



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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**

Oscar Eduardo Alvarez

Asesorado por el Ing. Edgar Yanuario Laj Hun

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR EDUARDO ALVANEZ

ASESORADO POR EL ING. EDGAR YANUARIO LAJ HUN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

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. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj Hun
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 31 de mayo de 2016.



Oscar Eduardo Alvarez

Guatemala 9 de abril de 2018

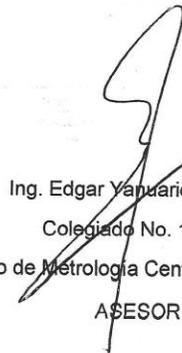
Ingeniero
Otto Fernando Andrino González
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Señor director:

Por este medio le informo que como asesor del estudiante universitario OSCAR EDUARDO ALVANEZ quien se identifica con el carné número 2010-20409, HAGO CONSTAR que procedí a revisar el informe final, **"DIAGNÓSTICO Y RESIDEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN"**. Después de haberle hecho las correcciones pertinentes, doy por APROBADO el siguiente trabajo ya que considero que llena los requisitos para el debido seguimiento por parte de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica; en vista de ello, se lo remito y pongo a su consideración.

Agradezco la atención a la presente y aprovecho para saludarlo respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



CENTRO DE INVESTIGACIONES
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Edgar Yanuario Laj Hun

Colegiado No. 11475

Encargado de Laboratorio de Metrología Centro de Investigaciones de Ingeniería

ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 52. 2018.
23 DE abril 2018.

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL REGIONAL
DE COBÁN,** del estudiante; Oscar Eduardo Alvarez, que cumple
con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador de Electrotécnica



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 31 de julio de 2018.
Ref.EPS.DOC.605,07,18.

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

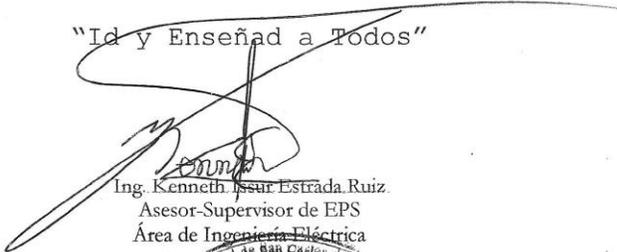
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Oscar Eduardo Alvanez** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **201020409** y CUI **2071 90593 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


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



c.c. Archivo.
KIER/ra

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 31 de julio de 2018.
Ref.EPS.D.276.07.18.

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

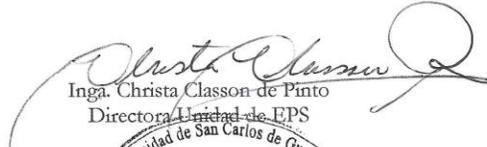
Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Oscar Eduardo Alvanez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 52. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: OSCAR EDUARDO ALVANEZ titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andriño González



GUATEMALA, 3 DE AGOSTO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

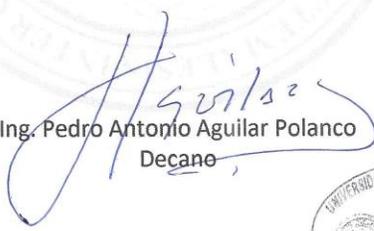


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 338.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE COBÁN**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Eduardo Alvanez**, 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, septiembre de 2018



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Jesucristo

Por ser mi Señor y Salvador, por darme la vida, la sabiduría y la fuerza para culminar mi carrera, además de bendecirme con tantas cosas y personas maravillosas cada día.

Mis amigos

Que de una manera u otra estuvieron involucrados apoyándome en la culminación de mi carrera y en mi vida en general.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

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

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos necesarios en toda mi formación académica.

**Mis amigos de
la Facultad**

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

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Misión de la institución.....	1
1.3. Visión de la institución	1
2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	3
2.1. Instalaciones eléctricas.....	3
2.1.1. Caracterización de cargas	3
2.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores	4
2.1.3. Revisión visual.....	5
2.1.4. Resistencia de aislamiento	5
2.1.5. Cálculo de calibre de conductores.....	8
2.1.6. Cálculo de diámetro de tuberías	11
2.2. Protección (flipones y fusibles)	17
2.2.1. Revisión visual.....	17
2.2.2. Prueba de disparo	17
2.2.3. Sobrecargas	22

2.2.4.	Capacidad de cortocircuito	22
2.2.5.	Corriente nominal	25
2.2.6.	Transformadores	26
2.2.7.	Tomar datos nominales	26
2.2.8.	Determinar tiempo de vida útil.....	27
2.2.9.	Mantenimiento.....	27
2.3.	<i>Power quality</i> (analizador de redes).....	27
2.3.1.	Voltajes.....	28
2.3.2.	Factor de potencia verdadero.....	29
2.3.3.	Potencia activa, reactiva y aparente.....	30
2.3.4.	KWH, KVAH	31
2.3.5.	Frecuencia.....	33
2.3.6.	Distorsión armónica THDV y THDI.....	33
2.3.7.	Verificación de red de tierras.....	44
2.3.8.	En qué estado se encuentra (física y técnicamente).....	44
2.4.	Pararrayos y apartarrayos.....	44
2.4.1.	Exterior	53
2.4.1.1.	Medición de luxes.....	53
2.4.1.2.	Revisión visual	54
2.4.1.3.	Características de las lámparas e iluminación	55
2.4.2.	Instalaciones especiales.....	55
2.4.2.1.	Equipo electrónico sensible y crítico	55
3.	DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIÓN.....	57
4.	¿CÓMO DEBERÍAN ESTAR LOS ITEMS DEL INCISO 2?	59
4.1.	Hacer cálculos teóricos	59

5.	COMPARACIÓN DE DATOS	87
5.1.	Obtención de resultados	87
6.	IMPACTO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES DEL HOSPITAL Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	89
6.1.	Inversión vrs ahorro	89
6.2.	Interacción del hospital y la red de distribución	90
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Watts por hora.....	32
2.	KVA por hora.....	32
3.	Frecuencia	33
4.	Megger de tierras	38
5.	Diagrama unifilar iluminación primer nivel.....	57
6.	Diagrama unifilar iluminación segundo nivel	57

TABLAS

I.	Valores mínimos de resistencia de aislamiento.	5
II.	Ejemplos de conductores utilizados en instalaciones.....	10
III.	Capacidad de conductores utilizados en instalaciones	10
IV.	Resistencia eléctrica del conductor.....	12
V.	Capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre	13
VI.	Factores de corrección.....	13
VII.	Factores de reducción de acuerdo al número de conductores.....	14
VIII.	Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería.....	15
IX.	Área para conductores THHN	16
X.	Datos nominales	26
XI.	Nivel de iluminación en áreas de trabajo I.....	48
XII.	Nivel de iluminación en áreas de trabajo II.....	49
XIII.	Coefficientes de utilización K	49
XIV.	Coefficiente de reflexión.....	51

XV.	Nivel lumínico.....	51
XVI.	Lámparas fluorescentes.....	52
XVII.	Área de laboratorios:.....	67
XVIII.	Departamento de procesos técnicos (área #1)	68
XIX.	Entrada a maternidad	70
XX.	Maternidad.....	71
XXI.	Área de ingreso.....	72
XXII.	Clínicas	73
XXIII.	Laboratorio.....	75
XXIV.	Entrada a pediatría	76
XXV.	Pediatría	78
XXVI.	Sección de rayos X.....	80
XXVII.	Cocina.....	82
XXVIII.	Área de neonatología.....	84
XXIX.	Comparación de luxes por nivel.....	87
XXX.	Precios de conductores	89
XXXI.	Precios de repuestos averiados.....	90

GLOSARIO

Acometida	Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora.
Canalización	Se refiere a canales o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos y evitar el contacto.
Capacidad nominal	Es la capacidad para la que están diseñados los equipos.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conecta a la acometida.
Conductor neutro	Conductor exclusivo para el retorno de las corrientes de operación normal de los equipos eléctricos.
Conductores	Son todos aquellos materiales que permiten que atraviese el flujo de la corriente.
Conectores	Son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.
Conexión	Es el empalme entre dos o más conductores eléctricos.

Contador	Es un aparato electromecánico que se usa para medir la energía eléctrica, utilizado por el usuario.
Demanda estimada	Es un valor de potencia que determina la empresa suministradora, de acuerdo con la carga instalada.
Energía eléctrica	No es más que potencia integrada en el tiempo, se mide en kilovatio-hora (Kwh.).
Factor de potencia	Es la relación entre la potencia eficaz (watt) y potencia aparente (VA).
Fusible	Es el dispositivo constituido por un filamento de metal de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto <i>Joule</i> , cuando la intensidad de corriente supere por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar a los conductores.
Interruptor	Aparato diseñado para abrir o cerrar un circuito de corriente eléctrica.
Potencia activa	Producto de voltaje por corriente por el factor de $\cos\phi$ $V * I * \cos\phi$ se llama potencia activa y se representa por la letra mayúscula P.
Potencia aparente	El producto voltaje por corriente $V * I$ se llama potencia aparente y se representa por la letra

mayúscula S. La unidad de la potencia aparente es el vatio amperio (KVA).

Potencia reactiva	El producto entre voltaje por corriente por $\text{sen}\phi$ $V \cdot I \cdot \text{sen}\phi$ se llama potencia reactiva y se representa por la letra mayúscula Q. La unidad de medida es el voltio amperio reactivo (VAR).
Sobrecorriente	Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.
Sobrecarga	Es el exceso de la carga normal que puede sobre llevar un equipo que al continuar por un período más largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
Tablero de distribución	Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobrecorriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.
Varilla de cobre	Son las varillas especialmente diseñadas para enterrarlas en el suelo y conectar en ellas un sistema eléctrico aterrizado.
Voltaje RMS	El valor RMS es el valor del voltaje o corriente en C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente en C.D.

Voltaje

Es la diferencia de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.

RESUMEN

El crecimiento generalizado, tanto de la población como la infraestructura en el país, ha generado una demanda mayor de consumo de energía, los hospitales actuales ya han tenido un diseño previo de su instalación eléctrica, estos sufren cambios constantemente, ya que implementan nuevos sectores, oficinas y se introducen aparatos que consumen más energía.

Es por eso que se le debe tomar con mucha importancia el mantenimiento adecuado de las instalaciones eléctricas, realizar inspecciones constantes, para saber cómo está cada uno de los componentes instalados y más aun de lo que no se ve como los cables, tubería, luminarias, tableros principales, balance de cargas, subtableros, entre otros.

El presente trabajo aportará un estudio de cómo se encuentra el Hospital Regional de Cobán hasta el momento, se evaluará todo el sistema eléctrico del mismo.

OBJETIVOS

General

Proponer las mejoras de las instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Cobán.

Específicos

1. Dar a conocer qué elementos se utilizarán para el diseño.
2. Generar un estudio de iluminación para tener una mejor calidad de luz.
3. Establecer las posibles fallas que puedan ocurrir en la instalación eléctrica actual.
4. Evitar el deterioro de los elementos instalados por medio de un plan de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consolida la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado y se enfoca básicamente en las actividades presentadas a continuación:

1. Diagnóstico y evaluación de las instalaciones eléctricas del hospital, dividiéndose en: calibre de conductores, diámetro de tuberías, protección, transformadores, *power quality*, red de tierras, pararrayos, iluminación interior e iluminación exterior
2. Diagramas unifilares de iluminación y fuerza por cada nivel del hospital, igualmente el diagrama del panel principal.
3. Realizar un inventario de todas las luminarias, tomas, interruptores, tubería, cableado, tableros, equipo especial, entre otras cosas.
4. Verificar que los tableros principales soporten la carga instalada.
5. Realizar un estudio de iluminación para cada área de trabajo
6. Comparación de datos teóricos con datos reales de la instalación eléctrica del hospital.

Todo lo que se plantea en este anteproyecto se basa en un diagnóstico preliminar, con objeto de establecer las acciones necesarias a ejecutar; por lo

tanto, conforme se avance el desarrollo del trabajo, las soluciones podrán ser más objetivas, reales y adecuadas.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Reseña histórica

El Hospital Regional de Cobán 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 construcción del Hospital Regional Hellen Rossi de Laugerud de Cobán, Alta Verapaz 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.

1.2. Misión de la institución

Ser la 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 y eficiencia, fundamentada en la satisfacción del usuario que demanda atención.

1.3. Visión de la institución

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.

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

2.1. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de equipos y accesorios necesarios para transportar la energía eléctrica, desde la alimentación a diferentes sitios para utilización en aparatos eléctricos.

2.1.1. Caracterización de cargas

El hospital posee cargas monofásicas y cargas trifásicas, teniendo un mayor porcentaje en las cargas monofásicas, las cuales están relacionadas con circuitos de iluminación y circuitos de fuerza. Las cargas trifásicas son utilizadas para bombas de agua, elevadores, aire acondicionado y máquinas industriales.

La electricidad es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas. Cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Las cargas eléctricas se dividen en dos: positivas y negativas. El átomo es la partícula elemental y es el que lleva al electrón, el cual transporta una unidad de carga.

Los átomos en condiciones normales contienen electrones los que están más alejados del núcleo se desprenden fácilmente.

En algunos elementos como los metales, abundan los electrones libres. De esta manera un cuerpo queda cargado eléctricamente, por la reordenación de los electrones. El átomo común contiene cantidades iguales de carga eléctrica positiva y carga eléctrica negativa, por lo tanto es eléctricamente neutro. La cantidad de carga eléctrica transportada por todos los electrones del átomo, que por convención son negativas, esta equilibrada por la carga positiva localizada en el núcleo. Si un cuerpo tiene bastantes electrones quedará cargado negativamente. En caso contrario, sin electrones un cuerpo queda cargado positivamente, ya que hay más cargas eléctricas positivas en el núcleo.

2.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores

En el estado actual de conductores en el hospital se pudo observar que en áreas más antiguas ya están dañados, no tanto por dentro, pero el forro en algunos cables presenta impurezas, la cual es ocasionada por el tiempo y calor que genera la electricidad transmitida por el conductor. En las instalaciones eléctricas del Hospital Regional de Cobán se utiliza desde el calibre número 14AWG hasta 2/0AWG (en algunos casos utilizando varios 2/0 por fase). Los conductores europeos tienen la sección definida en mm^2 .

Los materiales que mayormente se utilizan para la construcción de los conductores son cobre y aluminio, cada uno con características y aplicaciones especiales. Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica pero un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una mayor resistencia específica y un menor peso, por lo que son más utilizados en tendidos de línea área. Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres los cuales están estipulados por la American Wire Gauge (AWG).

2.1.3. Revisión visual

Se realizó una revisión visual de todo el hospital, tomando en cuenta todos los tableros (primarios y secundarios), *breakers* (monofásicos y trifásicos), cableado, tubería, luminarias, tomacorrientes, equipo de oficina y todo tipo de cargas eléctricas.

2.1.4. Resistencia de aislamiento

Los conductores deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla I. Valores mínimos de resistencia de aislamiento

Tensión nominal de la Instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS) Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	> 0,25
Inferior o igual a 500V, excepto caso anterior	500	> 0,5
Superior a 500V	1 000	> 1,0

Fuente: elaboración propia.

Este aislamiento es para instalaciones en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y el número de conductores que posea no exceda de 100 metros de longitud. Cuando dicha longitud exceda de dicho valor y pueda dividirse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, por secciones, desconexión, de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido dividida se debe presentar la resistencia de aislamiento correspondiente.

Cuando no sea posible realizar la división en tramos de 100 metros, el valor de la resistencia de aislamiento mínimo permitido será indicado en la tabla I dividido por la longitud total de canalización, expresada en hectómetros.

Cuando la instalación conste de circuitos con componentes electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y neutro estarán enlazados entre sí durante las medidas.

El aislamiento se medirá de dos formas: en primer lugar, entre todos los conductores del circuito de alimentación (fase y neutro) unidos entre sí, con respecto a tierra, y entre parejas de conductores activos. La medida se efectúa con megohmetro, que es un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla I con una corriente eléctrica de 1mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada voltaje.

Durante la primera medida, los conductores, estarán aislados a tierra y de la alimentación de energía a la cual están enlazados. Cabe recordar que dichas medidas se realizan en circuitos con voltaje cero o sin conexión, ya que en caso contrario se podría averiar el comprobador de baja tensión. La tensión de prueba es la generada por el megohmetro.

La medida de aislamiento con relación a tierra se realizará enlazando a el polo positivo del comprobador y dejando todos los receptores conectados y sus mandos en posición paro, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción en la parte de la instalación que se verifican se pondrán en posición cerrada y los fusibles instalados en servicio normal, con finalidad de garantizar la magnitud eléctrica de aislamiento. Todos los conductores se enlazarán entre

sí, incluyendo el neutro, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del comprobador de tensión.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta menor al valor mínimo que le corresponda, se aceptará como una instalación buena, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada dispositivo receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor indicado por la norma del producto que le corresponda.
- Desconectados los receptores, la resistencia de aislamiento de la instalación es mayor a lo dicho.

La segunda medida a trabajar pertenece a la resistencia de aislamiento entre conductores, se realiza después de desconectar todos los receptores, quedando interruptores y fusibles en la misma posición que la señalada para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se realizará sucesivamente entre los conductores tomados par a par, comprendiendo el neutral.

Por las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se deben comprobar las magnitudes de la resistencia de aislamiento para la distancia de dichos circuitos con las partes activas de algunos circuitos y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla I.

2.1.5. Cálculo de calibre de conductores

Para la buena selección de un conductor eléctrico deben considerarse varios factores.

- El valor máximo del voltaje que se aplicará
- La capacidad de conducción de corriente eléctrica
- El valor máximo de la caída de tensión

El cálculo del conductor debe realizarse de dos maneras: por corrientes y por caída de tensión. El resultado del cálculo que resulte del conductor de mayor sección transversal será el indicado a seleccionar.

- Método de cálculo por corrientes

Este método se utiliza cuando toda la potencia aparente está conectada en el momento que se realiza el cálculo, primero se calcula la corriente que pasa por el conductor y en el caso que se diera, en el calibre que presenta el fabricante para el conductor a seleccionar, el calibre correspondiente y el área transversal ayudará para el cálculo en la siguiente fórmula.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V_n}$$

Donde:

I = corriente total

S = potencia aparente

V_n = voltaje nominal de línea a neutro

- Método de cálculo por caídas de tensión

Al pasar corriente eléctrica sobre los conductores de una instalación eléctrica se produce en ellas una caída de tensión que corresponde a la siguiente: $V_p = I \times R_c$ (V)

Donde:

V_p = voltaje de pérdida (V)

I = corriente de carga (A)

R_c = resistencia de los conductores

Con motivo de obtener el grosor correcto de los conductores que alimentan cada circuito en los niveles del hospital se calculó utilizando el método planteado en este índice y se presenta en las tablas II y III.

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

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

Núm. AWG	Diámetro mm	Sección mm	Tipo de conductor
14	1,63	2,09	Sólido
12	2,05	3,30	Sólido
10	2,59	5,27	Sólido
8	3,26	8,35	Sólido
6	4,67	13,27	Cable
4	5,89	21,00	Cable
2	7,42	34,00	Cable
1/0	9,47	53,00	Cable
2/0	10,62	67,00	Cable
3/0	11,94	85,00	Cable

Fuente: elaboración propia.

El calibre de los conductores tiene que estar sometido a ciertas condiciones de uso. Muestra de ello en la tabla II:

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

Calibre	Capacidad en amperios
14	20
12	25
10	40
8	55
6	80
4	105
2	140
1/0	195
2/0	225
3/0	250

Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Cálculo de diámetro de tuberías

Para el hospital se determinó que en los ductos se encontraban cuatro conductores # 12, hacer notar que los conductores mencionados son conductores activos. Ello efectuó el siguiente cálculo para diámetro de la tubería adecuada. En el primer paso se seleccionó el factor para hallar el relleno que es igual a 40 % ya que es mayor a tres conductores.

$F = a / A$ $F =$ es el factor de relleno

$a =$ la sección transversal del conjunto de conductores $A =$ la sección transversal de la tubería

Se ubica el área de cada conductor en una tabla y se realiza la sumatoria de estos, para el conductor # 12 se tiene un área de 0,0251 pulg².

$$A = 0,0251+0,0251+0,0251+0,0251 = 0,1004 \text{ pulg}^2$$

Despejando la ecuación de factor de relleno se tiene:

$$A = \frac{0,1004}{0,4} = 0,251 \text{ Pulg}^2$$

De esta forma se encuentra el diámetro de la tubería, a través de la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

Sustituyendo valores de la ecuación anterior se tiene

$$d = \sqrt{((0,251 \times 4) / \pi)} = 0,6256 \text{ pulg}^2 \quad d \approx 3/4$$

La tubería que debe utilizarse es de tres cuartos de pulgada, por lo que se determina que la tubería es correcta. La tubería instalada en el hospital es de una pulgada.

Tabla IV. Resistencia eléctrica del conductor

Calibre AWG o MCM	Conductor de cobre						Conductor de aluminio					
	Tubería magnética			Tubería no magnética			Tubería magnética			Tubería no magnética		
	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z
14	.131	.070	.313	.313	.006	.131	--	--	--	--	--	--
12	.196	.069	.196	.196	.005	.196	--	--	--	--	--	--
10	.123	.067	.123	.123	.005	.123	--	--	--	--	--	--
8	.078	.066	.079	.079	.005	.079	--	--	--	--	--	--
6	.049	.065	.049	.049	.005	.049	.083	.005	.063	.063	.004	.063
4	.031	.005	.032	.031	.004	.032	.053	.005	.053	.053	.004	.053
2	.020	.005	.021	.020	.004	.029	.033	.004	.031	.033	.004	.034
1	.016	.005	.017	.016	.004	.016	.027	.004	.027	.027	.003	.027
1/0	.013	.005	.013	.012	.004	.013	.021	.004	.021	.027	.003	.021
2/0	.010	.005	.011	.010	.004	.011	.017	.004	.021	.017	.003	.017
3/0	.008	.005	.009	.009	.004	.009	.014	.004	.011	.014	.003	.014
4/0	.007	.004	.008	.007	.003	.007	.011	.004	.011	.011	.003	.011
250	.005	.004	.007	.005	.003	.007	.009	.004	.009	.009	.003	.010
300	.005	.004	.007	.005	.003	.006	.009	.004	.008	.008	.003	.009
350	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.006	.004	.007	.007	.003	.007
400	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.005	.003	.006	.006	.003	.007
450	.003	.004	.006	.003	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.006
500	.003	.004	.005	.002	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.005
600	.002	.004	.005	.002	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.003	.005

Fuente: elaboración propia.

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80 % de su capacidad nominal, cuando se selecciona por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor. La capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre del conductor viene dado en la tabla V:

Tabla V. **Capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre**

Calibre	Rango de temperatura del aislante	
	60 °C	75 °C
AWG O MCM	TW	THW
14	20	20
12	52	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Factores de corrección**

Temp. Ambiente °C	Rango de temperatura		Factores de corrección
	60 °C	70 °C	
21-25	1,08	1,05	
26-30	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	
36-40	0,82	0,88	
31-45	0,71	0,82	
46-50	0,58	0,75	
51-55	0,41	0,67	
56-60	----	0,58	
61-70	----	0,33	
71-80	----	----	

Fuente: elaboración propia.

También existe reducción de la capacidad de transporte de corriente de los conductores por las cantidad de conductores que van dentro de una tubería, según lo indica la tabla VII.

Tabla VII. **Factores de reducción de acuerdo al número de conductores**

Núm. de conductores	Factor de reducción de capacidad de conductores
4 a 6	80 %
7 a 24	70 %
25 a 42	60 %
Arriba 43	50 %

Fuente: elaboración propia.

Para aplicar adecuadamente los factores de corrección por cantidad de conductores no se debe tomar en cuenta los conductores que sirven como neutro, ya que no circula corriente eléctrica.

- **Número de conductores en tubería**

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

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

Por esta razón, el número de conductores dentro de un tubo debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo, de acuerdo con la forma y el área transversal de la tubería de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores.

Además, se debe considerar la calidad correcta de aire en la tubería para que se disipe el calor generado internamente por efecto joule. En la tabla VIII

se puede observar el número de conductores que van en una tubería de acuerdo al diámetro, al calibre y forro del conductor que en este caso será TW y THW.

Tabla VIII. **Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería**

Calibre AWG o MCM	Diámetro de tubería en pulgadas									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
Cantidad de conductores										
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	18	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3
1000						1	1	1	1	3

Fuente: elaboración propia.

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

Estas condiciones se dan cuando existen varios calibres de conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación.

$$F = a / A$$

Donde:

F = es la factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores A = la sección transversal de la canalización

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

53 % para un conductor 31 % para dos conductores
40 % para tres o más conductores.

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

Tabla IX. **Área para conductores THHN**

Calibre	Área sección Transversal mm ²	Número de hilos	Diámetro externo Total mm ²	Capacidad de corriente máxima
14	2,08	7	2,81	25
12	3,31	7	3,29	30
10	5,26	7	4,15	40
8	8,37	7	5,48	55
6	13,3	7	6,44	75
4	21,15	19	8,09	95
2	33,63	19	9,59	130
1/0	53,51	19	12,05	170
2/0	67,44	19	13,17	195
3/0	85,03	19	14,43	225
4/0	107,22	19	15,85	260

Fuente: elaboración propia.

2.2. Protección (flipones y fusibles)

Es importante que en una instalación las fallas estén reducidas y es necesario dedicar bastante tiempo en el análisis de las fallas y diseñar el sistema de protección adecuado.

Se debe saber que todas las fallas dadas en el sistema son eliminadas por las protecciones que se encuentran antes del punto de falla, es decir que la falla será eliminada por el dispositivo de protección que se encuentre antes que está en dirección al alimentador principal.

2.2.1. Revisión visual

La revisión visual sobre la protección que tiene el hospital se realizó en cada nivel de este, se encontró que cada una de las cargas estaban debidamente protegidas contra cortocircuito y sobrecarga, se encontraron en cada nivel tableros secundarios con protección para ambas fallas (flipones), lo cual indica que si tienen una protección para no ocasionar algún accidente o incidente.

2.2.2. Prueba de disparo

Para que un interruptor sea efectivo debe tener cierta inteligencia para desempeñar su función automáticamente o bien responder a un comando. Sin esta capacidad, un interruptor sería solamente un cortacircuito sofisticado. Una unidad de disparo es la inteligencia del interruptor.

La función es disparar el mecanismo de operación en el caso de las siguientes condiciones de sobrecorriente:

- Sobrecarga térmica
- Corriente de cortocircuito
- Falla de conexión a tierra sobrecarga térmica

Un conductor se daña habitualmente como consecuencia de una condición de sobrecarga.

Cuando existe dicha condición ocurre un incremento de calor en el aislamiento y el conductor. Esto se conoce como sobrecarga térmica. Esta condición resultará en un cortocircuito. Las condiciones de sobrecarga se predicen si se monitorean la corriente y el tiempo que ésta fluye en un conductor. Como resultado se utiliza una curva tiempo-corriente para indicar el límite entre la condición normal y la condición de sobrecarga.

- Corrientes de cortocircuito:

Corrientes de cortocircuito (corrientes de falla) ocurren habitualmente con flujo de corriente alta debido a la falla de aislamiento del conductor. Cuando el aislamiento entre fases se interrumpe, se pueden esperar corrientes de cortocircuito en la falla. Una curva de tiempo-corriente típica para un elemento de cortocircuito (instantáneo) de un interruptor indica que no ocurrirá un disparo hasta que la corriente de falla alcance o rebase el punto A en la curva.

- Falla de conexión a tierra:

La falla de conexión a tierra es particular de falla de corriente de cortocircuito. Es un cortocircuito entre una fase y la tierra. El NEC requiere de protección de las fallas de conexión a tierra, por ejemplo una acometida.

Ahora que se conoce la función de unidad de disparo, se mencionan los tipos de unidades de disparo. Existen dos tipos:

- Electromecánica
- Electrónica
- Unidad de disparo electromecánica

La unidad de disparo electromecánica se utiliza normalmente en interruptores de baja voltaje. Se localiza montada integralmente en el interruptor y es débil a la temperatura. Las unidades de disparo termomagnéticas actúan para cubrir a los conductores, proteger el equipo en condiciones ambientales elevadas y permitir una carga segura.

Esta unidad de disparo utiliza bimetales y electroimanes para proveer protección contra sobrecarga y cortocircuito, conocido como termomagnético.

El disparo térmico protege contra sobrecargas. Su acción se logra empleando un bimetale con temperatura alta por la corriente de carga. En la sobrecarga sostenida, el bimetale se deforma, causando que el mecanismo de operación se dispare.

El disparo magnético es utilizado para protección contra cortocircuitos (instantáneos). Su acción se logra a través de un electroimán, cuyo devanado se encuentra en serie con la corriente de carga. Cuando ocurre un cortocircuito, la corriente que pasa a través del conductor provoca que el punto magnético del electroimán se eleve rápidamente, atrayendo la armadura y causando el disparo del interruptor.

Es una curva tiempo-corriente típica para la porción magnética de una unidad de disparo electromecánica. La combinación de acciones térmicas y magnéticas protege contra sobrecargas y cortocircuitos. La unidad de disparo termomagnética es correcta para la mayor parte de aplicaciones para generalidades. Es sensible a la temperatura, insensible a las armónicas, y tiende automáticamente al peso del conductor y máquinas que varían con las condiciones ambientales.

En este tipo de unidad de disparo, es difícil detectar una falla de conexión a tierra hasta que sea demasiado tarde, especialmente con motores en donde una falla de aislamiento interno puede resultar en un daño serio. Como resultado, se requiere de un dispositivo separado para fallas de conexión a tierra.

- Unidad de disparo electrónica:

El segundo tipo de unidad de disparo es la unidad de disparo electrónica. Es generalmente insensible a la temperatura y más costoso. Se utiliza en interruptores de baja tensión comenzando en 400A y en interruptores de media tensión. La unidad de disparo es montada integralmente en baja tensión y montada externamente en media tensión.

Esta unidad está reemplazando rápidamente el disparo termomagnético debido a su mayor precisión, capacidad de repetición y discriminación. Tiene también una protección opcional integrada contra fallas de conexión a tierra. Además, ofrece otras capacidades, como por ejemplo programación, monitoreo, diagnóstico, comunicación, coordinación de sistema y prueba.

En general, las unidades de disparo electrónicas consisten de tres dispositivos i con relación a la unidad de disparo. Los componentes son: transformador de corriente, circuito de protección y disparador.

El transformador de corriente es utilizado en la fase de corriente para monitorear la corriente al nivel de entrada.

Un circuito de protección es el cerebro del sistema, interpreta la corriente de entrada y toma una decisión con base en parámetros predeterminados.

El disparo en derivación es un componente que dispara el interruptor.

Existen dos tipos de unidades de disparo electrónicas: Analógica y Digital.

La unidad de disparo analógica se desarrolló primero y se considera el enfoque convencional. Su funcionamiento considera los puntos en una curva particular y responde a valores pico. Esto puede ocasionar problemas, ya que al detectar un pico puede causar disparo falso.

El funcionamiento de la unidad de disparo digital considera puntos discretos seleccionados en una curva particular y efectúa la suma de estos puntos discretos. El resultado es lo que se conoce como valor RMS este es más preciso, ya que se utilizan los valores y no precisamente valores pico.

Las unidades de disparo electrónicas tienen variedades en características y capacidades.

2.2.3. Sobrecargas

Como sobrecarga se entiende que se trata de corriente superior al valor real. La sobrecarga se origina en una demanda de potencia alta en comparación a la real.

2.2.4. Capacidad de cortocircuito

Pueden ocasionar efectos fatales en la instalación eléctrica. Los efectos más importantes que los provocan son las fallas de aislamiento, errores de maniobra, contaminación, entre otros.

Algunos de los elementos de protección que cuenta el Hospital Regional de Cobán para la protección de las instalaciones eléctricas están los siguientes:

- Fusibles
 - Interruptores termomagnéticos fusibles
 - Los fusibles presentan particularidades de operación
- Son de una operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe romperse el fusible completo o su elemento fusible.
- Son de operación individual ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el corto circuito o sobrecarga.
- Son económicos en comparación a otros elementos de protección.

- Tienen curva de operación muy inversa, lo cual provoca difícil coordinarlo con algunos tipos de protección.
- Tienen potencia de corto circuito mayor que otros componentes de protección.

Generalmente se dice que un fusible es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula pasa de cierto valor establecido. Se recuerda que los fusibles darán protección contra corto circuito.

La calibración del fusible se realiza en función de las pérdidas por efecto *Joule*. El calor que produce la corriente real se disipa en el ambiente, por lo que la temperatura no causa daños en las propiedades físicas del elemento, si la corriente se mantiene por un determinado tiempo sobre la corriente nominal, la temperatura del elemento fusible alcanza su punto de fusión y abre el circuito.

El tiempo de fusión se representa regularmente en algún diagrama de tiempo-corriente, con abscisa y ordenada con divisiones logarítmicas y una curva de tiempo inverso, en dependencia de la corriente. El curso de la curva características de fusión principia en el menor valor de corriente, al cual el conductor fusible puede fundirse y se acerca asintóticamente a la recta oblicua con el valor calorífico de la fusión del fusible al exterior. Las curvas características de fusión son aproximadamente iguales hasta 20 veces la corriente nominal. A mayor corriente de corto circuito las curvas divergen.

La diferencia entre la curva viene determinada por el tiempo de extinción del fusible, el cual depende del factor de potencia del circuito, la tensión de servicio y la corriente que debe ser interrumpida.

- Interruptores termomagnéticos:

El interruptor termomagnético es un elemento de uso general por el personal que se dedica a realizar instalaciones eléctricas, ya que es de construcción compacta, puede desarrollar funciones de enlace y desenlace para trabajos de mantenimiento, reparación o ampliación y proteger contra corto circuito.

Consta de una caja plástica moldeada con terminales, una para unirse a la barra del centro de carga y la otra para salida mediante conductor o barra sólida y una palanca para su accionamiento que puede ser manual o motorizado, esto dependiendo de la capacidad en amperios del interruptor termomagnético.

Dentro de la caja moldeada se colocan los contactos, uno de los cuales es móvil y el otro estático y están colocados en una cámara de extinción de arco.

El sistema de disparo del interruptor termomagnético funciona mediante el almacenamiento de energía mecánica por la compresión de un resorte. Cuando se cierran los contactos se oprime el resorte en donde se almacena la energía, al manipular el interruptor la energía almacenada se libera separando las platinas.

La protección contrasobrecarga consta de una barra bimetálica que, de acuerdo al valor que tenga la corriente así como el tiempo que se mantenga, provoca un disparo que abre los contactos de todos los polos a la vez por medio de un enclavamiento mecánico, constituido por una barra que entrelaza los polos.

La barra bimetálica está ubicada a una longitud específica de una bimetálica y está colocada a longitudes específicas de piezas ferromagnéticas. Cuando la corriente llega a valores muy elevados se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en tiempos muy cortos. Dichos dispositivos tienen calibraciones que únicamente el fabricante puede modificar.

Cuando un interruptor termomagnético se dispara por sobrecarga, la manija queda en una posición intermedia entre encendido y apagado, para restaurarlo debemos primeramente llevar la manija a la posición de apagado y luego de reparada la falla, pasar la manija a la posición de arranque.

La capacidad interrumpida que puede soportar un interruptor termo magnético está limitada por:

- La posición de los contactos en posición abierta.
- El tiempo máximo de apertura.

Capacidad de la cámara de extinción. La capacidad del cortocircuito se especifica en KA. Si la corriente de corto circuito sobrepasa la capacidad interruptiva, primeramente, se pueden fundir los platinos, por lo que el arco persiste y la corriente como consecuencia lógica sigue fluyendo.

2.2.5. Corriente nominal

La corriente nominal en servicio continuo es el valor eficaz de la corriente en que el aparato está en condiciones de transportar en forma permanente, a la frecuencia nominal, manteniendo las temperaturas de diferentes lugares, dentro de valores especificados.

2.2.6. Transformadores

A continuación se describen los transformadores

2.2.7. Tomar datos nominales

El transformador principal del Hospital Regional de Cobán:

Transformador Pad-Mounted Vantran Electric Corp.

Tipo CP 500 kVA

65 °C Rise

5,75 % imp. 85 °C

Mineral oil filled 245GL

Voltaje primario 13 200V DELTA

Voltaje secundario 208/120V ESTRELLA Peso 5 750kg

Tabla X. **Datos nominales**

TAPS: voltaje	Amperios	T.C. On
13 880	20,93	A
13 560	21,64	B
13 200	21,97	C
12 850	22,53	D
12 520	23,04	E

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Determinar tiempo de vida útil

Es vital, el diagnóstico de alternativas de decisión, mediante métodos económicos que permitan optimizar el uso de los recursos. También es vital el aspecto de definición como también estandarización de políticas que faciliten el uso de dichos métodos.

No se tienen datos de cuando fue instalado, al parecer fue en 1988 por lo cual es un poco dificultoso el tema de evaluar cuanto de vida útil le queda a este equipo.

2.2.9. Mantenimiento

Al transformador no se le ha dado mantenimiento y no tienen ningún procedimiento escrito, el cual establece que se debe de realizar. El transformador se encuentra en un área inapropiada y con espacio reducido y este ya produce un ruido, el cual se debería examinar inmediatamente.

2.3. *Power quality* (analizador de redes)

Analizadores de redes

Se fueron tomando datos con multímetro durante todo el día.

Entre sus características se encuentran:

- Mide voltajes rms de hasta 480V de fase a neutral.
- Frecuencias de 50 o 60 Hz.

- Corrientes

La corriente eléctrica se define como un flujo de carga positiva y se fija el sentido convencional de corriente como un flujo de carga desde el polo positivo al negativo. Por lo tanto la corriente es el flujo de electrones en movimiento a lo largo de un conductor, y su unidad es el Ampere (A).

Para medir las corrientes eléctricas se dispone, de instrumento conocido como: Amperímetro. Dependiendo del rango de medición, estos aparatos indican la magnitud de corriente que circula en un circuito.

Usualmente, los amperímetros tienen varias escalas y por medio de un selector de escala, se selecciona el rango adecuado.

Dado que un amperímetro mide la corriente que pasa a través de un circuito se conecta en serie, es decir, extremo con extremo con otros componentes del circuito y se designa con la letra A dentro de un círculo.

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

2.3.1. Voltajes

El voltaje es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica sobre las cargas eléctricas en un circuito eléctrico, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. A mayor presión que ejerza una fuente de voltaje sobre las cargas eléctricas contenidos en un conductor, mayor

será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

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

2.3.2. Factor de potencia verdadero

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura. O sea que el factor de potencia debe tratarse que coincida con el coseno phi pero no es lo mismo.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica, el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electro energético exigen valores de 0,8 y más.

O es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA). Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de

equipos de refrigeración, motores, entre otras. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.

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

2.3.3. Potencia activa, reactiva y aparente

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

- Activa

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

- Reactiva

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

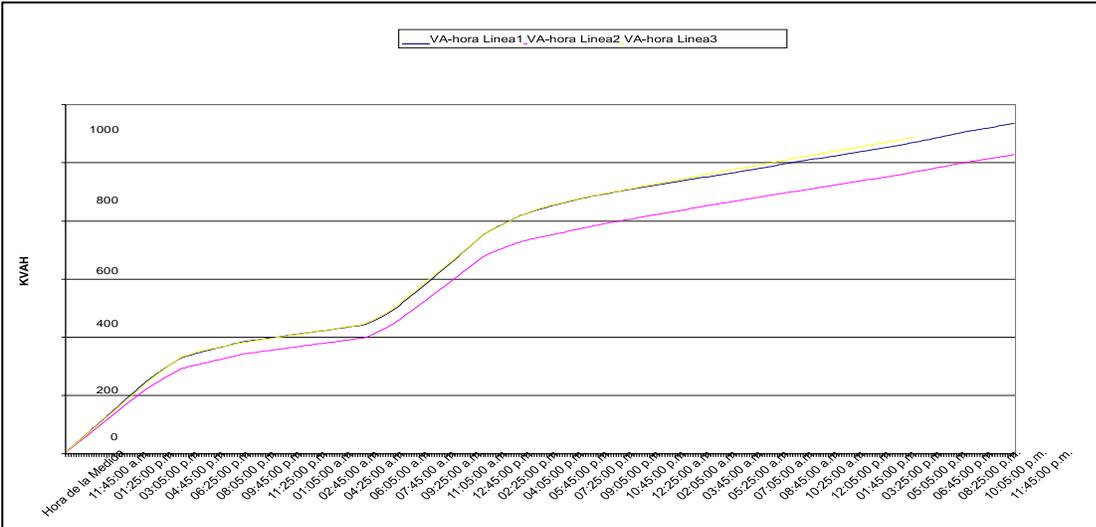
- Aparente

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

2.3.4. KWH, KVAH

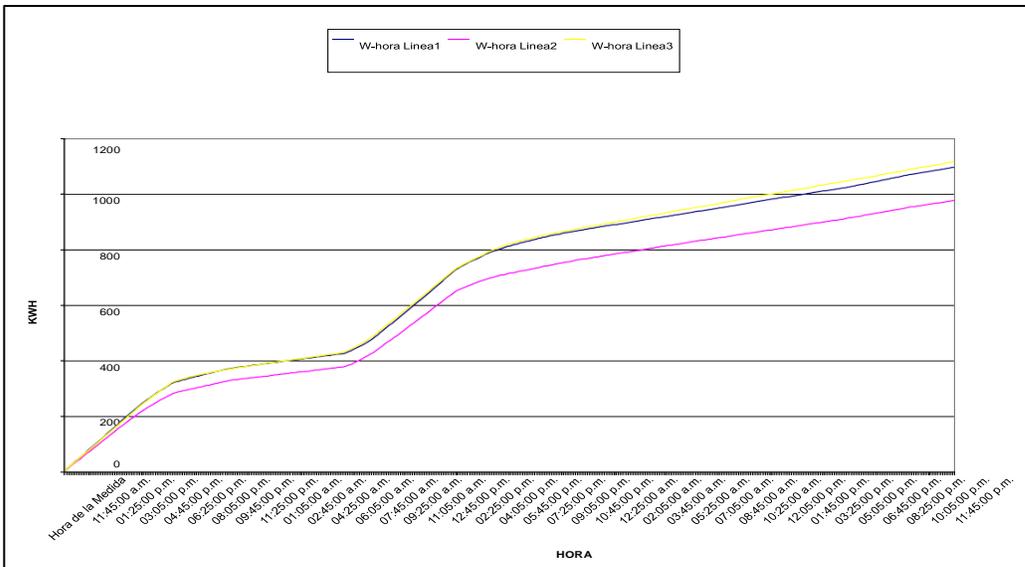
En la figura 1 se hace una descripción de la forma que se miden los watts por hora.

Figura 1. Watts por hora



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. KVA por hora

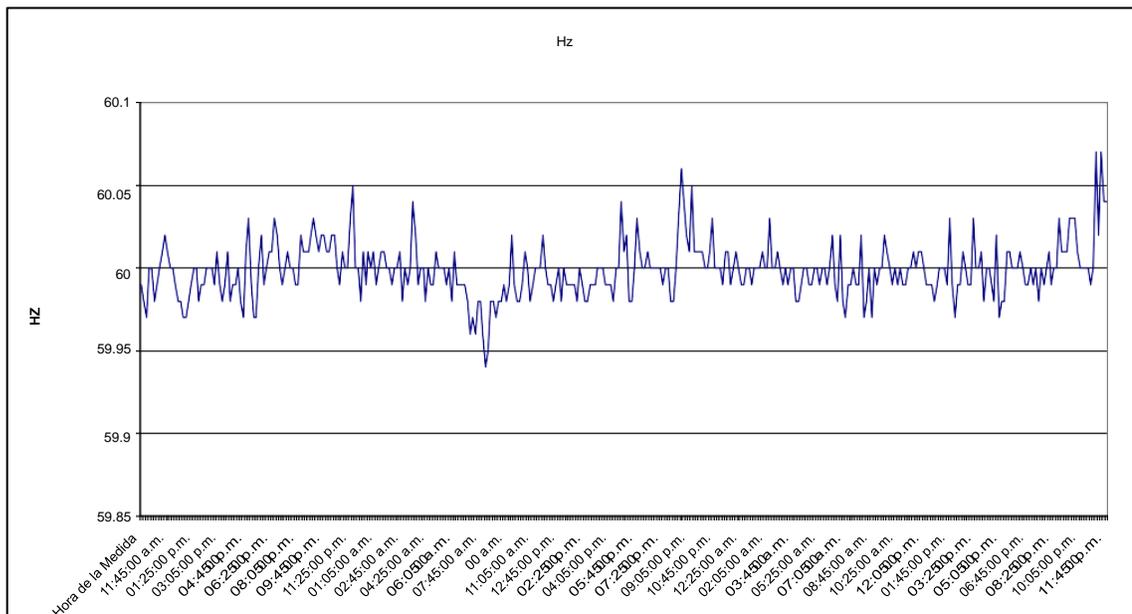


Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Frecuencia

Esta se ejemplifico en la figura 3.

Figura 3. Frecuencia



Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Distorsión armónica THDV y THDI

- Armónicos

Los receptores, tanto residencial como tipo industrial incorporan cada vez más convertidores electrónicos. Estos toman energía de la red en forma de corriente alterna pero para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso, la forma de onda de la corriente que consume resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas

senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red. Este tipo de consumos son los más abundantes en las redes y en ellos, tanto la corriente como la tensión están formadas por una componente de 60 Hz y una serie de componentes de frecuencias múltiplos en distintos porcentajes. Estos porcentajes pueden medirse con analizadores de armónicos.

El origen del problema de armónicos son los receptores que consumen corrientes distorsionadas. A pesar de que la tensión en origen suele ser senoidal, las caídas de tensión provocadas por dichas corrientes no senoidales hacen que en los puntos de consumo se tenga una tensión distorsionada.

La presencia de armónicos en la red tiene varias consecuencias. Algunas a continuación:

- Daño de la onda de tensión, afectando a algunos receptores sensibles.
- Afecta el factor de potencia.

Sobre carga de conductores y transformadores.

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

En el caso en que la onda sea distorsionada, las medidas pueden estar hasta un 40 % menor al verdadero valor eficaz. El efecto principal provocado

por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes ubicaciones del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales.

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

- Armónicos de voltaje:

Los armónicos de voltaje se manifiestan en muchas ubicaciones del sistema de distribución, ya que las alteraciones de la onda de voltaje circulan a través de los conductores del sistema de distribución. Cuando los armónicos de voltaje existen, estos pueden causar malfuncionamientos en equipo electrónico sensible. Con cualquier tipo de armónico presente, el problema que introducen en el sistema no es crítico.

Cuando ocurre un problema de bajo voltaje o de pérdida de voltaje, el sistema eléctrico termina sin energía por un período de tiempo. Pero esto generalmente produce solamente problemas operacionales, no pérdida de equipo. Es muy común que un apagón provoque daños de producción.

El voltaje más alto puede causar fallas del aislamiento en conductores, transformadores, paneles, interruptores y en el equipo electrónico. Si el pico de voltaje es alto, este puede causar arcos dentro del equipo, quemándose cualquier cosa en su trayectoria y causando fallas masivas en el sistema de la

distribución. Hay casos donde el rayo vaporiza todo el conductor dentro de la chaqueta aisladora de los conductores, dejando solamente una cáscara vacía, socarrada. Los picos de voltaje causados por conmutaciones rápidas no producen daños fuertes, sin embargo pueden crear picos de voltajes dentro del equipo sensible, causando fallas operacionales.

- Armónicos de corriente

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

Existen razones para una conexión a tierra:

- Para limitar los voltajes causados por descargas atmosféricas o por contactos accidental con conductores alto voltaje.
- Para estabilizar el voltaje durante operaciones normales.
- Para facilitar la operación de los dispositivos de sobre corriente.

Medición de la resistividad del suelo:

La resistividad del terreno se mide principalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para

encontrar los puntos claves para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia.

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

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o *Megger* de tierras de cuatro terminales. Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de 2 tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa.

Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si se está cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea. Los terrómetros son analógicos o digitales y deben contener 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente.

Para enrollamiento rápido se aconseja construir un sistema devanador que permita acortar el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo

anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 m aproximadamente.

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

Figura 4. **Megger de tierras**



Fuente: AVALLONE, Eugene. *Manual de Ingeniero Eléctrico*. p. 86.

- Tipos de puesta a tierra

Existen varios sistemas de tierra, los cuales se conectan a tierra, algunos a continuación:

- Sistema de CA
- Sistema de tierra de CD
- Sistema a tierra de protección frente a rayos
- Tierra de equipo
- Tierra para ruidos eléctricos

Los circuitos pueden encontrarse en varios de los sistemas mencionados. Todos los sistemas son conectados a tierra (tierra física) u otro objeto que haga las veces de tierra.

- Estándares sobre tierra

A través de los años se han desarrollado técnicas efectivas de tierra.

Estas técnicas han sido compiladas en códigos de seguridad y publicaciones adoptados como estándares.

Uno de los códigos es el Código Eléctrico Nacional conocido como NEC, que rige para los Estados Unidos, en el cual es un buen estándar para tomar como base para nuestros estándares. El código en particular Artículo 250 de conexión a tierra es el que se tratará.

Por otra parte, el Instituto de Ingenieros Electricista y Electrónico (IEEE) publica estándares para instalaciones eléctricas. Generalmente sus publicaciones son manuales de diseño y explican con más detalles la teoría del NEC y explica las consecuencias a las variaciones del código. Estos manuales son publicados como estándares y son reconocidos por American National Standards Institute (ANSI).

IEEE publica dos estándares aplicable a este respecto, uno de ellos se llama *The Green Book* y se conoce como el estándar IEEE Standard 142, este libro se titula *Grounding of Industrial and Comercial Poseer Systems*.

El otro libro se llama *Esmerald Book*, y se titula *Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment*. Se conoce como el IEEE STD 1100.

- Varillas de tierra

El NEC permite un número de opciones para las conexiones a tierra, tales como tuberías metálicas de agua. Las varillas de tierra son generalmente preferidas debido a que proporcionan un electrodo conocido y controlable.

El código especifica para varillas de tierra en la sección 250-52 (C):

- 5/8" de diámetro o mayor si son fabricada de hierro o acero.
- 1/2 diámetro o mayor si son fabricada de materia no ferroso y listadas para estos servicio.
- 8 pies mínimo de longitud y debe extenderse 8 pies como mínimo en el suelo.
- Varillas de aluminio no son permitidas.
- Tuberías metálicas

El código permite tuberías como electrodos de tierra, si son:

- De 3/4" de diámetro mayores.
- Galvanizadas o revestidas para la protección contra la corrosión.

La industria ha desarrollado electrodos de tierra especial usando una tubería metálica. Es el electrodo llamado tierra química. Un hueco mayor de lo necesario se prepara y se rellena de ciertos químicos alrededor del tubo. El

propósito de los materiales químicos utilizados es incrementar los iones libres reduciendo la resistencia de contacto.

- Resistencia a tierra

Resistencia a tierra es un término aplicado a la resistencia entre un electrodo de tierra y la misma.

Para cumplir con los requerimientos del código la resistencia deberá ser 25 ohmios o menor. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que este nivel no es adecuado para sistemas sensitivos tales como sistemas de transmisión de datos. La resistencia baja es requerida para minimizar ruidos eléctricos en sistemas sensitivos tales como computadoras.

El código no fue preparado como guía de diseño para la operación de equipo. Los requerimientos de la industria electrónica, industria de telecomunicaciones y computadoras exigen resistencia a tierra de 5 ohmios o menor y en áreas de alta incidencia de rayos una resistencia a tierra de 1 ohmios o menor.

- Conductividad del suelo

La resistencia de contacto es la resistencia entre el área de superficie de la varilla de tierra y el suelo. La resistencia es función de la varilla de tierra y el suelo donde es instalado. Esto representa uno de los componentes de la resistencia a tierra. Algunas variables son:

- Diámetro de la varilla de tierra
 - Un diámetro mayor aumenta el área de superficie y la resistencia.
 - Doblando el diámetro produce 10% de reducción en resistencia.

- Longitud de la varilla de tierra
 - Mayor longitud aumenta la superficie y reduce la resistencia.
 - Doblando la longitud producen un 40 % de reducción en resistencia.

- Humedad del terreno
 - El contenido de humedad baja la resistencia del suelo.
 - Durante las épocas la humedad varía.

- Temperatura
 - Altas temperaturas bajan la resistencia a tierra.
 - Durante las épocas la temperatura varía y por ende la resistencia de la tierra.
 - Tierra congelada conduce poco.

- Minerales
 - Un contenido alto de minerales proporciona más iones libres, reduciendo la resistencia
 - La mayoría de suelo contienen sales y otros minerales.
 - El agua de mar contienen sales lo que lo convierte en un buen conductor

- Composición del suelo
 - Terrenos arenosos son malos conductores.
 - Los terrenos con materiales orgánicos son buenos conductores.
 - Los suelos rocosos no son conductivos.

- Resistencia física

El conductor puede ser de cobre, aluminio o revestido de cobre. Estos materiales deben ser resistentes a la corrosión o deben ser protegidos contra la corrosión. Pueden ser sólidos o multifilares, deben tener continuidad y sin empalmes, puede estar aislado, cubierto o desnudo.

- Conductos de protección

La sección 250-64 del Código Eléctrico Nacional cubre lo relacionado en cómo proteger los conductores del electrodo de tierra entre el electrodo de tierra y la edificación. Si este conductor es lo suficientemente largo y se encuentra en un área donde no existen posibilidades de daño.

El código permite extender el cable un conducto metálico, pero esta práctica no es recomendable. Sobrevoltaje causados por conmutación de cargas y descargas atmosféricas pueden inducir ruidos eléctricos en conductores metálicos los cuales afectan diversos componentes electrónicos.

El conductor metálico actúa como un cierre que restringe el flujo de energía a tierra, lo cual puede usar daños al equipo.

- Barras colectoras

La sección 250-24 permite que el conductor del electrodo de tierra sea conectado a una barra colectoras. La misma sección también permite barras colectoras para la conexión del puente de unión principal y para el conductor de tierra del equipo.

2.3.7. Verificación de red de tierras

Actualmente, el hospital no cuenta con una red de tierras instalada en forma apropiada, para los equipos. Se pudo observar que esta varilla instalada pueda ser de los pararrayos instalados en la terraza del hospital, la cual también es utilizada para el resto del hospital.

2.3.8. En qué estado se encuentra (física y técnicamente)

No se puede demostrar en qué estado se encuentra este tipo de tierra, ya que no se lleva ninguna clase de record de mantenimientos realizados a esta. Se recomienda dar seguimiento a este tipo de conexiones, ya que puede prevenir:

- Voltajes causados por descargas atmosféricas o por contactos con conductores de alto voltaje.
- Para estabilizar el voltaje durante operaciones normales.
- Para facilitar la operación de los dispositivos de sobre corriente, tales como fusibles, relés, bajo condiciones de falla a tierra.

2.4. Pararrayos y apartarrayos

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones y personas.

Están compuestos por una barra de hierro coronada por una punta de cobre o de platino colocada en la parte más alta del edificio al que protegen. La barra está unida, mediante un cable conductor, a tierra. En principio, el radio de la zona de protección de un pararrayos es igual a su altura desde el suelo, y evita los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos, como edificios, árboles o personas.

El principio del funcionamiento de los pararrayos consiste en que la descarga electrostática se produce con mayor facilidad, siguiendo un camino de menor resistividad eléctrica, por lo cual un metal se convierte en un buen camino al paso de la corriente eléctrica. Los rayos caen principalmente en los objetos más elevados ya que su formación se favorece cuanto menor sea la distancia entre la nube y la tierra.

Como elemento protector de los circuitos eléctricos se utilizan en la actualidad dos tipos de pararrayos, los de resistencia variable y los de óxido de zinc. Los primeros asocian una serie de explosiones y unas resistencias no lineales (varistancias) capaces de limitar la corriente después del paso de la onda de choque.

- Normas para instalación básica del pararrayos
 - El pararrayo deberá quedar instalado como mínimo a una altura superior a 1 metro del punto más elevado de la superficie a proteger.
 - Irá siempre sustentado por una antena o una columna, de la longitud necesaria para cumplir con el inciso anterior.

- Será fijado sólidamente a la antena sustentador, con el fin de poder resistir las vibraciones y los esfuerzos mecánicos.
- El cable o cables de trabajo del pararrayos deberán ser de cobre desnudo, de una sección no inferior a 50mm. En determinadas circunstancias pueden emplearse cables de aluminio homogéneo de sección equivalente.
- El cable o cables de bajada, una vez fijados a la abrazadera del pararrayos y con el fin de evitar deterioros por dilatación o frotamientos, serán guiados por guías-cables, (aisladores montados sobre soporte metálicos incrustados en el mástil o estructura del pararrayos).
- Las bajadas del cable del pararrayos deberán descender en una línea tan recta como sea posible.
- A su entrada en el suelo, el cable se introducirá perpendicularmente hasta una profundidad no inferior a 80 centímetros. A partir de ahí, podrá realizarse el ángulo necesario para dirigirse a la toma de tierra.
- Para asegurar la protección del cable en la base de la instalación, este deberá ser protegido por un tubo o canal debiendo evitarse, en caso de ser material magnético que ese cierre alrededor del mismo.
- El cable descendiente deberá ser fijado soldado a la toma de tierra, de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica.

- La toma de tierra del pararrayos se realizará preferentemente mediante picas de cobre con alma de acero o placas de cobre.
- Las picas de longitud no inferior a dos metros y diámetros mínimo de 14 milímetros, serán instaladas a una profundidad no menor de 1 metro y separadas entre sí no menos de 4 metros, siendo conectadas por cables de cobre de la misma sección que la bajada del pararrayos, teniendo en la zanja de profundidad no inferior a 80 centímetros. En caso de emplearse cable de bajada de aluminio, deberá utilizarse un empalme bimetálico para su conexión con el cable toma de tierra, que será siempre de cobre.
- El tapado de los pozos y zanja se realizará preferentemente con la misma tierra extraída, limpia de piedras y cascotes. En casos particulares de terrenos de baja conductividad eléctrica, el relleno se puede complementar con tierra vegetal sales minerales, carbón vegetal, entre otros.
- Es aconsejable tomar todas las tomas de tierra existente en la zona a proteger, con el fin de tener un dispersor único, tanto para las altas como las bajas tensiones. La toma de tierra del pararrayos será conectada a este dispersor. Deberá tenerse en cuenta la siguiente regla importante: el valor de resistencia óhmica de la toma de tierra del pararrayos debe ser igual o inferior, nunca superior a cualquier toma de tierra existente en la zona protegida. En todo caso, no deberá tener un valor superior a 10 ohmios.
- En el caso de que con la instalación proyectada originalmente para la toma de tierra no se alcancen las condiciones indicadas en el apartado m,

la citada toma de tierra deberá ser ampliada hasta cumplir los mencionados requisitos. Para ello debela hacerse las correspondientes medidas de resistividad del terreno y estudiar la conveniencia de la utilización de productos químicos de mejora de toma de tierra.

Tabla XI. Nivel de iluminación en áreas de trabajo I

Tipo de tarea visual	Ambiente o actividad	Nivel de iluminación recomendado (lux)
Orientación solamente	Zonas de tráfico	20
Tarea visual fácil	Plantas de producción con actividades ocasionales Trabajos bastos de montaje y supervisión.	100 200
Tarea visual normal	Tareas medias, torneado, fresado o calderería, aulas tareas finas, maquinas con utillajes u oficinas	300 500
Tarea visual difícil con pequeños detalles y poco contrastes	Oficinas de supervisión, dibujo, oficinas de gran área. Ensayo de colores, montaje mecánico fino, oficinas abiertas con reflectancias medias.	1 000 1 000
Tarea visual muy difícil	Aseguramiento de la calidad con requerimientos muy altos, reparación de artefactos ópticos o relojería de precisión, procesamiento de textiles.	1 500
Detalles muy finos con muy poco contraste.	Grabado de metales y joyería	2 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Nivel de iluminación en áreas de trabajo II**

Tipo de tarea visual	Ambiente o actividad	Nivel de iluminación recomendado (lux)
Orientación solamente	Zonas de tráfico	20
Tarea visual fácil	Plantas de producción con actividades ocasionales Trabajos bastos de montaje y supervisión.	100 200
Tarea visual normal	Tareas medias, torneado, fresado o calderería, aulas tareas finas, maquinas con utillajes u oficinas	300 500
Tarea visual difícil con pequeños detalles y poco contrastes	Oficinas de supervisión, dibujo, oficinas de gran área. Ensayo de colores, montaje mecánico fino, oficinas abiertas con reflectancias medias.	1 000 1 000
Tarea visual muy difícil	Aseguramiento de la calidad con requerimientos muy altos, reparación de artefactos ópticos o relojería de precisión, procesamiento de textiles.	1 500
Detalles muy finos con muy poco contraste.	Grabado de metales y joyería	2 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Coeficientes de utilización K**

Distr. Típica	Techo	Claro		Semiclaro		Claro	
	Pared	Claro	Semiclaro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
	Piso	Oscuro		Claro		Semiclaro	
	RR						
Luz Indirecta I	0,6	0,27	0,21	0,17	0,11	0,28	0,22
	1,0	0,39	0,33	0,26	0,28	0,42	0,35
	2,0	0,55	0,49	0,36	0,29	0,60	0,52
	3,0	0,61	0,56	0,40	0,34	0,69	0,62
	5,0	0,68	0,64	0,44	0,39	0,78	0,72

Continuación de la tabla XIII.

Luz Semiindirecta SI	0,6	0,24	0,19	0,17	0,11	0,24	0,19
	1,0	0,35	0,30	0,26	0,19	0,37	0,31
	2,0	0,49	0,44	0,36	0,29	0,53	0,47
	3,0	0,55	0,50	0,40	0,34	0,61	0,55
	5,0	0,60	0,57	0,45	0,39	0,68	0,63
Luz Semidirecta SD	0,6	0,34	0,28	0,31	0,24	0,35	0,29
	1,0	0,48	0,42	0,44	0,36	0,50	0,43
	2,0	0,64	0,59	0,58	0,51	0,69	0,62
	3,0	0,70	0,66	0,63	0,57	0,78	0,72
	5,0	0,75	0,72	0,68	0,63	0,86	0,81
Luz difusión general G	0,6	0,26	0,21	0,23	0,16	0,27	0,22
	1,0	0,38	0,33	0,33	0,26	0,40	0,34
	2,0	0,53	0,48	0,44	0,38	0,57	0,51
	3,0	0,59	0,55	0,49	0,44	0,65	0,59
	5,0	0,64	0,61	0,54	0,49	0,73	0,68
Luz directa D	0,6	0,34	0,28	0,33	0,24	0,35	0,28
	1,0	0,49	0,42	0,47	0,37	0,51	0,43
	2,0	0,65	0,60	0,63	0,55	0,71	0,64
	3,0	0,72	0,67	0,69	0,63	0,80	0,74
	5,0	0,78	0,75	0,75	0,71	0,89	0,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Coefficiente de reflexión**

	Color	Coefficiente de reflexión %
Claros	Blanco	75 – 85
	Marfil	70 – 75
	Colores pálidos	60 – 70
Semclaros	Amarillo	55 – 65
	Café claro	45 – 55
	Verde claro	40 – 50
	Gris	30 – 50
Oscuros	Azul	25 – 35
	Rojo	15 – 20
	Café oscuro	10 – 15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Nivel lumínico**

	Ambiente	Luxes
Vivienda	Entrada, corredores	50
	Ambientes de estar	50 – 100
	Cocina, Planchador	400
	Baños	50
	Alumbrado complementario	400 – 600

Continuación de la tabla XV.

Lugares de Trabajo	Oficinas en general	300 – 500
	Contabilidad, dibujo	600
	Fábrica, talleres, área de venta, entre otros.	400 – 500
	Áreas de paso	100
	Vitrinas	500 – 1000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Lámparas fluorescentes**

Tabla de lámparas fluorescentes				
Producto	Largo		Watts	Lúmenes
F20T12/CW	24"	609,6mm	20	1 240
F20T112/WW	24"	609,6mm	20	1 260
F20T12/D	24"	609,6mm	20	1 075
F30T12/D	24"	609,6mm	20	1 900
F40CW	48"	1219,2mm	40	3 100
F40D	48"	1219,2mm	40	2 700
F40CW/RS/SS	48"	1219,2mm	34	2 775
F40WW/RS/SS	48"	1219,2mm	34	2 825
F40D/RS/DD	48"	1219,2mm	34	2 350
F48T12/CW	48"	1219,2mm	39	2 940
F48T12/D	48"	1219,2mm	39	2 500

Continuación de la tabla XVI.

F48T12/CW/SS	48"	1 219,2mm	32	2 550
F72T12/CW	72"	1 828,8mm	55	4 500
F72T12/D	72"	1 828,8mm	55	3 900
F96T12/CW	96"	2 438,4mm	75	6 300
F96T12/WW	96"	2 438,4mm	75	6 400
F96T12/D	96"	2 438,4mm	75	5 400
F96T12/CW/SS	96"	2 438,4mm	60	5 400
F96T12/WW/SS	96"	2 438,4mm	60	5 500
F96T12/D/SS	96"	2 438,4mm	60	4 700

Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Exterior

A continuación se describen las mediciones del exterior.

2.4.1.1. Medición de luxes

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux. Se utiliza también el pie-candela como unidad de nivel de iluminación. Se suele representar el nivel de iluminación con la letra E.

$E = \frac{\Phi}{A}$ Ecuación 8

A

Donde:

E = es el nivel de iluminación en lux

ϕ = flujo luminoso en lumen.

A = área de iluminada en m^2

Siendo 1 pie-candela = 0,76 luxes

En el área externa del hospital no se realizó una medición de luxes con el luxómetro, ya que es mínima la instalación de lámparas, que se encuentran fuera del hospital.

2.4.1.2. Revisión visual

Se encontraron únicamente unas cuantas luminarias en el pasillo de afuera que está en el segundo nivel, como las del interior del mismo, son lámparas fluorescentes de 2 a 4 tubos, pero por lo general están apagadas o esa área no es utilizada frecuentemente en las noches. Se observó en la terraza del hospital que se encontraban varias lámparas tipo estadio, de 1 000Wc/u, tipo MetalHelaide o Metalarc, estas las utilizan más que todo para iluminar los alrededores del hospital y que el paciente tenga una visibilidad en estas áreas por la noche, son mínimos los luxes medidos, pero la finalidad es únicamente para que el paciente no camine por los alrededores del hospital a oscuras.

2.4.1.3. Características de las lámparas e iluminación

Las lámparas instaladas en la terraza del hospital son tipo reflector o también llamadas tipo estadio, utilizan bulbos de 400, 1 000, 1 500W, metalarc o metal helaide, sodio o mercurio, dependiendo la intensidad que se necesite.

En este caso son de 1 000W tipo estadio, con bulbo Metalarc.

2.4.2. Instalaciones especiales

Se describen las instalaciones especiales que se colocarán.

2.4.2.1. Equipo electrónico sensible y crítico

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

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

4. ¿CÓMO DEBERÍAN ESTAR LOS ITEMS DEL INCISO 2?

4.1. Hacer cálculos teóricos

- Cálculo de conductores

El método numérico que se adoptará es el de conductores por regulación, para lo cual es necesario que la caída de tensión en cada conductor no exceda de las reguladas por las normas; la caída de tensión permitida tiene que ser 2 % de la tensión nominal para la acometida y del 3 % para los ramales.

Se deben conocer las siguientes fórmulas:

$$V = I \times R$$

$$P\theta = V \times I \times \cos \theta$$

$$P3\theta = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta$$

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

$$(a \times k)$$

$$P \text{ aparente} = \text{número de lámparas} \times \text{potencia} \times \cos \theta$$

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

$$L = 2 \times d \text{ para circuitos de una fase } L = \sqrt{3} \times d$$

$$e = \frac{I \times L}{1000}$$

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

$$e \times k$$

$$K_{cu} = \text{conductividad del cobre} = \underline{57\text{mm}^2}$$

$\Omega - m \text{ Kal} = \text{conductividad del aluminio} = \underline{36\text{mm}^2}$

$\Omega - m$

Donde:

$v = \text{voltaje}$

$I = \text{corriente}$

$R = \text{resistencia}$

$P\Theta = \text{potencia monofásica}$

$P3\Theta = \text{potencia trifásica}$

$\text{Cos } \Theta = \text{factor de potencia}$

$a = \text{sección transversal en } \text{mm}^2$

$K = \text{conductividad}$

$e = \text{porcentaje de caída de tensión}$

$L = \text{longitud en metros}$

- Segundo nivel

En el segundo nivel se obtuvieron detalles de la cantidad de luminarias de la oficina de jefatura, se revisó el panel eléctrico y el calibre del conductor que se encuentra en dicho nivel, es número 12, es similar al del primer nivel.

- Primer nivel

Datos:

$d = 46,2$

lamparas = 7

Watts = 80

$$\cos \Theta = 1$$

$$V = 120$$

$$k = 57$$

- Cálculos:

$$P \text{ aparente} = \# \text{ de lamparas} * \text{watts por lampara} * \cos \Theta$$

$$P \text{ aparente} = 400 \text{ VA}$$

$$L = 2 * d$$

$$L = 93,4 \text{ metros}$$

$$I = P \text{ aparente} / V \quad I = 3,40 \text{ amps}$$

$$e = 0,04 * V \quad e = 3,8$$

$$a = (I * L) / (e * k)$$

$$a = 1,53 \text{ mm}^2 \text{ calibre 14}$$

- Primer nivel

Datos

$$d = 46,2$$

$$\# \text{ lamparas} = 7$$

$$\text{Watts} = 80$$

$$\cos \Theta = 1$$

$$V = 120$$

$$k = 57$$

Cálculos

$$P \text{ aparente} = \# \text{ de lámparas} * \text{Watts por lámpara} * \text{Cos } \Theta$$

$$P \text{ aparente} = 400 \quad \text{VA}$$

$$L = 2 * d$$

$$L = 93,4 \text{ metros}$$

$$I = P \text{ aparente} / V \quad I = 3,40 \quad \text{Amps}$$

$$e = 0,04 * V \quad e = 3,8$$

$$a = (I * L) / (e * k)$$

$$a = 1,53 \text{ mm}^2 \text{ calibre } 14$$

Datos:

$$d = 11,95$$

$$\# \text{ lámparas} = 7$$

$$\text{Watts} = 80$$

$$\text{cos } \Theta = 1$$

$$V = 120$$

$$k = 57$$

- Cálculos

$$P \text{ aparente} = \# \text{ de lámparas} * \text{Watts por lámpara} * \text{Cos } \Theta$$

$$P \text{ aparente} = 400 \quad \text{VA}$$

$$L = 2 * d$$

$L = 23.90$ metros

$I = P \text{ aparente} / V = 3,40$ amps

$e = 0,04 * V = 3,8$

$a = (I * L) / (e * k)$

$a = 0,39 \text{ mm}^2$ calibre 18

De acuerdo a los resultados, haciendo el cálculo de la longitud máxima y mínima de las luminarias (7 unidades), se puede observar que el rango del calibre debería ser #18 a #14. En el segundo nivel el calibre instalado es #12 (25A).

- Cálculo de tuberías

La tubería tiene como fin proteger a los conductores del daño físico del ambiente y también protege a las instalaciones, ya que al producirse un corto circuito se ocasiona un arco provocando incendio. Asimismo la tubería debe tener facilidad para manipular los conductores instalados.

Al tener conductores de varios números, se requiere que exista buena relación entre la sección transversal del conductor y la canalización, esto es llamado factor de relleno; para el cálculo de la tubería se utiliza la siguiente fórmula:

$F = a / A$ Donde:

F = es el factor de relleno

a = es la sección transversal del conjunto de conductores A = la sección transversal de la canalización

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

53 % para un conductor 40 % para dos conductores
31 % para tres o más conductores

Cabe recordar que los cálculos son teóricos y fueron elaborados en base al equipo puesto.

- Cálculo de tuberías para el 2 nivel:
 - Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

$$a = 0,0251 \text{ (para calibre \#12)}$$

$$F = 0,31 \text{ (más de 3 conductores)}$$

$$\# \text{ de conductores} = 4$$

$$A = 0,32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}] \quad D = \text{SQRT} 0,41238$$

$$D = 0,64216 \text{ pulgadas } 3/4" = 0,75 \text{ in}$$

Los conductores de distintos circuitos de luminarias se colocan dentro de una canaleta de dos pulgadas de alto x cuatro pulgadas de ancho, que recorre por todo el techo a cada lámpara. Los conductores se encuentran en dicha canaleta.

- Tablero de Fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

a= 0,0251 (para un calibre #12)

F= 0,31 (más de 3 conductores)

de conductores= 4

$$A = 0,32395$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}] \quad D = \text{SQRT} \quad 0,41225$$

$$D = 0,64195 \text{ in} \quad 3/4" = 0,75 \text{ in}$$

Cálculo de tuberías para el 1 nivel:

Tablero de Iluminación

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

a= 0,0206 (para un calibre #14)

F= 0,31 (más de 3 conductores)

de conductores= 4

$$A = 0,26575$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}] \quad D = \text{SQRT} \quad 0,33765$$

$$D = 0,58220 \text{ in} \quad 3/4" = 0,75 \text{ in}$$

Los conductores de distintos circuitos de luminarias se colocan en una canaleta de dos pulgadas de alto x cuatro pulgadas de ancho, esta recorre todo el techo a cada lámpara. Los conductores se encuentran en dicha canaleta.

- Tablero de fuerza

$$A = a / F$$

a = # de conductores * sección transversal del conductor

a = 0,0251 (para un calibre #12)

F = 0,31 (más de 3 conductores)

de conductores= 4

$$A = 0,32387$$

$$D = \text{SQRT} [(4 * A) / \text{PI}] \quad D = \text{SQRT} \quad 0,41138$$

$$D = 0,64121 \text{ in } 3/4" = 0,75 \text{ in}$$

- Cálculo de luminarias

Datos

- Nivel de iluminación, el trabajo elaborado está clasificado como categoría D, el nivel de iluminación es de 400 lux.
- Factor de mantenimiento, se asume buen mantenimiento y se adopta un factor de mantenimiento de 0,72.
- Características de lámparas fluorescentes, dos tubos de 40 watts, el número de lúmenes es igual a 3 100 lúmenes en cada tubo.

- Segundo nivel

Tabla XVII. **Área de laboratorios**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias con relación al ambiente, se tiene:

W = ancho

L = largo

h = altura

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de mantenimiento = 0,72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6 200
Luxes = clínicas = 400 luxes	400

- Variables

- L = 2,52
- W = 17,5
- K = 0,8

Número de luminarias = 48,33

Se utilizarán 49 lámparas de 40 watts.

Tabla XVIII. **Departamento de procesos técnicos (área #1)**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminaria

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

W = 4,5

L = 25,20

h = 2,95

$$RR = 1,29$$

Interpolando

RR	K
1	0,51
1,4	X
3	0,71

$$X = K = 0,49$$

$$\text{Interpolación} \frac{(1 - 1,4) = (0,41 - X)}{(1 - 3)(0,41 - 0,69)}$$

Con los datos y aplicando la ecuación para calcular el número de luminarias, tenemos:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * LUXES)}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

$$\text{Factor de mantenimiento} = 0,72 \quad 0,72$$

$$\text{Lúmenes por tubo} = 3 \text{ 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)} \quad 6200$$

$$\text{Luxes} = \text{clínicas} = 400 \text{ Luxes} \quad 400$$

- Variables

$$L = 19$$

$$W = 4,95$$

$$K = 0,49$$

Número de luminarias = 15,75

Se utilizarán 16 lámparas de 40 watts.

Esta oficina tiene un lado que da con la parte exterior del hospital, en donde se encuentran las ventanas de igual altura del techo, no habrán problemas para trabajar.

Primer nivel

Tabla XIX. **Entrada a maternidad**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 8,85$$

$$L = 14,58$$

$$h = 3,40$$

$$RR = 1.7$$

Tabla XX. **Maternidad**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias con relación al ambiente W =ancho

L = largo

h = altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 6,25$$

$$L = 9,25$$

$$h = 3,55$$

RR= 1,01

Tabla XXI. **Área de ingreso**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

W = 13,45

L = 22,21

h = 3,50

RR= 2,3

Tabla XXII. Clínicas

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

W = 10,95

L = 11,85

h = 3,45

RR= 1,5

Interpolando

RR	K
1	0,39
1.5	X
2	0,7

$$X = K = 0,561$$

$$\text{Interpolación} \frac{(1 - 1.7)}{(1 - 1.7)} = \frac{(0,39 - X)}{(0,39 - 0,7)}$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular la cantidad de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de manto}}$$

Constantes

Factor de Manto = 0,65	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = clínicas = 400 Luxes	400

Variables

$$L = 13,58$$

$$W = 12,45$$

$$K = 0,561$$

$$\text{Número de luminarias} = 28,91$$

Se utilizarán 29 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que recorre la parte exterior del hospital, es el lado donde se atiende al paciente, todas las ventanas son de igual altura al techo, durante el día el nivel de iluminación es bueno.

Tabla XXIII. Laboratorio

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 4,20$$

$$L = 5,35$$

$$h = 3,50$$

$$RR = 0,72$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de Mantenimiento = 0.72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = clínicas = 400 Luxes	400

VARIABLES

$$L = 5,35$$

$$W = 4,20$$

$$K = 0,30$$

$$\text{Número de luminarias} = 6,59$$

Se utilizarán 7 lámparas de 40 watts.

Tabla XXIV. **Entrada a pediatría**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 5,55$$

$$L = 6,20$$

$$h = 3,45$$

$$RR = 0,98$$

Interpolando

RR	K
0,5	0,30
0,9	X
1	0,39

$$X = K = 0,39$$

$$\text{Interpolación } \frac{(0,5 - 0,9)}{(0,5 - 1)} = \frac{(0,30 - X)}{(0,30 - 0,39)}$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

$$\text{Factor de mantenimiento} = 0,72 \qquad 0,72$$

$$\text{Lúmenes por tubo} = 3\ 100 \text{ por cada tubo de } 40W \text{ (son 2 tubos)} \qquad 6200$$

$$\text{Luxes} = \text{clínicas} = 400 \text{ Luxes} \qquad 400$$

Variables

$$L = 5,35$$

$$W = 5,4$$

$$K = 0,39$$

Número de luminarias = 8,20

Se utilizarán 9 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que recorre la parte exterior del hospital, en donde se localizan las ventanas de igual altura al techo. Durante el día el nivel de iluminación es bueno.

Tabla XXV. **Pediatría**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando la cantidad de luminarias con relación al ambiente W =ancho

L = largo

h = altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 4,20$$

$$L = 6,35$$

$$h = 3,50$$

$$RR = 0,7$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de mantenimiento = 0,72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = clínicas = 400 Luxes	400

Variables

$$L = 5,17$$

$$W = 3,55$$

$$K = 0,28$$

$$\text{Número de luminarias} = 8,32$$

Se utilizarán 9 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que cubre parte exterior del hospital, en donde se encuentran las ventanas de igual altura al techo. Durante el día el nivel de iluminación es bueno.

Tabla XXVI. **Sección de rayos X**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando el número de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

W = 5

L = 5

h = 3,45

$$RR = 0,9$$

Interpolando

RR	K
0,8	0,30
0,8	X
1	0,39

$$X = K = 0,41$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de mantenimiento = 0,72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = Clínicas = 400 Luxes	400

Variables

$$L = 5$$

$$W = 5$$

$$K = 0,39$$

$$\text{Número de luminarias} = 8,30$$

Se utilizarán 9 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que recorre la parte exterior del hospital, en donde se ubican las ventanas de igual altura al techo. Durante el transcurso del día el nivel de iluminación es bueno.

Tabla XXVII. **Cocina**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando la cantidad de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

$$W = 7,15$$

$$L = 20$$

$$h = 3,45$$

$$RR = 2,2$$

Interpolando

RR	K
1	0,65
1,6	X
2	0,70

$$X = K = 0,75$$

$$\text{Interpolación } \frac{(1 - 1,6)}{(1 - 2)} = \frac{(0,70 - X)}{(0,65 - 0,70)}$$

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de mantenimiento = 0,72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = clínicas = 400 Luxes	400

Variables

$$L = 15$$

$$W = 5$$

$$K = 0,50$$

$$\text{Número de luminarias} = 14,10$$

Se utilizarán 15 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que recorre el ancho con ventanas de igual altura al techo, durante el día el nivel de iluminación es bueno.

Tabla XXVIII. **Área de neonatología**

	Color	Coefficiente de reflexión (ver anexo A)	Clasificación de colores (ver anexo A)
Techo	Blanco	0,8	Claro
Pared	Blanco	0,8	Claro
Piso	Gris	0,4	Semiclaro

Fuente: elaboración propia.

Solución

Calculando la cantidad de luminarias

W=ancho

L= largo

h= altura

$$RR = \frac{(W * L)}{h * (W + L)}$$

W = 4,20

L = 5,20

h = 3,50

RR= 0,9

Con los datos obtenidos se aplica la ecuación para calcular el número de luminarias, quedando así:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{(L * W * \text{LUXES})}{(\text{Lúmenes por tubo}) * K * \text{factor de mantenimiento}}$$

Constantes

Factor de mantenimiento = 0,72	0,72
Lúmenes por tubo = 3 100 por cada tubo de 40W (son 2 tubos)	6200
Luxes = clínicas = 400 Luxes	400

Variables

$$L = 4,95$$

$$W = 3,8$$

$$K = 0,35$$

$$\text{Número de luminarias} = 6,15$$

Se utilizarán 7 lámparas de 40 watts.

Esta área tiene un lado que recorre a lo largo la parte exterior del hospital donde se ubican ventanas que son de igual altura al techo. Durante el día el nivel de iluminación es bueno.

5. COMPARACIÓN DE DATOS

Se presentarán tablas para comparar valores reales con valores teóricos realizados.

5.1. Obtención de resultados

Medición de luxes:

Se utilizó un luxómetro, este equipo es especial para lograr la medición de la intensidad de iluminación en toda el área, las mismas se realizaron a una altura de 1,75m.

Se realizaron mediciones con el equipo en cada área de ambos niveles del hospital. Se unificaron y se elaboró un promedio.

Tabla XXIX. **Comparación de luxes por nivel**

ÁREA DE MEDICIÓN	LUXES TEÓRICOS	LUXES REALES
SEGUNDO NIVEL	350 - 650	100,5
PRIMER NIVEL	350 - 650	150,10

Fuente: elaboración propia.

6. IMPACTO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES DEL HOSPITAL Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

6.1. Inversión vrs ahorro

Respecto a la propuesta económica, se pretende tener la instalación segura y correcta; para esto se incluyen datos que servirán de referencia para realizar las correcciones.

Tabla XXX. Precios de conductores

CALIBRE	PRECIO POR METRO
12	Q2,90
10	Q4,40
8	Q7,62
6	Q11,50
4	Q15,10
2	Q19,51

Fuente: elaboración propia.

- Repuestos

Los repuestos descritos en la tabla son para poder reparar componentes en mal estado.

Tabla XXXI. **Precios de repuestos averiados**

CANTIDAD	REPUESTO	PRECIO UNITARIO
	Lámpara 2x40W c/ difusor prismático	Q240,00
	Tubo 40"	Q6,50
1	Interruptor trifásico 1 600A	Q21 250,00
5	Interruptor trifásico 600A	Q6 585,00
4	Gabinete 1 200x800x600mm (Alto x ancho x profundidad)	Q4 525,00
1	Transformador Padmounted 500kVA 13.9kV Primario, 208/120V secundario Pérdidas estándar	Q148 000,00

Fuente: elaboración propia.

En el tablero de distribución, se debe considerar la mano de obra del distribuidor para poder adquirir el panel armado y únicamente el técnico desarrolle las uniones de cada interruptor.

Se debe considerar también mano de obra certificada al montar el transformador.

6.2. Interacción del hospital y la red de distribución

No presenta posibilidad de incorporarse como usuario grande dado que su historial de consumo no sobrepasa los 100KW que es lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Electricidad, es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios (Kw.), y dado que su consumo promedio en KW es menor a esta cantidad no es posible que sea incorporado a la red como gran usuario.

CONCLUSIONES

Número de luminarias:

1. Respecto al número de luminarias del hospital, se observa que en la mayor parte, el número teórico es mayor a la cantidad de luminarias físicas que se encuentran. Lo cual indica que las luminarias se localizan en condiciones malas.
2. Esto no incrementa por igual la intensidad de iluminación en todas las áreas, por lo que se debe tomar en cuenta al colocar las luminarias faltantes en el hospital.

Tableros secundarios, cableado, canaleta y tubería:

3. Se pudo observar que el hospital se encuentra en condiciones funcionales, no se detectaron problemas. Si se desea hacer una nueva instalación se aconseja colocar materiales nuevos.
- Corriente: se encuentra con un mínimo desbalance.
 - Voltaje: es considerable, con rango de 118V a 125V, el cual no ocasiona problemas.
 - Frecuencia: preferiblemente 60Hz, pero no se detectó variaciones de la misma.

- Factor de potencia: se encuentra entre 0,89 y 0,96, que es correcto.
 - Potencias: sSon constantes.
 - Tablero principal:
4. Se encuentra en mal estado y los bornes del *breaker* principal están corroídos por filtraciones de agua. El polvo abunda en el interior y algunos cables se encuentran dañados y mal aislados.

RECOMENDACIONES

Medición de luxes:

1. Planificar un mantenimiento correctivo a todo el sistema de iluminación del hospital, hay laboratorios, por lo que debe tener una intensidad de luxes correcta.
2. Cantidad de luminarias: colocar la cantidad correcta de luminarias en cada una de las áreas del hospital.
3. Tubería: Inspeccionar la tubería completa ya que se encuentran dañados en algunas áreas.
4. Transformador: respecto a mediciones realizadas en el secundario, se detectó desbalance de corriente y voltaje en las fases.

BIBLIOGRAFÍA

1. SAFFORD, Edgard. *Instalaciones e iluminación para Hogares y Oficina*, México: Limusa, 1995. 110 p.
2. AVALLONE, Eugene. *Manual de Ingeniero Eléctrico*. 9a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1997. 78 p.
3. HARPER, Enrique. *Manual de instalaciones residenciales*. México: Limusa, 1989. 586 p.
4. ————. *El ABC de las instalaciones Eléctricas*. . 3a ed. México: Limusa, 1994. 325 p.
5. MÉNDEZ, Luis. *Guía para el manual de instalaciones*. Trabajo de graduación de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 250 p.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías del hospital



Fuente: Hospital Regional de Cobán, Alta Verapaz.

