encargado de las instalaciones se actualice constantemente en conocimientos técnicos relacionados a los puestos donde se desempeñan.
2. Coordinar conjuntamente con los encargados de las distintas dependencias del hospital, los futuros mantenimientos del sistema eléctrico del mismo, esto permitirá preparar de mejor manera a las personas que dependen del suministro eléctrico en un área específica.
3. El hospital debe invertir en el proyecto planteado para evitar daños en equipos importantes, lo que beneficiará en ahorro de reparaciones y/o compras de equipos.
4. Velar por la seguridad del personal encargado de las instalaciones eléctricas al momento de realizar trabajos de mantenimiento o reparación de las mismas.
5. Verificar continuamente la realización de trabajos realizador por los empleados del hospital para reparaciones, montaje y verificación de las instalaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. EARLEY, Mark William. National Electrical Code, Handbook. *National Electrical Code, Handbook*. Estados Unidos de Norte America: NFPA. 2011. 1326 p.
2. ESPINA, Jackson René. *Estudio de confiabilidad de puestas a tierra en planta hidroeléctrica chixoy*. Trabajo de graduación de Ingeniería eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala: 2006. 160 p.
3. HARPER, Enríquez, Gilberto. *Guia Práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. México: LIMUSA. 1994. 471 p.
4. ————. *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México: LIMUSA. 2003. 433 p.
5. ————. *Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales*. México: Limusa. 2002. 266 p.
6. INTECAP. *Administración del mantenimiento industrial*. Guatemala: 2005. 110 p.
7. JIMENEZ, Julián Garnica. *Síntesis del trabajo de grado. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas hospitalarias*. Venezuela: Universidad Pontificia Bolivariana. 2009. 18 p.

8. GIL, José Marcelo. *Manual Técnico del electricista*. Madrid, España: P.L.C. Madrid. 2009. 45 p.
9. MAGNAMAX. *Generador Magnamax*. En Chile: Magnamax, 2003. 68 p.
10. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social*. [en línea] <<http://www.mspas.gob.gt/>> [Consulta: enero de 2016 ].
11. MORA, Pedro Omar. *Transformadores y máquinas sincrónicas*. Merida - Venezuela: Universidad de los Andes. 1995. 156 p.
12. PLATA, Eduardo Antonio. *Sistemas de puesta a tierra - Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF*. Colombia: Blanecolor Ltda. 2010. 121 p.
13. TARQUIN, Anthony. *Ingeniería Económica*. Colombia: McGraw Hill. 1999. 846 p.
14. TAVARES, Lourival. *Administración Moderna de Mantenimiento*. México: Novo Polo Publicaciones. 2001. 156 p.
15. THOMPSON TECHNOLOGY. *TS 830 Interruptores de transferencia automática*. México: THOMPSON TECHNOLOGY. 2002. 51 p.