



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL REDISEÑO EN LAS
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL “ASDRÚBAL DE
LA TORRE” EN COTACACHI.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en Ingeniero Eléctrico

AUTOR:

Emerson Gerardo Flores Sarzosa

DIRECTOR:

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca MSc.

Ibarra – Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004859979		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Flores Sarzosa Emerson Gerardo		
DIRECCIÓN:	Imbabura - Cotacachi - Calle 24 de Mayo y Morales		
EMAIL:	egfloress@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0961046477

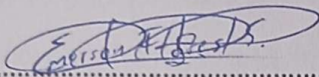
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Propuesta técnica para el rediseño en las instalaciones eléctricas del hospital "Asdrúbal de la Torre" en Cotacachi."
AUTOR (ES):	Emerson Gerardo Flores Sarzosa
FECHA: DD/MM/AAAA	12/06/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	☒ PREGRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Isabel Quinde MSc.

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de junio de 2025

EL AUTOR:



.....
Flores Sarzosa Emerson Gerardo
C.I. 1004859979
0961046477



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACION DEL DIRECTOR

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca MSc.

Certificación

Posteriormente de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Flores Sarzosa Emerson Gerardo, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado **“Propuesta técnica para el rediseño en las instalaciones eléctricas del hospital “Asdrúbal de la Torre” en Cotacachi”**. Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



DEDICATORIA

A mi madre Blanca Sarzosa del Rocío, quien con su apoyo incondicional brindó la fuerza necesaria para poder culminar mis estudios. Siempre estuvo presente de muchas maneras a lo largo de mi carrera, animándome para no rendirme y conseguir todas las metas que me propuse. Este logro lo dedico de todo corazón, y es el inicio de muchos más que deseo lograr, teniendo la satisfacción de culminar este proceso formativo en la prestigiosa Universidad Técnica del Norte.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la fuerza de voluntad que la vida me dio, ya que gracias a la misma no desistí a lo largo del camino como estudiante, el esfuerzo que me llevó a poder seguir preparándome cada día y alcanzar el objetivo de graduarme. A mis padres, que fueron pilar fundamental tanto en consejos, como en su apoyo incondicional. A mis docentes que con su conocimiento ayudaron a fortalecer mi aprendizaje, confiando en mí y que podría lograrlo teniendo una educación digna impartida por todos los que conforman el cuerpo docente de la Universidad Técnica del Norte.

Pero en especial agradecimiento a la MSc. Isabel Quinde, quien me brindó sus conocimientos, guiándome para la realización del proyecto, la misma que es una inspiración como profesional para mi persona y seguir superándome.



Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.1.1 Formulación del problema	14
1.2 Objetivo general.....	14
1.2.1 Objetivos específicos.....	14
1.3 Alcance.....	14
1.4 Justificación	15
1.5 Antecedentes	16
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Principios de la electricidad:	21
2.1.1 Corriente eléctrica:	21
2.1.2 Voltaje o tensión eléctrica:	21
2.1.3 Resistencia eléctrica:	21
2.1.4 Potencia eléctrica:	21
2.2 Sistemas de distribución eléctrica:	22
2.2.1 Sistemas monofásicos	22
2.2.2 Sistemas trifásicos	23
2.3 Elementos de las instalaciones eléctricas:.....	25
2.3.1 Tableros	25
2.3.2 Dispositivos de protección	26
2.3.2.1 El interruptor automático:.....	26
2.3.2.2 Los fusibles:.....	26



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



2.3.2.3 Un relé de protección:.....	26
2.3.3 Conductores.....	27
2.3.3.1 Tipos de Conductores	27
2.3.3.2 Calibre de los conductores.....	27
2.3.3.3 Aislamiento de los conductores	29
2.3.3.4 Norma de colores para los conductores	29
2.3.4 Sistemas de canalización.....	30
2.3.5 Sistemas de puesta a tierra	31
2.4 Sistemas de respaldo y emergencia:	32
2.4.1 Generadores de emergencia	33
2.4.2 Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)	34
2.4.3 Alumbrado de emergencia.....	34
2.5 Normativa y estándares para instalaciones eléctricas en hospitales	35
2.5.1 Normativas nacionales	35
2.5.2 Normativa internacional.....	36
2.5.3 Seguridad eléctrica	37
CAPÍTULO 3	
MÉTODOS Y MATERIALES	
3.1 Introducción metodológica	38
3.2 Descripción del área de estudio	38
3.3 Metodología	40
3.3.1 Métodos.....	40
3.3.1.1 Enfoque.....	41
3.3.1.2 Técnicas	41
3.3.1.3 Herramientas.....	41
3.3.2 Procedimiento.....	42
3.4 Materiales.....	42
3.4.1 AUTOCAD.....	43
3.4.2 Plano Arquitectónico	43
3.4.3 Parámetros de Diseño.....	43
3.4.3.1 Caída de tensión	43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



3.4.3.2 Intensidades máximas admisibles.....	45
3.4.3.3 Protecciones.....	46
3.4.3.4 Iluminación.....	46
3.4.4 Registro de Carga Instalada.....	47
3.4.5 Telurómetro	48

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Estado actual de la instalación eléctrica del Hospital “Asdrúbal de la Torre”.....	50
4.1.1 Levantamiento de Cargas en el Sistema de iluminación.....	50
4.1.2 Levantamiento de cargas en el sistema de fuerza	54
4.1.3 Tablero general de distribución	55
4.1.4 Generador de Emergencia	56
4.1.5 Diagnóstico de la instalación eléctrica	57
4.2 Rediseño del Hospital “Asdrúbal de la Torre”	58
4.2.1 Sistema de Iluminación	59
4.2.1.1 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 1 (TS1).....	64
4.2.1.2 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 2 (TS2).....	66
4.2.1.3 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 3 (TS3).....	69
4.2.1.4 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 4 (TS4).....	72
4.2.1.5 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 5 (TS5).....	74
4.2.1.6 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 6 (TS6).....	76
4.2.1.7 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 7 (TS7).....	79
4.2.1.8 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 8 (TS8).....	82
4.2.1.9 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 9 (TS9).....	85
4.2.2 Sistema de Fuerza.....	87
4.2.2.1 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 1 (TS1)	87
4.2.2.2 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 2 (TS2)	89
4.2.2.3 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 3 (TS3)	92
4.2.2.4 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 4 (TS4)	93
4.2.2.5 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 5 (TS5)	94
4.2.2.6 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 6 (TS6)	95



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



4.2.2.7 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 7 (TS7)	97
4.2.2.8 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 8 (TS8)	99
4.2.2.9 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 9 (TS9)	102
4.2.3 Cargas Especiales	103
4.2.4 Dimensionamiento de Protecciones	104
4.2.4.1 Protecciones en el Circuito de iluminación	104
4.2.4.2 Protecciones en el Circuito de Fuerza	105
4.2.4.3 Distribución de Protecciones	105
4.2.5 Dimensionamiento del grupo Electrónico	107
4.2.6 Sistema de Puesta a Tierra.....	108
4.2.6.1 Determinación del lugar para realizar el mallado.....	108
4.2.6.2 Cálculo de Resistividad	109
4.2.6.3 Cálculo de Voltajes de Paso y Contacto Tolerables	111
4.2.6.4 Cálculo de la Resistencia en Malla.....	111
4.2.7 Balance de las cargas y corrientes del sistema eléctrico	112
4.3 Presupuesto Referencial.....	114
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 American Wire Gauge (AWG) [33] Conductores	28
Tabla 2 Consumo del sistema de iluminación	51
Tabla 3 Diagnóstico de las instalaciones eléctricas	57
Tabla 4 Comparación entre tubo fluorescente y tubo led	59
Tabla 5 Circuito de iluminación C1 TS1 Fase 1	64
Tabla 6 Circuito de iluminación C2 TS1 Fase 1	65
Tabla 7 Circuito de iluminación C3 TS1 Fase 1	66
Tabla 8 Circuito de iluminación C1 TS2 Fase 1	67
Tabla 9 Circuito de iluminación C2 TS2 Fase 1	67
Tabla 10 Circuito de iluminación C3 TS2 Fase	68
Tabla 11 Circuito de iluminación C4 TS2 Fase	69
Tabla 12 Circuito de iluminación C1 TS3 Fase 1	70
Tabla 13 Circuito de iluminación C2 TS3 Fase 1	70
Tabla 14 Circuito de iluminación C3 TS3 Fase 1	71
Tabla 15 Circuito de iluminación C1 TS4 Fase 1	72
Tabla 16 Circuito de iluminación C2 TS4 Fase 1	73
Tabla 17 Circuito de iluminación C1 TS5 Fase 1	74
Tabla 18 Circuito de iluminación C2 TS5 Fase 1	75
Tabla 19 Circuito de iluminación C1 TS6 Fase 1	77
Tabla 20 Circuito de iluminación C2 TS6 Fase 1	77
Tabla 21 Circuito de iluminación C3 TS6 Fase 1	78
Tabla 22 Circuito de iluminación C1 TS7 Fase 1	79
Tabla 23 Circuito de iluminación C2 TS7 Fase 1	80
Tabla 24 Circuito de iluminación C3 TS7 Fase 1	81
Tabla 25 Circuito de iluminación C1 TS8 Fase 1	82
Tabla 26 Circuito de iluminación C2 TS8 Fase 1	83
Tabla 27 Circuito de iluminación C3 TS8 Fase 1	84
Tabla 28 Circuito de iluminación C1 TS9 Fase 1	85



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



Tabla 29 Circuito de iluminación C2 TS9 Fase 1	86
Tabla 30 Circuito de Fuerza C4 TS1 Fase 2	87
Tabla 31 Circuito de Fuerza C5 TS1 Fase 2	88
Tabla 32 Circuito de Fuerza C5 TS2 Fase 2	89
Tabla 33 Circuito de Fuerza C6 TS2 Fase 2	90
Tabla 34 Circuito de Fuerza C7 TS2 Fase 2	91
Tabla 35 Circuito de Fuerza C4 TS3 Fase 2	92
Tabla 36 Circuito de Fuerza C3 TS4 Fase 2	93
Tabla 37 Circuito de Fuerza C3 TS5 Fase 2	94
Tabla 38 Circuito de Fuerza C4 TS6 Fase 2	95
Tabla 39 Circuito de Fuerza C5 TS6 Fase 2	96
Tabla 40 Circuito de Fuerza C4 TS7 Fase 2	98
Tabla 41 Circuito de Fuerza C5 TS7 Fase 2	99
Tabla 42 Circuito de Fuerza C4 TS8 Fase 2	100
Tabla 43 Circuito de Fuerza C5 TS8 Fase 2	101
Tabla 44 Circuito de Fuerza C3 TS9 Fase 2	102
Tabla 45 Circuitos Duchas Eléctricas Fase 1	103
Tabla 46 Equipos especiales	103
Tabla 47 Protecciones Tablero General	105
Tabla 48 Balance de Cargas.....	113
Tabla 49 Balance de Corrientes	113
Tabla 50 Presupuesto General	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Reglamento Técnico Colombiano de Instalaciones Eléctricas [47].....	30
Figura 2 Canalización para conductores [34]	31
Figura 3 Ubicación del “Hospital Asdrúbal de la Torre” [54]	39
Figura 4 Croquis Hospital “Asdrúbal de la Torre” [54]	39
Figura 5 Metodología de investigación	42
Figura 6 Niveles de iluminación recomendados por Sylvania según normativas de INTECO y IESNA [55]	47
Figura 7 Comprobador de puesta a tierra DUOYI DY4300 [53]	48
Figura 8 Consumo del sistema de fuerza.....	55
Figura 9 Tablero General de las Instalaciones Eléctricas	55
Figura 10 Grupo Electrónico de emergencia actual de las instalaciones.....	56
Figura 11 Especificaciones de luminaria LED Tube PC 18W (pág. 151), Catálogo de Sylvania 2024 [56]	60
Figura 12 Especificaciones del bombillo tipo LED de 12 W (pág. 133), Catálogo de Sylvania 2024 [56]	61
Figura 13 Simbología de luminarias.....	62
Figura 14 Dimensiones para el cálculo de luxes	63
Figura 15 Simbología para tomacorriente	87
Figura 16 Ubicación del mallado para puesta a tierra	109
Figura 17 Imagen referencial puesta a tierra	109
Figura 18 Medición de Resistividad del suelo	110



RESUMEN

La finalidad de este proyecto es un rediseño modernizador del sistema eléctrico del Hospital Asdrúbal de la Torre ubicado en Cotacachi, puesto que la instalación eléctrica que presenta actualmente presenta falencias respecto a la Normativa Ecuatoriana de Construcción, además de no poseer planos eléctricos ni registros que respondan a un adecuado mantenimiento; se utilizaron una investigación de campo y teórica para corroborar el mayor beneficio. Realizando el diagnóstico del sistema eléctrico después de una visita técnica con la finalidad de inspeccionar la distribución de los circuitos. Para cumplir con la propuesta, se demuestra que el sistema eléctrico requiere de un mejoramiento en los componentes de este, aplicando normativas estandarizadas que garanticen la seguridad y confiabilidad. El diagnóstico del sistema eléctrico en estudio facultará obtener datos ciertos y relevantes con el fin de mejorar los parámetros como fuerza e iluminación del hospital. Como parte fundamental del proyecto, se realizará el levantamiento y digitalización de planos eléctricos en AutoCAD, incluyendo diagramas unifilares, distribución de circuitos y el diseño del sistema de emergencia que garantice la continuidad del servicio en áreas críticas como prioridad, además de toda la infraestructura. Mientras que con el rediseño, se da solución a factores expuestos y detallados en los diferentes capítulos de esta investigación; por lo tanto, se deduce que el rediseño del sistema eléctrico del Hospital “Asdrúbal de la Torre” mejorará parámetros físicos, con lo cual aumenta la seguridad y correcto funcionamiento del sistema eléctrico en la atención a pacientes, así como el desempeño del equipo médico, personal médico y administrativo en el desarrollo de sus funciones diarias.

Palabras claves: Eléctrico, Normativa, Tableros de Distribución, Protecciones, Instalaciones Eléctricas, Sistema de Emergencia, Planos Eléctricos, AutoCAD.



ABSTRACT

The purpose of this project is a modernizing redesign of the electrical system at Hospital “Asdrúbal de la Torre” located in Cotacachi. The current electrical installation presents deficiencies regarding the Ecuadorian Construction Regulations, in addition to lacking electrical plans or records that reflect adequate maintenance. Field and theoretical research were used to corroborate the greatest benefit. The diagnosis of the electrical system was carried out after a technical visit to inspect the distribution of circuits. To fulfill the proposal, it is demonstrated that the electrical system requires an improvement in its components, applying standardized regulations that guarantee safety and reliability. The diagnosis of the electrical system under study will provide accurate and relevant data in order to improve parameters such as power and lighting in the hospital. As a fundamental part of the project, electrical plans will be surveyed and digitized in AutoCAD, including single line diagrams, circuit distribution, and the design of the emergency system that guarantees service continuity in critical areas as a priority, in addition to the entire infrastructure. Meanwhile, the redesign provides solutions to factors exposed and detailed in the different chapters of this research; therefore, it is deduced that the redesign of the electrical system at Hospital "Asdrúbal de la Torre" will improve physical parameters, thereby increasing the safety and proper functioning of the electrical system in patient care, as well as the performance of the medical team, medical and administrative staff in the performance of their daily functions.

Keywords: Electrical, Regulations, Distribution Panels, Protections, Electrical Installations, Emergency System, Electrical Plans, AutoCAD.



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Las instalaciones eléctricas en ambientes hospitalarios cumplen una función muy importante debido a los equipos de soporte vital que se tienen en uso continuo, tomando como prioridad el correcto funcionamiento de estos sin generar problemas eléctricos que podrían ser perjudiciales para la vida de los pacientes.

La existencia de problemas en las instalaciones eléctricas ya sea debido a cálculos erróneos, a tiempo de vida de los elementos o por mal uso de estas, conlleva fallas graves dentro del sistema hospitalario, lo cual puede desencadenar situaciones críticas en la salud de quienes dependen de estos equipos.

Se recomienda que se realicen permanentemente mantenimientos preventivos a las instalaciones, según normativas que establecen que las instalaciones tienen un tiempo de vida de alrededor de 20 a 25 años, siempre que hayan recibido los constantes mantenimientos.

El hospital “Asdrúbal de la Torre”, ubicado en Cotacachi desde 1977, posee su infraestructura original y por el aumento poblacional ha incrementado su infraestructura incluyendo el equipamiento médico, es por ello que se debía realizar la reestructuración de las instalaciones eléctricas, al igual que el cálculo de la demanda para la instalación del generador eléctrico que abastezca el crecimiento del hospital.

Debido al tiempo de funcionamiento de la institución hospitalaria los principales problemas eléctricos que se pueden presentar son: la deficiencia en las instalaciones eléctricas lo que afecta el funcionamiento de los equipos médicos además de influir en la seguridad tanto del personal como de los pacientes, cargas instaladas que no se encuentren correctamente divididas en el tablero, circuitos antiguos propensos a fallos, sobrecargas o cortocircuitos, conexión a cargas de maquinaria médica especial en circuitos no dedicados, falta de planificación en expansiones futuras para aumento de las conexiones

eléctricas, incumplimiento de normativas nacionales como internacionales, falta de documentación de las instalaciones eléctricas, entre otras.

La poca previsión para el crecimiento de las instalaciones eléctricas y su mantenimiento a lo largo de los años disminuye la fiabilidad y seguridad de estas tanto por desgaste (ocurrido por las condiciones ambientales) como por el material del conductor utilizado.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cómo rediseñar las instalaciones eléctricas del hospital “Asdrúbal de la Torre” cumpliendo con la normativa internacional para instituciones médicas?

1.2 Objetivo general

Proponer el rediseño de las instalaciones eléctricas en el hospital “Asdrúbal de la Torre”, a través del diagnóstico previo de sus instalaciones actuales y basándose en normativas nacionales e internacionales.

1.2.1 Objetivos específicos

- Describir las bases teóricas de las instalaciones eléctricas y sus elementos, así como también la normativa y estándares necesarios para instalaciones eléctricas en centros hospitalarios.
- Analizar el estado actual de las instalaciones eléctricas del hospital “Asdrúbal de la Torre”.
- Elaborar el rediseño eléctrico en base a la normativa tanto local como internacional para instalaciones hospitalarias.

1.3 Alcance

El alcance del proyecto se enfoca en el rediseño exclusivo del sistema eléctrico del hospital “Asdrúbal de la Torre”, a partir del tablero principal de las instalaciones ya que el transformador instalado por la empresa eléctrica sí abastece a la demanda existente.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Este proceso implica una evaluación exhaustiva de las instalaciones eléctricas existentes, identificando áreas que se pueden mejorar, teniendo en cuenta los requisitos específicos. Se recopilará información respecto a la distribución de cargas, ubicación de equipos y puntos de conexión eléctrica.

En la elaboración del rediseño de las instalaciones eléctricas se considerarán normativas y estándares locales e internacionales, para garantizar la seguridad y calidad de las instalaciones en un entorno hospitalario. También se incorporará la posibilidad de crecimiento futuro o modificaciones, asegurando la flexibilidad del sistema eléctrico a lo largo de un período comprendido de 10 años.

La documentación incluye planos eléctricos para facilitar la implementación y el mantenimiento del sistema rediseñado. Además, se determinará el dimensionamiento y reubicación del generador trifásico para abastecer la demanda eléctrica del hospital.

De acuerdo con la necesidad que presentan las instalaciones, se realizará el respectivo estudio para el equipo de la puesta a tierra en malla y los materiales que se van a usar en el mismo con normativa, tanto nacional como internacional.

Es importante destacar que este alcance se limita al cálculo de conductores, protecciones, carga instalada del hospital y la presentación de los planos eléctricos del rediseño.

1.4 Justificación

La importancia del estudio radica en la necesidad de que el sistema hospitalario tenga fiabilidad del suministro eléctrico para el correcto funcionamiento de equipos médicos críticos, sistemas de emergencias, iluminación y otros dispositivos esenciales para garantizar suministro eléctrico confiable y estable; con lo que se garantiza la atención médica en el ambiente hospitalario y la vida de los pacientes que dependen de estos equipos médicos críticos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



La implementación de tecnologías eficientes desde el punto energético, tales como iluminación led y equipos eléctricos de bajo consumo contribuyen a la sostenibilidad ambiental del hospital y reduce costos operativos a largo plazo.

El rediseño permitirá que el hospital tenga instalaciones eléctricas que se rigen a la normativa vigente en instituciones médicas porque las mismas se encuentran modificándose constantemente para reducir posibles riesgos por algún problema eléctrico. Al basarse en las nuevas normativas se busca disminuir el consumo eléctrico causado por los sistemas de fuerza y de iluminación, se opta por generar un sistema eléctrico que pueda abastecer la demanda actual que tiene el hospital dado a su crecimiento en los últimos años y adquisición de nuevos aparatos eléctricos de uso médico.

Se busca brindar seguridad tanto para el personal que trabaja en el lugar, así como la instrumentación médica que usa energía eléctrica.

El estudio del requerimiento eléctrico necesario beneficiará a todas las personas que laboran dentro del hospital porque brindará seguridad eléctrica y de personal. También beneficiará a las personas que residen en el cantón y que requieran atención médica hospitalaria o que dependan del uso de instrumentación médica continua, los cambios a realizarse van a contribuir a mejorar la calidad general de los servicios de salud ofrecidos por la institución.

Las autoridades del hospital han brindado la suficiente apertura para acceder a las instalaciones de este y poder realizar el levantamiento de información para la línea base del presente estudio, por lo que se tiene la viabilidad técnica de su ejecución.

1.5 Antecedentes

Hoy en día la Energía Eléctrica se ha convertido en un servicio indispensable en el diario vivir de todas las personas, tanto para la vida personal, como profesional destacando en el servicio de atención médica pronta y oportuna en centros médicos.[1]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



El rediseño está elaborado con la finalidad de solucionar los problemas que existen, se busca renovar el sistema eléctrico en el sector hospitalario por motivo de ser construido sin un objetivo de crecimiento futuro o a su vez adquirir equipos médicos, ya que llegan a ser un sistema obsoleto o ya cumplió su vida útil, esto porque nunca se le realizó ningún tipo de mantenimiento.[2]

La realización de un exhaustivo levantamiento de información referente a la fase inicial de las instalaciones eléctricas permite el correcto diagnóstico de manera previa a la realización de actividades posteriores tomando en cuenta valores anteriores. [3]

Cumpliendo con las recomendaciones instituidas en la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) se puede llevar a cabo instalaciones eléctricas adaptándose a las necesidades específicas de la institución de salud. Así nos permiten dimensionar las protecciones necesarias, seleccionar el calibre adecuado de los conductores y lograr un balance de las cargas óptimo que se encuentre dentro de los valores admisibles. [3]

Los factores que afectan directamente a las instalaciones eléctricas son: las caídas de tensión, los calibres de los conductores y el dimensionamiento de las protecciones eléctricas. Respecto a las condiciones en las que se encuentran la institución se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: la protección de las instalaciones eléctricas, la iluminación impacta en los servicios de salud, el uso de protecciones diferenciales y las medidas de protección contra el contacto directo. [3, 4]

El sistema eléctrico de los centros de salud dependen de dos subsistemas descritos a continuación, Energía Normal y Energía de Emergencia, el sistema de energía normal es alimentado a través del transformador de distribución, que alimentan a todo el hospital, el sistema de emergencia de respaldo provee energía, a través de un grupo electrógeno, programado para suministrar energía eléctrica en caso de ausencia de la red pública, esta energía de emergencia alimenta a los ambientes médicos más críticos del hospital como prioridad.[5]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Se plantea el uso de recurso adecuados para cada equipo biomédico según su consumo y distancia con respecto al tablero de distribución, teniendo en cuenta la normativa especificada en el Código de Electrificación, así como cálculos especiales para determinar el área de sección necesaria para cada línea de alimentación en cada fase de voltaje.[6]

El sistema eléctrico debe considerar la puesta a tierra para proteger a las personas y equipos de cualquier sobre tensión, se debe tomar en cuenta todas las recomendaciones sobre las normas vigentes nacionales e internacionales en la implementación de los sistemas de puesta a tierra.[7]

Para el diseño de los sistemas puesta a tierra se puede referenciar las normas NB-148010 y NB-148009 respectivamente, además de normativa internacionales como IEC, IEEE y ANSI, que aseguran un diseño eficiente y libre de riesgos, permitiendo así la reducción de pérdidas y sobredimensionamientos en el sistema eléctrico.[8]

El rediseño en instalaciones eléctricas se ha convertido en un tema importante en todas las edificaciones ya que las mismas se realizan sin tener en cuenta la expansión o crecimiento que se van a realizar a futuro. “El Hospital de Tercer Nivel Obrero No 1 cuenta con especialidades en medicina y cirugía, se considera una de las mejores instituciones médicas de Bolivia. Se encontraron instalaciones sin mantenimiento desde la creación del hospital además problemas por ampliación, ajustes no planificados, problemas tanto en alimentadores como falencias en protecciones y tableros de distribución mal dimensionados. Como solución a los distintos problemas existentes se realizó el rediseño con la construcción de una nueva caseta de transformación, una nueva acometida, el cálculo luminotécnico a través del software Dialux, además del dimensionamiento correcto de los tableros con carga actual y crecimiento futuro”. [9]

Tomando en cuenta estudios que se realizador para mejorar los sistemas eléctricos se encontró que, “En el Hospital las Mercedes-Paita, ubicada en el Distrito de Paita, Provincia de Paita y Departamento de Piura. Se opto por determinar la transferencia del grupo electrógeno, seleccionar componentes y elaborar metrados utilizar software



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



AUTOCAD ELECTRIC, cuadros estadísticos y comparativos en EXCEL, AUTOCAD de diseño para planos. Se elaboraron los metrados de las instalaciones del hospital, también se elaboró un presupuesto tanto del material que se va a necesitar, así como del personal para la instalación y montaje”. [10]

Se debe realizar las adecuaciones del hospital de manera correcta para equilibrar las cargas en las distintas áreas y reducir el consumo como se detalla a continuación “El Rediseño del Sistema Eléctrico Interior en Baja Tensión 380/220V para Reducir el Consumo de Energía en el Centro Médico EsSalud – Cayaltí Perú. Los principales problemas que se encontraron se deben a la antigüedad de las instalaciones, las cuales fueron diseñados y construida con la normatividad eléctrica vigente de aquella época también se encontró los consumos y gastos del incrementado de energía eléctrica del Centro Médico, cables expuesto en los exteriores de las paredes, empalmes con cinta aislante expuestos al ambiente, la mayor parte del tomacorriente no cuentan con puesta a tierra y no son los adecuados, las iluminarias que frecuentemente usan son los fluorescentes y se producen interrupción de energía. Se encontró un 19.7% del total de los circuitos que no cumplen con la caída de tensión establecida por la normativa. Se opto por reemplazar lámparas fluorescentes por luces led ahorrando energía y mejorando la luminosidad en cada una de las áreas, redistribución de los tableros principales, además de un presupuesto económico utilizados en personal y utilizados en materiales” [11]

Un sistema eléctrico bien distribuido ayuda al correcto funcionamiento de la instrumentación médica y evita problemas tanto en equipo como en el personal. “El funcionamiento del sistema eléctrico del Centro de Salud N°1 “Centro Histórico” ubicado en la ciudad de Quito - Ecuador, necesitaba contar con condiciones adecuadas para que la atención a pacientes se realice de manera óptima y mejorar las condiciones de trabajo para su personal. Debido a que no se han realizado remodelaciones adecuadas desde el año 2001, la instalación de nuevos equipos sin planificación a provocando sobrecargas en los circuitos actuales. No existen planos eléctricos ni diagramas unifilares que sirvan como guía en el caso de presentarse alguna falla importante o una expansión futura. Varios equipos de computación presentan problemas esto es ocasionado por una mala



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



distribución de las cargas en los circuitos. Se optó por reestructurar el sistema de conexión al igual que la elaboración de diagramas y una correcta distribución para no generar sobrecargas” [2]

Entre los documentos más utilizados para estas instalaciones encontré las “IEEE Std 602, comúnmente conocido como IEEE White Book™, la misma que es una publicación del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en donde se detalla el diseño y operación de sistemas eléctricos en establecimientos de salud” se detalla una recopilación de normativas que se usan actualmente en instalaciones hospitalarias a nivel internacional. [12]

Según normas establecidas en España – Madrid, “Se determinan los requisitos particulares para las instalaciones eléctricas en quirófanos y salas de intervención ya que pueden provocar accidentes por el uso de productos inflamables al igual que las condiciones de instalación de los receptores utilizados en ellas. Se mantienen como objetivo que los receptores cumplan los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”. [13]

La Norma Ecuatoriana de Construcción NEC detalla, “Varias de las especificaciones técnicas presentadas en el NEC pueden tomarse en cuenta como requisitos mínimos que deben cumplirse en el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas interiores para uso residencial que se van a tomar como base en alguna de las instalaciones para cumplir las instalaciones para que mantenga alguna de las normas a nivel nacional, buscando prevenir, minimizar o eliminar los riesgos de origen eléctrico, al ofrecer condiciones de seguridad para las personas y los bienes” .[14]

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Principios de la electricidad:

La electricidad es una forma de energía que se manifiesta mediante el movimiento de las cargas eléctricas, generalmente los electrones. Los electrones están presentes en todos los materiales y su movimiento produce efectos eléctricos y magnéticos. Para comprender el funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos, es necesario entender algunos principios básicos de la electricidad.

2.1.1 Corriente eléctrica: es el flujo de cargas eléctricas (electrones) a través de un conductor eléctrico. Se produce debido a la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos del circuito. La corriente eléctrica se mide en amperios (A) y su dirección se define como el flujo de cargas positivas, aunque en realidad son los electrones (cargas negativas) los que se mueven[15].

2.1.2 Voltaje o tensión eléctrica: es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito. Es la fuerza impulsora que permite el movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor. El voltaje se mide en voltios (V) y es proporcionado por fuentes de energía como baterías o generadores[16].

2.1.3 Resistencia eléctrica: es la oposición al flujo de corriente eléctrica en un material conductor. Depende de las propiedades del material, su longitud, sección transversal y temperatura. La resistencia se mide en ohmios (Ω) y es una propiedad fundamental de los circuitos eléctricos[17].

2.1.4 Potencia eléctrica: es la tasa de transferencia de energía en un circuito eléctrico. Representa la cantidad de trabajo realizado por la corriente eléctrica o la cantidad de energía disipada por un dispositivo eléctrico en un tiempo determinado. La potencia se mide en vatios (W) y es el producto del voltaje y la corriente ($P = V \times I$)[18].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Conocer y comprender los conceptos básicos de corriente eléctrica, voltaje, resistencia y potencia eléctrica permite ayudar a entender el funcionamiento de las instalaciones eléctricas y garantizar su seguridad y eficiencia.

Al entender cómo fluye la corriente, cómo se distribuye el voltaje y cómo se disipa la potencia, se pueden implementar medidas de protección adecuadas, como sistemas de puesta a tierra, dispositivos de protección contra sobrecargas y procedimientos de trabajo seguros.

2.2 Sistemas de distribución eléctrica:

Se define como una red que transporta la energía eléctrica desde las fuentes de generación, como centrales eléctricas o plantas de energía, hasta los consumidores finales, entre los que podría encontrar hogares, oficinas, industrias y otros establecimientos. Su función principal es suministrar electricidad de manera confiable y eficiente a todos los puntos de consumo.

Entre estos sistemas se pueden clasificar dos que permiten el uso de la electricidad en las distintas áreas; estos son:

2.2.1 Sistemas monofásicos

El sistema monofásico es un tipo de sistema de distribución eléctrica que se usa ampliamente en instalaciones residenciales y comerciales de baja potencia. En este sistema, la corriente eléctrica se transmite mediante un solo conductor de fase y un conductor neutro.

Según Enríquez Harper [19], los sistemas monofásicos se caracterizaron por su simplicidad y economía, ya que solo requirieron dos conductores para la transmisión de energía. El conductor de fase transportó la corriente alterna, mientras que el conductor neutro proporcionó una trayectoria de retorno para completar el circuito.

Kosow [20], explicó que estos sistemas, el voltaje de línea fue igual al voltaje de fase. Comúnmente, se utilizaron voltajes de 120 V o 240 V en instalaciones monofásicas

domésticas y comerciales, respectivamente. Estos voltajes se obtuvieron a partir de un sistema trifásico de distribución mediante la conexión adecuada de los conductores.

De acuerdo con Wildi [21], los sistemas monofásicos se emplearon principalmente para alimentar cargas monofásicas, como iluminación, electrodomésticos y equipos eléctricos de baja potencia. Sin embargo, también era posible conectar cargas trifásicas en un sistema monofásico, siempre y cuando la carga estuviera equilibrada.

En cuanto a la distribución de energía, Enríquez Harper[19] señaló que los sistemas monofásicos se ramificaron a partir de una red trifásica de distribución. Las compañías eléctricas proporcionaron servicios monofásicos a los usuarios residenciales y comerciales mediante la derivación de un solo conductor de fase y el neutro desde las líneas trifásicas principales.

Adicionalmente, Wildi [21] mencionó que los sistemas monofásicos requirieron dispositivos de protección adecuados, como interruptores automáticos y fusibles, para proteger los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos. También fue necesaria la implementación de sistemas de puesta a tierra para garantizar la seguridad de las instalaciones.

Se define a los sistemas monofásicos como una forma práctica y económica para la distribución de energía eléctrica en instalaciones de baja potencia.

2.2.2 Sistemas trifásicos

Los sistemas trifásicos fueron una modalidad de distribución de energía eléctrica utilizada ampliamente en aplicaciones industriales y comerciales de gran potencia. Según Grainger y Stevenson [22], estos sistemas se caracterizaron por emplear tres conductores de fase, desfasados 120 grados entre sí, y un conductor neutro.

El principio fundamental de los sistemas trifásicos, como explicó Wildi [21], radicó en la generación de un campo magnético rotatorio a través de tres bobinas

desfasadas espacialmente. Este campo magnético rotatorio permitió la transmisión de potencia de manera más eficiente en comparación con los sistemas monofásicos.

Chapman [23], señaló que los sistemas trifásicos ofrecieron varias ventajas significativas. En primer lugar, al utilizar tres conductores de fase, se lograba una mayor capacidad de transmisión de potencia con un menor calibre de conductores. Además, los sistemas trifásicos presentaron un flujo de potencia más constante y equilibrado, lo que redujo las pérdidas de potencia y aumentó la eficiencia.

Según Gonen [24], los sistemas trifásicos se emplearon comúnmente en la industria para alimentar cargas trifásicas, como motores de inducción, hornos eléctricos y sistemas de calefacción. Estas cargas trifásicas se caracterizaron por su capacidad de producir un campo magnético rotatorio, lo que las hizo ideales para trabajar con sistemas trifásicos.

Adicionalmente, Wildi [21] mencionó que los sistemas trifásicos también se utilizaron en la transmisión de energía a largas distancias debido a su mayor eficiencia y menor caída de voltaje en comparación con los sistemas monofásicos.

En cuanto a la distribución de energía, Chapman [23] explicó que los sistemas trifásicos se ramificaron a partir de una red de distribución trifásica principal, donde las compañías eléctricas proporcionaron servicios trifásicos a los usuarios industriales y comerciales mediante la derivación de los tres conductores de fase y el neutro.

Finalmente, Gonen [24] destacó que los sistemas trifásicos requirieron dispositivos de protección adecuados, como interruptores automáticos y relevadores de protección, para proteger los circuitos contra fallas y desequilibrios de carga. Además, se necesitaron sistemas de puesta a tierra y protección contra rayos para garantizar la seguridad de las instalaciones.

El beneficio que generan los sistemas trifásicos permite tanto un aumento de la distribución y confiabilidad para la distribución de energía eléctrica en distintas áreas de

aplicación entre las industriales y comerciales de alta potencia, ofreciendo una mayor capacidad de transmisión, un flujo de potencia más constante y equilibrado.

2.3 Elementos de las instalaciones eléctricas:

Las instalaciones eléctricas se componen de una variedad de componentes que permiten el suministro, distribución y utilización segura de la energía eléctrica. Esto incluye tablero, dispositivos de protección, conductores eléctricos y sistemas de canalización, sistemas de puesta a tierra, sistemas de protección. De cada uno de estos componentes depende el correcto y seguro funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

2.3.1 Tableros

Según Parra Alemán [25], describe en general los tableros eléctricos como gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución. Todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente y en cumplimiento con la normatividad vigente para calidad, operación y seguridad de las personas, así como de las instalaciones en general.

Alberto Luis Farina [26], define que los tableros eléctricos son una parte fundamental de las instalaciones eléctricas. Se los puede considerar como sus puntos vitales. Toda la energía eléctrica de un inmueble circulará por los tableros con diversos objetivos, como medición, distribución y protección de las distintas líneas que comienzan en ellos.

En el estudio se tomó la clasificación de los tableros eléctricos según la funcionalidad; se pueden considerar los siguientes:

- Tablero eléctrico principal. Es aquel al que acomete la línea principal, el que contiene el interruptor principal y del cual se pueden alimentar
- Tablero eléctrico seccional general. Es el que alimenta otros tableros eléctricos seccionales, y también ciertas cargas

- Tableros eléctricos seccionales o de distribución

2.3.2 Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección son componentes esenciales en los tableros de distribución, cuyo propósito es prevenir daños y garantizar la seguridad de las personas y los equipos. Estos dispositivos incluyen interruptores automáticos, fusibles, relés de protección y dispositivos de protección contra sobretensiones [27].

2.3.2.1 El interruptor automático: además de conducir e interrumpir la corriente de funcionamiento de la planta, el interruptor automático tiene la función de interrumpir las corrientes alternas de fallo. La cámara a presión donde tiene lugar la interrupción de la corriente consiste básicamente en dos carcassas metálicas, que actúan también como conductores, y el aislador [28].

Según Margil Ramírez [29], establece que el interruptor automático es el elemento que permite abrir o cerrar un circuito en tensión, interrumpiendo o estableciendo una circulación de intensidad. Opera bajo el control de la protección y su apertura, coordinada con la de otros interruptores, permite aislar el punto en que se ha producido la falla. Teniendo en cuenta que estos dispositivos son los más usados actualmente en la industria comercial de la mayoría de países.

2.3.2.2 Los fusibles: son dispositivos de protección de sobrecorriente que se funden cuando la corriente eléctrica excede un valor predeterminado, interrumpiendo así el circuito y protegiendo los equipos conectados[30].

2.3.2.3 Un relé de protección: es un dispositivo electrónico o electromecánico que monitorea continuamente las condiciones de operación de un equipo o línea eléctrica. Cuando detecta una condición anormal, como una falla o sobrecarga, el relé envía una señal de disparo a los interruptores correspondientes para desconectar la parte afectada del sistema[31].

2.3.3 Conductores

Los conductores eléctricos son cables o alambres utilizados para transportar la energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los puntos de consumo. Según el artículo 110-5 de la norma de referencia, los conductores normalmente empleados para transmitir corriente deben ser de cobre, aunque también se pueden utilizar conductores de aluminio, siempre que se realicen los ajustes necesarios en cuanto a la intensidad de corriente[32].

2.3.3.1 Tipos de Conductores

Los conductores se van a dividir en los siguientes tipos:

- **Alambre:** Está formado por un solo hilo de cobre o aluminio, y su diámetro depende del calibre o medida del conductor. Los alambres se utilizan comúnmente en instalaciones eléctricas residenciales y comerciales de baja potencia.
- **Cable:** Está compuesto por varios hilos de alambre entrelazados o trenzados, lo que proporciona mayor flexibilidad y resistencia mecánica. Los cables se emplean en aplicaciones de alta potencia, como la transmisión y distribución de energía.

2.3.3.2 Calibre de los conductores

El calibre del conductor es esencial al momento de realizar cualquier conexión, ya que de este depende la cantidad de amperaje que va a soportar la línea.[33] Se considera esencial para prevenir sobrecalentamientos, caídas de tensión excesivas y riesgos de incendio.

El calibre del cable, medido en AWG (American Wire Gauge) o mm^2 , determina su capacidad para conducir corriente eléctrica de manera segura. Se usó la Tabla 1 ya que a menor número AWG o mayor sección en mm^2 , mayor es el diámetro del cable y, por ende, su capacidad de conducción de corriente.

Tabla 1 American Wire Gauge (AWG) [33]

AWG	Diameter (inches)	Diameter (mm)	Área (mm ²)	Resistance (Ohms/1000ft)	Resistance (Ohms/Km)	Max Current (Amperes)	Max Frequency for 100% skin depth
0000 (4/0)	0,46	11,684	107	0,049	0,16072	302	125 Hz
000 (3/0)	0,4096	10,40384	85	0,0618	0,202704	239	160 Hz
00 (2/0)	0,3648	9,26592	67,4	0,0779	0,255512	190	200 Hz
0 (1/0)	0,3249	8,25246	53,5	0,0983	0,322424	150	250 Hz
1	0,2893	7,34822	42,4	0,1239	0,406392	119	325 Hz
2	0,2576	6,54304	33,6	0,1563	0,512664	94	410 Hz
3	0,2294	5,82676	26,7	0,197	0,64616	75	500 Hz
4	0,2043	5,18922	21,2	0,2485	0,81508	60	650 Hz
5	0,1819	4,62026	16,8	0,3133	1,027624	47	810 Hz
6	0,162	4,1148	13,3	0,3951	1,295928	37	1100 Hz
7	0,1443	3,66522	10,5	0,4982	1,634096	30	1300 Hz
8	0,1285	3,2639	8,37	0,6282	2,060496	24	1650 Hz
9	0,1144	2,90576	6,63	0,7921	2,598088	19	2050 Hz
10	0,1019	2,58826	5,26	0,9989	3,276392	15	2600 Hz
11	0,0907	2,30378	4,17	1,26	4,1328	12	3200 Hz
12	0,0808	2,05232	3,31	1,588	5,20864	9,3	4150 Hz
13	0,072	1,8288	2,62	2,003	6,56984	7,4	5300 Hz
14	0,0641	1,62814	2,08	2,525	8,282	5,9	6700 Hz
15	0,0571	1,45034	1,65	3,184	10,44352	4,7	8250 Hz
16	0,0508	1,29032	1,31	4,016	13,17248	3,7	11k Hz
17	0,0453	1,15062	1,04	5,064	16,60992	2,9	13k Hz
18	0,0403	1,02362	0,823	6,385	20,9428	2,3	17k Hz
19	0,0359	0,91186	0,653	8,051	26,40728	1,8	21k Hz
20	0,032	0,8128	0,518	10,15	33,292	1,5	27k Hz
21	0,0285	0,7239	0,41	12,8	41,984	1,2	33k Hz
22	0,0254	0,64516	0,326	16,14	52,9392	0,92	42k Hz
23	0,0226	0,57404	0,258	20,36	66,7808	0,729	53k Hz
24	0,0201	0,51054	0,205	25,67	84,1976	0,577	68k Hz
25	0,0179	0,45466	0,162	32,37	106,1736	0,457	85k Hz
26	0,0159	0,40386	0,129	40,81	133,8568	0,361	107k Hz
27	0,0142	0,36068	0,102	51,47	168,8216	0,288	130k Hz
28	0,0126	0,32004	0,081	64,9	212,872	0,226	170k Hz
29	0,0113	0,28702	0,0642	81,83	268,4024	0,182	210k Hz
30	0,01	0,254	0,0509	103,2	338,496	0,142	270k Hz
31	0,0089	0,22606	0,0404	130,1	426,728	0,113	340k Hz
32	0,008	0,2032	0,032	164,1	538,248	0,091	430k Hz
33	0,0071	0,18034	0,0254	206,9	678,632	0,072	540k Hz
34	0,0063	0,16002	0,0201	260,9	855,752	0,056	690k Hz
35	0,0056	0,14224	0,016	329	1079,12	0,044	870k Hz
36	0,005	0,127	0,0127	414,8	1360	0,035	1100k Hz
37	0,0045	0,1143	0,01	523,1	1715	0,0289	1350k Hz
38	0,004	0,1016	0,00797	659,6	2163	0,0228	1750k Hz
39	0,0035	0,0889	0,00632	831,8	2728	0,0175	2250k Hz
40	0,0031	0,07874	0,00501	1049	3440	0,0137	2900k Hz

2.3.3.3 Aislamiento de los conductores

Los aislamientos eléctricos son materiales no conductores que se colocan alrededor de los conductores para evitar el paso de corriente eléctrica y protegerlos de factores como la humedad, las temperaturas extremas, los agentes químicos y las fuerzas mecánicas.

Actualmente, la investigación reveló conductores con aislamientos capaces de soportar temperaturas de hasta 90°C y conducir corriente sin problemas incluso en ambientes húmedos[32].

Según Caro López, los tipos más usados en protección de conductores son:

- THW (Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated): Este aislamiento termoplástico es resistente al calor y recubierto con nylon, lo que lo hace adecuado para su uso en lugares secos y húmedos a temperaturas de hasta 75°C.
- THHW (Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated): Similar al THW, pero con un rango de temperatura más amplio, hasta 90°C en lugares secos y 75°C en lugares húmedos.
- THWN (Thermoplastic Heat and Water-resistant Nylon-coated): Este aislamiento termoplástico es resistente al calor y al agua, con un recubrimiento de nylon. Puede utilizarse en lugares secos y húmedos a temperaturas de hasta 90°C.

2.3.3.4 Norma de colores para los conductores

Se tomó en cuenta el color de cada uno de los colores respecto al sistema que se tiene en las instalaciones para facilitar la distribución, y a la vez identificar de forma rápida sin errar cada uno de los cables que interfieren en el sistema eléctrico[32].

Se describe tanto el color de los conductores en sistemas monofásicos como en sistemas trifásicos; se utilizó el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas Colombianas como base, tomando en cuenta la Figura 1.

SISTEMA	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO				
			(Y) ESTRELLA		(Y) DELTA	(Y) DELTA	
Tensión (v)	120	120 / 240	208/120	480/277	240/208/120	240	480
Fases	1	2	3	3	3	3	3
Neutro	1	1	1	1	1	N/A	N/A
Fases	Negro	Negro	Amarillo	Amarillo	Negro	Negro	Amarillo
		Rojo	Azul	Naranja	Naranja	Azul	Naranja
			Rojo	Café	Azul	Rojo	Café
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Blanco	N/A	N/A
Tierra de protección	Desnudo o	Desnudo o	Desnudo o	Desnudo o	Desnudo o	Desnudo o	Desnudo o
	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Tierra aislada	Verde amarillo	Verde amarillo	Verde amarillo	N/A	Verde amarillo	N/A	N/A

Figura 1 Reglamento Técnico Colombiano de Instalaciones Eléctricas [47]

2.3.4 Sistemas de canalización

El conductor eléctrico, al estar expuesto a los diferentes problemas ambientales o sucesos de terceros tiende a provocar fallas o problemas en el funcionamiento normal; para eso se establecieron los sistemas de canalización, que se pueden definir como estructuras diseñadas para albergar y proteger los conductores eléctricos y de comunicaciones. Como señalan, estos sistemas pueden ser subterráneos, aéreos o integrados en edificios, y su selección se basa en criterios como la accesibilidad, la seguridad y el impacto ambiental [34].

Según Santos Antonio [35], se determinan como los sistemas de canalización más frecuentes en las instalaciones en interiores: empotradas, conducciones con cables aislados fijados directamente sobre paredes, cables aislados en el interior de huecos de la construcción, conducciones con cables aislados bajo canales protectores, cables aislados en bandeja o soporte de bandejas, conducciones en molduras y zócalos, conducciones en tubos, conducciones enterradas, conductores flexibles para la alimentación de electrodomésticos.

En la Figura 2 se presenta una visión integral de las diversas formas de instalar cableado en construcciones, usando los diferentes tipos de canaletas.

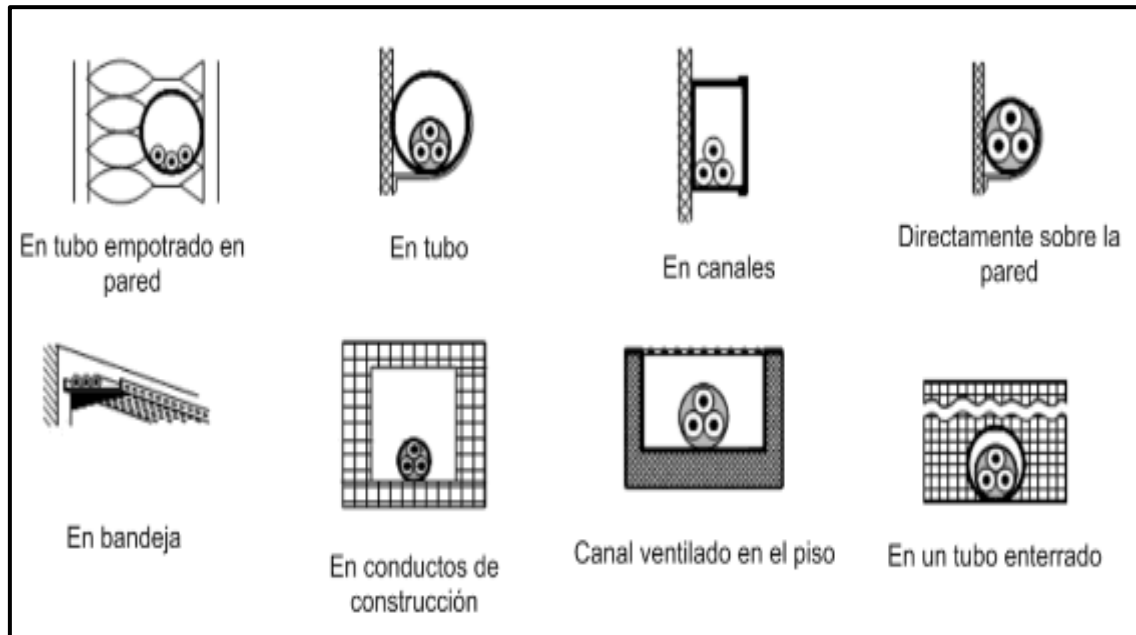


Figura 2 Canalización para conductores [34]

2.3.5 Sistemas de puesta a tierra

Los equipos al igual que los sistemas eléctricos tienen problemas en su funcionamiento; estos se producen por distintos motivos. Para evitar accidentes tanto en las personas como en los equipos que se encuentran en funcionamiento es necesario instalar el sistema de puesta a tierra, que se constató definir como un conjunto de elementos conductores y conexiones que permiten la derivación de corrientes eléctricas a tierra, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, las instalaciones y los equipos.

Según Enríquez Harper [30], estos sistemas son fundamentales para evitar tensiones peligrosas y permitir el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección.

Según Rogelio García [36], establece lo siguiente como un sistema de puesta a tierra: su función es la de forzar la derivación al terreno de las intensidades de corriente,

de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, de baja frecuencia industrial o debidas a descargas atmosféricas de carácter impulsivo.

El objetivo que tiene el sistema es limitar la diferencia de potencial, en un momento dado, que puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra. Los elementos presentes en un sistema de puesta a tierra que se pueden tener son:

- Electrodo de tierra: conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con tierra.
- Línea de tierra: es el conductor o conjunto de conductores que unen el electrodo de tierra con una parte de la instalación que se haya de poner a tierra, siempre y cuando los conductores estén fuera del terreno o colocados en el, pero aislados del mismo.
- Punto de puesta a tierra: es un punto fuera del terreno, que sirve de unión de las líneas de tierra con el electrodo, directamente o a través de líneas de enlace con el.
- Línea de enlace con el electrodo de tierra: se denomina línea de enlace con el electrodo de tierra a la parte de la línea de tierra comprendida entre el punto de puesta a tierra y el electrodo, siempre que el conductor esté fuera del terreno o colocado aislado del mismo.

Las normas y reglamentos que establecen los distintos documentos eléctricos, como National Fire Protection Association NFPA 70: National Electrical Code, establecen requisitos y recomendaciones para el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra. Estos lineamientos buscan garantizar la seguridad y el cumplimiento de los estándares de calidad[37].

2.4 Sistemas de respaldo y emergencia:

Los sistemas de generación de emergencia son dispositivos cruciales para garantizar el suministro de energía en caso de cortes o fallas en el sistema eléctrico

principal. Estos grupos electrógenos desempeñan un papel crucial en diversos ámbitos, desde instalaciones críticas como hospitales y centros de datos hasta hogares y empresas.

2.4.1 Generadores de emergencia

Un grupo siempre se especifica en kVA. Su motor vendrá especificado en kW. La razón de especificar el grupo en kVA, es sencillamente porque no se conoce el factor de potencia de la carga que va a alimentar, ni la forma en que ésta puede variar[38].

Según Rodríguez [39], establece que un grupo electrógeno es una fuente de reserva independiente de la energía primaria que, en caso de falla o interrupción de la fuente normal, de forma automática proporciona la potencia eléctrica fiable en un plazo determinado a los dispositivos y equipos críticos, cuyo fracaso para operar satisfactoriamente pondría en peligro la salud y la seguridad del personal o causaría daños a la propiedad.

Los generadores de emergencia deben destacar por su capacidad de inicio rápido y suministro energético fiable. Esta característica es crucial, particularmente en entornos como hospitales, donde la interrupción eléctrica podría tener consecuencias fatales. Es igualmente vital que estos equipos puedan operar de manera sostenida por largos períodos, previendo posibles cortes de energía prolongados. La eficacia en el arranque inmediato y la resistencia en operación continua son, por tanto, atributos esenciales de estos sistemas de respaldo, garantizando la seguridad y funcionamiento ininterrumpido en situaciones críticas[38].

La eficiencia energética también fue objeto de mejoras sustanciales. Se desarrollaron nuevos diseños de motores y alternadores que optimizaron el consumo de combustible, reduciendo costos operativos y el impacto ambiental[40].

La integración de tecnologías de control avanzadas permitió una mejor gestión y monitoreo de estos sistemas. Se implementaron interfaces digitales y capacidades de diagnóstico remoto, facilitando el mantenimiento preventivo y reduciendo los tiempos de inactividad[41].



2.4.2 Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)

Los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) se desarrollaron como una solución crítica para mantener el suministro eléctrico continuo en entornos donde la pérdida de energía podía resultar catastrófica. Estos sistemas se diseñaron para proporcionar energía de respaldo inmediata durante cortes eléctricos, además de proteger equipos sensibles contra fluctuaciones de voltaje[42].

La elección del tipo de UPS y su capacidad depende de varios factores, como la carga crítica que se debe proteger, la autonomía requerida y el presupuesto disponible. Es crucial realizar un dimensionamiento adecuado del UPS para garantizar una protección efectiva y evitar sobredimensionamientos costosos[42].

En resumen, los sistemas de alimentación ininterrumpida son dispositivos críticos para mantener la continuidad operativa de equipos esenciales en caso de interrupciones del suministro eléctrico.

2.4.3 Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia es un sistema de iluminación que se activa automáticamente en caso de falla del suministro eléctrico principal, proporcionando la iluminación necesaria para evacuar de manera segura y eficiente un edificio o instalación. Este sistema desempeña un papel crucial en la seguridad de las personas y la protección de bienes, ya que permite una evacuación ordenada y al mismo tiempo reduce el riesgo de accidentes en situaciones de emergencia.

El diseño e instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia deben cumplir con las normas y reglamentos vigentes, como lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Esta regulación especifica los requisitos mínimos en cuanto a niveles de iluminación, autonomía de las fuentes de alimentación, ubicación de las luminarias, entre otros aspectos[43].

Los sistemas de alumbrado de emergencia requieren fuentes de alimentación ininterrumpidas, como baterías o generadores, que se activen automáticamente en caso de falla del suministro eléctrico principal[44].

El alumbrado de emergencia abarca aspectos normativos, técnicos y de diseño, respaldados por diversas fuentes bibliográficas que garantizan la seguridad y eficiencia de estos sistemas en situaciones de emergencia.

2.5 Normativa y estándares para instalaciones eléctricas en hospitales

Entre las normativas más relevantes, se destacaron los códigos eléctricos nacionales, las directrices de organismos internacionales como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y las recomendaciones de asociaciones profesionales del sector sanitario. Estas regulaciones evolucionaron constantemente para adaptarse a los avances tecnológicos y a las nuevas necesidades en el cuidado de la salud.

2.5.1 Normativas nacionales

El Código Eléctrico Nacional (NEC) ecuatoriano constituye la base normativa fundamental, tomando en cuenta aspectos relevantes las siguientes secciones:

Medidas de protección contra los efectos de la electricidad se detallan de manera concreta en el capítulo 5 conexiones a tierra como medio de protección y en el capítulo 6 protección de sobrecarga[45].

Al basarse en estas secciones del NEC, el rediseño eléctrico del hospital no solo cumplirá con los estándares nacionales de seguridad y correcto funcionamiento, sino que también se alineará con las mejores prácticas para instalaciones de cuidado de la salud, asegurando un entorno eléctrico seguro y confiable para pacientes y personal médico.

En las normativas establecidas nacionalmente se tomaron en cuenta, Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 021 donde se detallan todos los tipos de conductores eléctricos y cubren los calibres Nos. 14 AWG - 4/0 AWG y 250 MCM – 2 000 MCM hasta 600 V de conductores unipolares, alambres y cables con aislamiento termoplástico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



para ser usados en concordancia con el Código Eléctrico Nacional y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 345[46].

2.5.2 Normativa internacional

Entre la normativa a tomarse en cuenta dentro del presente estudio se encuentra LA NORMA NTC 2050, código eléctrico colombiano que es usado para instalaciones en lugares de atención médica, así como en otros que pueden ser de suma importancia[47].

En Estados Unidos, la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) ha publicado la norma NFPA 99: Código de Seguridad Eléctrica en Entornos de Atención de Salud, que establece los requisitos para la instalación eléctrica, el cableado y los sistemas de respaldo de energía en hospitales[48].

La Unión Europea ha adoptado la norma EN 50171, que especifica los requisitos de instalación y pruebas para sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) en hospitales y otras instalaciones médicas críticas[49].

La Asociación Canadiense de Normalización (CSA) ha publicado la norma CSA Z32, que proporciona requisitos para la seguridad eléctrica en instalaciones de atención médica, abarcando desde la planificación hasta la operación y mantenimiento[50].

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado la norma ISO 7010, que estandariza los símbolos gráficos utilizados para identificar riesgos eléctricos y otros peligros en entornos hospitalarios[51].

Estas normas y regulaciones internacionales proporcionan lineamientos detallados para garantizar la seguridad eléctrica, la confiabilidad del suministro de energía y la compatibilidad electromagnética en hospitales, reduciendo los riesgos para pacientes, personal y equipos médicos.



2.5.3 Seguridad eléctrica

Los hospitales albergan equipos médicos esenciales y sensibles, además de una gran cantidad de personas, lo que hace que la prevención de riesgos eléctricos sea una prioridad máxima. Se mantiene fundamentalmente el comprender los peligros asociados con la electricidad en los entornos hospitalarios. Entre los riesgos se incluyen descargas eléctricas, incendios causados por cortocircuitos o sobrecargas y daños a equipos médicos críticos. Estos peligros pueden poner en riesgo la vida de los pacientes y el personal médico.

En cuanto a las medidas de seguridad, Cabello [52] destaca la importancia de contar con sistemas de puesta a tierra adecuados, que garanticen una descarga segura de la electricidad en caso de fallas. Además, se deben instalar dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, como interruptores automáticos y fusibles, para evitar daños y riesgos de incendio.



CAPÍTULO 3

MÉTODOS Y MATERIALES

En este capítulo se va a tratar el enfoque metodológico y las herramientas empleadas en el rediseño del sistema eléctrico del hospital "Asdrúbal de la Torre". En esta sección, se describe meticulosamente el proceso seguido para abordar los objetivos del proyecto, desde la recopilación inicial de datos hasta la elaboración final de los planos eléctricos.

La estructura de este capítulo permite comprender claramente la metodología aplicada, sentando las bases para la presentación de resultados y discusiones en las secciones subsiguientes.

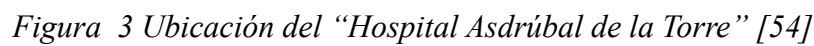
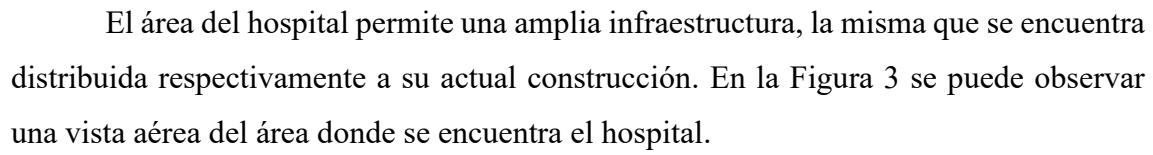
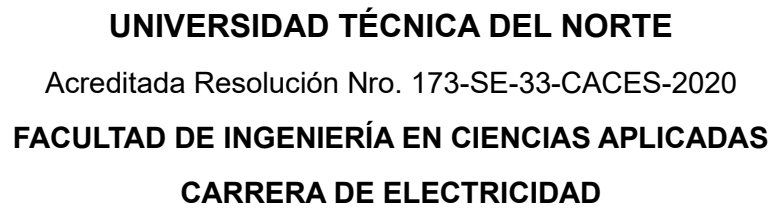
3.1 Introducción metodológica

En la elaboración sobre el rediseño del sistema eléctrico del hospital "Asdrúbal de la Torre", se empleó una metodología mixta que combinó enfoques cuantitativos y cualitativos. Esta elección se basó en la necesidad de abordar de manera integral los diversos aspectos del proyecto, desde la evaluación técnica hasta la consideración de normativas y estándares.

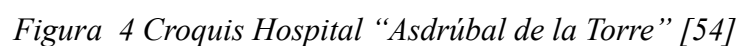
Esta metodología permitió abordar sistemáticamente los objetivos del proyecto, asegurando la consideración de todos los aspectos críticos del rediseño eléctrico, desde la funcionalidad técnica hasta el cumplimiento normativo, con un enfoque en la seguridad y funcionamiento a largo plazo del sistema eléctrico del hospital.

3.2 Descripción del área de estudio

El Hospital Asdrúbal de la Torre, ubicado en el centro de Cotacachi, provincia de Imbabura, Ecuador, es una institución de salud pública crucial para la región.



En la Figura 4 se muestra calles, puntos de interés y establecimientos cercanos, proporcionando una visión general del área circundante al hospital.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Este hospital del Ministerio de Salud Pública atiende a una población diversa de aproximadamente 40,000 a 50,000 habitantes, incluyendo comunidades urbanas y rurales del cantón Cotacachi, el más extenso de Imbabura con 1,809 km².

La institución ofrece servicios de medicina general, pediatría, gineco-obstetricia, cirugía general y odontología, además de contar con laboratorio clínico y farmacia. El hospital destaca por su enfoque en la integración de la medicina occidental con prácticas ancestrales, reflejando la rica diversidad cultural de la zona, donde aproximadamente el 40-50% de la población es indígena, principalmente de la nacionalidad Kichwa.

El rediseño eléctrico de esta institución es fundamental para garantizar la continuidad y calidad de sus servicios, considerando tanto las demandas actuales como las proyecciones de crecimiento futuro en un área que combina desafíos urbanos y rurales.

3.3 Metodología

El estudio fusiona técnicas cuantitativas y cualitativas, fusionando análisis técnicos minuciosos con reflexiones prácticas fundamentadas en las demandas particulares del hospital y su comunidad. Se comienza con una valoración minuciosa de la infraestructura eléctrica actual, seguida de un estudio de las necesidades presentes y futuras.

Esto abarca el reconocimiento de zonas críticas que necesitan atención especial, tales como quirófanos, unidades de cuidados intensivos y servicios de urgencias.

3.3.1 Métodos

La metodología propuesta se basa en un enfoque sistemático que combina análisis teóricos, implementaciones computacionales y consideraciones prácticas, asegurando un rediseño eléctrico que cumpla con los estándares de seguridad, confiabilidad requeridos en un entorno hospitalario moderno.

3.3.1.1 Enfoque

La metodología empleada en la presente investigación para el rediseño eléctrico del Hospital Asdrúbal de la Torre se basa en diversos enfoques tales como:

- **Método Inductivo:** Se utilizó para analizar las condiciones específicas del sistema eléctrico actual del hospital, examinando cada área y equipo para llegar a conclusiones generales sobre las necesidades de rediseño.
- **Método Deductivo:** Se aplicó al adaptar las normativas y estándares generales de instalaciones eléctricas hospitalarias a las características particulares del Hospital Asdrúbal de la Torre.
- **Método Analítico-Sintético:** Permitió descomponer el sistema eléctrico en sus componentes para un análisis detallado, y luego sintetizar estos elementos en una propuesta integral de rediseño.

3.3.1.2 Técnicas

Las técnicas empleadas en el rediseño eléctrico del hospital incluyen:

Análisis de Carga Eléctrica: Evaluación detallada de la demanda eléctrica actual y proyectada de cada área del hospital.

Dimensionamiento de Sistemas de Emergencia: Planificación de sistemas de respaldo.

Revisión de Normativas: Análisis exhaustivo de las normas aplicables para garantizar el cumplimiento en el rediseño.

3.3.1.3 Herramientas

Las herramientas utilizadas para el rediseño eléctrico del hospital incluyen:

Software: Programa como AutoCAD.

Bases de Datos Técnicas: Acceso a información sobre equipos médicos y sus requerimientos eléctricos específicos.

3.3.2 Procedimiento

En la Figura 5 se representa la estructura metodológica adoptada para el rediseño del sistema eléctrico del Hospital Asdrúbal de la Torre en Cotacachi. Este proceso sistemático ha sido diseñado para abordar de manera integral los desafíos específicos que presenta una instalación hospitalaria, garantizando un enfoque metódico y riguroso en cada etapa del proyecto.

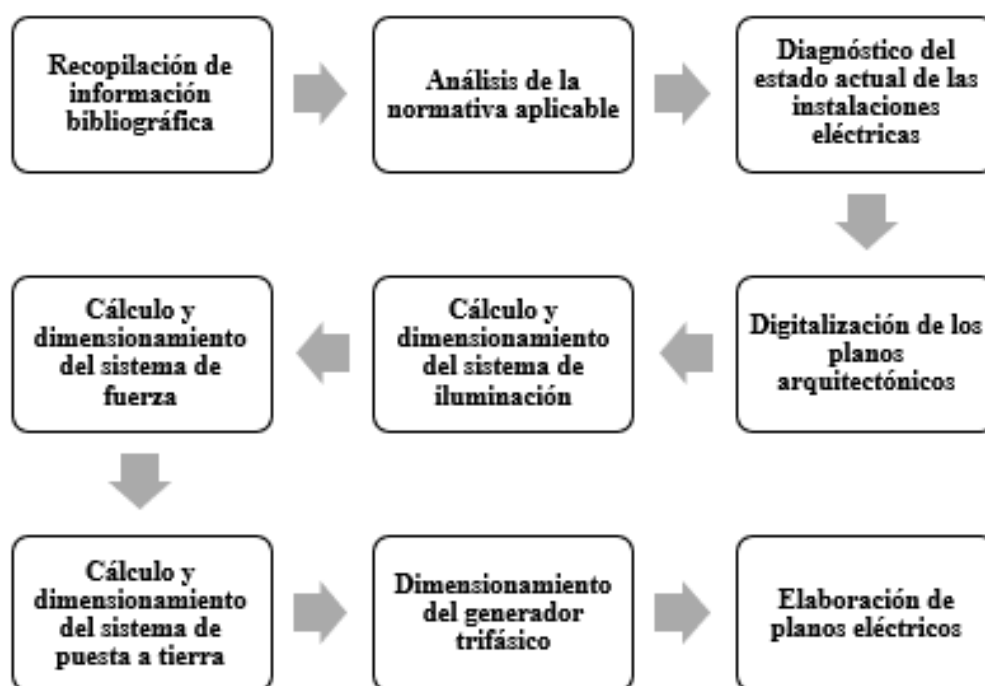


Figura 5 Metodología de investigación

3.4 Materiales

En la siguiente sección se detallan los materiales necesarios que permitieron realizar correctamente el proyecto de investigación.

3.4.1 AUTOCAD

Para el trabajo de investigación se utilizó la herramienta AUTOCAD, el mismo que nos facilitó realizar planos eléctricos a partir de los planos arquitectónicos, mismo que permite tener un sistema eléctrico que puede ser revisado de manera fácil y efectiva en caso de algún problema, tomando en cuenta la correcta división del sistema eléctrico presente en las distintas áreas hasta las cajas de distribución y posteriormente al panel central.

3.4.2 Plano Arquitectónico

Los planos arquitectónicos constituyen una herramienta fundamental para el desarrollo de planos eléctricos, ya que proporcionan una representación detallada del sitio para identificar el lugar que ocuparan las conexiones.

Estos documentos permiten a los diseñadores eléctricos identificar con precisión la ubicación de muros, espacios, alturas y elementos estructurales, facilitando la planificación estratégica de canalizaciones, ubicación de tableros, puntos de iluminación y tomacorrientes, garantizando así una integración armónica y funcional de los sistemas eléctricos dentro de la estructura arquitectónica. Los planos arquitectónicos de la institución se encuentran en el Anexo A - 1 del proyecto de investigación.

3.4.3 Parámetros de Diseño

Se deben tomar en cuenta ciertos parámetros de diseño que van a intervenir en el rediseño de las instalaciones los cuales van a intervenir como son: conductores, protecciones, cantidad de lux, canaletas. Además, tendrán condiciones que se calculan para un óptimo funcionamiento usando las siguientes formulas:

3.4.3.1 Caída de tensión

La misma puede estar presente tanto en circuitos monofásicos o trifásicos, que se deben calcular de la siguiente manera ya que pueden ser de los siguientes tipos:

1. Circuito Monofásico

Las cargas monofásicas son las más comunes en instalaciones, por lo general son aquellas que demandan una potencia inferior a 8 kW aproximadamente. Para el estudio realizado en el proyecto quedan indicadas en el esquema unifilar mediante dos rayas sobre la línea de alimentación, que indican cable de fase y neutro. Se valoró usar las siguientes formulas:

$$P = V I \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{V} \quad (2)$$

$$c.d.t = \frac{2PL}{KVS} \quad (3)$$

Donde:

P = Potencia en W (watts)

V = Tensión de servicio en V (voltios)

I = Intensidad corriente en A (amperios)

D = Densidad de corriente en A/mm²

K = Conductividad del conductor, Cobre = 56

S = Sección del conductor en mm²

L = Longitud del recorrido en m

c.d.t. = Caída de Tensión en V

Coseno de ϕ = Factor de potencia

2. Circuito Trifásico

Las cargas trifásicas por lo general son aquellas que demandan más de 8 kW, o aquellas que por su configuración requieran el uso de tres fases. En el caso de la instalación, quedan indicadas en el esquema unifilar mediante cuatro rayas sobre la línea

de alimentación, que indican los tres cables de fase y el neutro. Se valoró usar las siguientes formulas:

$$P = V I \sqrt{3} \cos \theta \quad (4)$$

$$I = \frac{P}{V \sqrt{3} \cos \theta} \quad (5)$$

$$c.d.t = \frac{PL}{KVS} \quad (6)$$

Donde:

P = Potencia en W (watts)

V = Tensión de servicio en V (voltios)

I = Intensidad corriente en A (amperios)

D = Densidad de corriente en A/mm²

K = Conductividad del conductor, Cobre = 56

S = Sección del conductor en mm²

L = Longitud del recorrido en m

c.d.t. = Caída de Tensión en V

Coseno de ϕ = Factor de potencia

3.4.3.2 Intensidades máximas admisibles

En el caso de las corrientes que van a soportar los conductores será de aplicación la Tabla 2 American Wire Gauge (AWG) Conductores, calculándose la sección de los conductores de tal forma, que la intensidad máxima que va a circular por ellos sea inferior a la especificada en las tablas, teniendo en cuenta la naturaleza del aislamiento del conductor utilizado y los coeficientes correctores tanto para el sistema de iluminación y fuerza.

3.4.3.3 Protecciones

Las protecciones de un sistema son parte fundamental para asegurar que fallas eléctricas puedan provocar daños en el sistema eléctrico usando fusibles de protección dependientes según la corriente usada. Una sobrecarga puede generar un aumento de temperatura en el conductor de manera descontrolada reduciendo el tiempo de funcionamiento de este a la mitad por cada 10°C de temperatura que aumente. Se detalla que el conductor debe ser capaz de soportar un 125% de la capacidad de corriente de la protección que sea asignada.

3.4.3.4 Iluminación

Para la elaboración tanto de los planos eléctricos se han tomado en cuenta los LUX necesarios en cada una de las áreas dependiendo el tamaño usando la formula siguiente:

$$LUX = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{metros}^2} \quad (7)$$

Donde:

LUX es la emitancia luminosa

Lúmenes es el flujo luminoso emitido

*Metros*² es el elemento diferencial de área de emisión considerado

Para el rediseño realizado en las instalaciones del Hospital “Asdrúbal de la Torre” se tomó en cuenta los lúmenes óptimos establecidos que se muestran en la Figura 6 de la Guía Técnica de Iluminación Sylvana que se muestra a continuación:

HABITACIONES					
Cuartos de baño: Alumbrado general	50	100	250	-	-
Espejos	200	500	1000	-	-
Cocinas	150	300	600	-	-
Cuartos de estar: Alumbrado general	70	200	400	-	-
Lectura	200	500	700	-	-
Cuartos de niños	70	200	400	-	-
Dormitorios: Alumbrado general	50	100	250	-	-
Camas	200	500	800	-	-
Escaleras	100	150	300	-	-
Trabajo de escolares en casa	300	500	750	-	-
HOSPITALES Y CLINICAS					
Camas	100	200	400	-	-
Habitaciones y salas: Alumbrado general	50	100	250	-	-
Alumbrado de noche	10	-	-	-	-
Sobre la cama, examen y lectura	300	500	750	-	-
Gabinetes dentales, sillón	700	2500	5000	-	-
Salas de espera	200	400	600	-	-
Laboratorios (Patología e información)	300	500	1000	-	-
Mesas de operación	3000	5000	8000	-	-
Quirófanos	300	500	1000	-	-
Salas de examen	300	500	1000	-	-
Salas de recepción y espera	200	400	600	-	-

Figura 6 Niveles de iluminación recomendados por Sylvania según normativas de INTECO y IESNA [55]

3.4.4 Registro de Carga Instalada

Se realizó el registro de los aparatos eléctricos que dispone el centro de salud de Cotacachi tomando como referencia los valores nominales de operación de cada uno para realizar el correcto dimensionamiento del sistema de electrógeno de emergencia, tomando en cuenta que debe abastecer el mismo sin ningún problema si el sistema eléctrico sufre un corte, para el mismo se realizó una tabla usando el programa Excel.

Para el caso del generador a obtener se realiza un sobredimensionamiento para evitar la sobrecarga del grupo electrógeno, el resultado obtenido se aplicó un margen de seguridad con un aumento del 10% o 20% que es recomendado por los fabricantes directos de los dispositivos de emergencia para evitar que el grupo trabaje al 100% en todo momento y para poder conectar otro aparato si fuera necesario, así como la posible ampliación o adquisición de aparatos eléctricos en las instalaciones.

$$CI = CI + \frac{(CI * 10\%)}{100} \quad (8)$$

Carga Instalada CI

10% Factor de Seguridad

3.4.5 Telurómetro

Para realizar las mediciones de resistencia de puesta a tierra, se empleó un telurómetro de alta precisión, tal como se muestra en la Figura 7. El equipo seleccionado corresponde a un instrumento profesional marca DUOYI, específicamente el modelo DY4300 Probador de tierra digital Resistencia a tierra, el cual cuenta con certificación que garantiza la fiabilidad de sus mediciones.



Figura 7 Comprobador de puesta a tierra DUOYI DY4300 [53]

Este dispositivo especializado está equipado con un sistema completo de terminales de conexión, lo que facilita la implementación de diferentes métodos de medición. Los accesorios que acompañan al equipo incluyen las picas de tierra, cables de prueba y conectores necesarios para realizar mediciones precisas. Una de las características más destacadas del telurómetro DUOYI DY4300 es su capacidad para proporcionar lecturas en tiempo real, lo que permite obtener los valores de resistencia de manera inmediata una vez aplicado el método de medición correspondiente. Este



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



instrumento representa una herramienta fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones de resistencia en sistemas de puesta a tierra.

En el Capítulo 3 se detalló la metodología empleada en este proyecto se basó en un análisis exhaustivo de las condiciones operativas actuales de los equipos médicos en las instalaciones hospitalarias. Se realizó una evaluación sistemática que incluyó la inspección física de los equipos, la documentación de sus parámetros de funcionamiento y la identificación de posibles áreas de mejora. Este enfoque metodológico permitió obtener un diagnóstico preciso de la situación actual y establecer las bases para las propuestas de mejora subsecuentes.

En cuanto a los materiales empleados para este estudio, se utilizaron principalmente herramientas de medición y diagnóstico, incluyendo multímetros digitales para la verificación de parámetros eléctricos, y equipos de registro de datos para documentar las mediciones. Adicionalmente, se emplearon formatos estandarizados de registro y hojas de verificación para la recopilación sistemática de datos, así como software especializado para el procesamiento y la correcta realización del rediseño eléctrico en las instalaciones del Hospital “Asdrúbal de la Torre”.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

El capítulo que se desarrolla a continuación presenta el análisis detallado y los resultados obtenidos en el proceso de rediseño de las instalaciones eléctricas hospitalarias. La complejidad inherente a este tipo de infraestructura requirió un estudio minucioso para garantizar un funcionamiento óptimo que responda a las necesidades específicas del Hospital “Asdrúbal de la Torre”.

Se exponen los principales hallazgos técnicos, acompañados de las propuestas de mejora que surgieron durante la evaluación del sistema eléctrico actual. El desarrollo de este apartado refleja la búsqueda de soluciones que no solo cumplan con la normativa vigente, sino que también aseguren la continuidad y calidad del servicio eléctrico, elementos cruciales en el funcionamiento del centro de salud.

4.1 Estado actual de la instalación eléctrica del Hospital “Asdrúbal de la Torre”

Con el objetivo de conocer el estado actual de la red eléctrica que presenta actualmente la infraestructura, se realizó un levantamiento de las cargas que operan en los sistemas de fuerza e iluminación adjuntas en los Anexos B. Lo que permite tener un registro al momento de la adecuación ingresando a las distintas áreas que posee el centro de salud para estimar las cargas que se encuentran conectadas en la red.

4.1.1 Levantamiento de Cargas en el Sistema de iluminación

El levantamiento de cargas en el sistema de iluminación implicó identificar, cuantificar y analizar el consumo eléctrico de cada componente de iluminación calculando la demanda real de energía, permitiendo obtener valores reales para la comparación con otros tipos de iluminación y sus consumos. A continuación, se muestra en la Tabla 2 donde se aprecia el levantamiento de cargas del sistema de iluminación en cada área del centro de salud.

Tabla 2 Consumo del sistema de iluminación

Levantamiento de Cargas en el Sistema de iluminación				
Área	Tipo luminaria (Dimensiones)	Cantidad tubos fluorescentes y focos	Potencia (W)	Carga instalada(W)
Lactario	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	12	40	480
Dirección	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	2	40	80
Lavandería	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Cocina Comedor	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	10	40	400
Oficina General	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	10	40	400
Sala de pediatría	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Calidad	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Vacunas HBADLT	Foco Ahorrador	1	20	20
Estación de enfermería	Foco Ahorrador	1	20	20
Cirugía Hombres	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Cirugía Mujeres	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320

Sala Ginecología	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Cirugía Mujeres	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Sala de aislamiento	Foco Ahorrador	4	20	80
Laboratorio	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
CONS. Adolescentes CS	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Tics	Foco Ahorrador	2	20	40
Odontología	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
CONS. Psicología	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Central	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Farmacia	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
CONS. Ginecología	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Oficina Familiar CS	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
CONS. Pediatría	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160

CONS. Medicina Interna	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
CONS. Cirugía	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Preparación	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Información CS	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Nutrición	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Estadística	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Recuperación de Cartera	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Vacuna CS	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Preparación CS	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Farmacia	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Emergencia	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Radiología	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Parto cultural	Foco Ahorrador	2	20	40

Sala de Partos	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Quirófano	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	8	40	320
Sala de Recuperación	Foco Ahorrador	2	40	80
Sala de Esterilización	Tubo fluorescente (1200mm*38mm)	4	40	160
Total				8200

Durante el diagnóstico técnico de los sistemas de iluminación en la infraestructura hospitalaria, se llevó a cabo una evaluación detallada de los dispositivos lumínicos existentes. La configuración actual revela una predominancia de iluminación de tubos fluorescentes y luminarias compactas de bajo consumo.

Los tubos fluorescentes tradicionales presentan un consumo energético de 40 vatios por unidad, mientras que los denominados focos ahorradores registran un consumo de 20 vatios. Mediante una cuantificación exhaustiva, se determinó que la carga eléctrica total destinada a iluminación alcanza los 8,2 KW, lo que representa un indicador significativo del perfil de consumo energético del establecimiento de salud.

4.1.2 Levantamiento de cargas en el sistema de fuerza

El levantamiento de cargas en sistemas de fuerza involucra identificar, cuantificar y analizar el consumo eléctrico de cada componente de potencia, calculando la demanda real de energía para equipos y maquinaria. Este proceso permite obtener valores precisos que facilitan la comparación de consumos energéticos, optimización de recursos y potencial implementación de estrategias de eficiencia energética en diferentes áreas de una instalación.

A continuación, en la Figura 8 se determinó el consumo que genera el sistema de fuerza existente en las instalaciones del hospital de manera general:

Dimensionamiento de Cargas								Carga Instalada	
LACTARIO								DMT(w)	195834.5
Ítem	Artículo	Código	Voltaje(V)	Cantidad	P(w) c/u	Fs	DM(w)		
1	EQUIPO INDUSTRIAL PARA ALIMENTOS Y BEBIDAS/REFRIGERADOR	7612610	120	1	270	1	270	270	
2	EQUIPOS DE LABORATORIO; CIENCIA; OBSERVACION Y COMPROBACION/CAJAS/CAJA TERMICA	37759586	120	1	320	1	320	320	

Figura 8 Consumo del sistema de fuerza

Se detalla el equipamiento de todas las áreas existentes en las instalaciones del Hospital “Asdrúbal de la Torre”; la información completa se encuentra documentada en el Anexo D - 1.

4.1.3 Tablero general de distribución

El panel eléctrico principal presenta condiciones problemáticas desde el punto de vista de la seguridad y el mantenimiento eléctrico; el mismo se puede apreciar en la Figura 9. La ausencia de planos de conexión representa un riesgo significativo para cualquier trabajo de mantenimiento o modificación que se necesite realizar, ya que los técnicos no tienen una referencia documental de cómo están distribuidos los circuitos.



Figura 9 Tablero General de las Instalaciones Eléctricas

Esta configuración inadecuada puede llevar a sobrecargas no detectadas, dificultad para identificar y aislar problemas eléctricos específicos y complicaciones al momento de realizar mantenimiento preventivo o correctivo. El estado actual del panel sugiere una instalación que ha sido modificada a lo largo del tiempo sin mantener la documentación apropiada, lo que puede resultar en riesgos potenciales de cortocircuitos, sobrecalentamiento o fallos eléctricos que podrían afectar la operatividad de las instalaciones.

La falta de separación adecuada de circuitos también complica la implementación de medidas de protección específicas para diferentes áreas o equipos, lo que podría ser especialmente crítico en un entorno donde la continuidad y calidad del suministro eléctrico es esencial.

4.1.4 Generador de Emergencia

El grupo electrógeno que sirve como sistema de respaldo eléctrico para las instalaciones hospitalarias, presenta serias limitaciones tanto en su capacidad como en su funcionalidad. Se puede apreciar en la Figura 10 el equipo existente; el mismo solo es capaz de proporcionar cobertura para aproximadamente el 30% del sistema eléctrico total del hospital, lo cual representa un riesgo significativo para la continuidad de los servicios médicos críticos. El hecho de que sea únicamente monofásico agrava aún más la situación, ya que restringe significativamente el tipo de equipamiento médico que puede funcionar durante un corte de energía.



Figura 10 Grupo Electrógeno de emergencia actual de las instalaciones

El Hospital “Asdrúbal de la Torre” requiere sistemas aislados para operar adecuadamente equipos especializados como tomógrafos, resonadores magnéticos, equipos de rayos X y otros dispositivos médicos esenciales.

Se puede observar que el equipo no se encuentra en condiciones óptimas de mantenimiento, con signos visibles de desgaste y antigüedad, lo que podría comprometer su confiabilidad en situaciones de emergencia. Esta situación afecta de manera que el servicio no pueda ser continuo o fiable en un entorno hospitalario, donde la continuidad del suministro eléctrico puede ser literalmente una cuestión de vida o muerte. La limitada capacidad del 30% significa que, en caso de un corte de energía, se compromete la atención al paciente en áreas no cubiertas por el generador. Además, el sistema monofásico podría causar problemas de estabilidad en la red eléctrica del hospital, afectando potencialmente el funcionamiento de equipos sensibles incluso cuando están conectados.

4.1.5 Diagnóstico de la instalación eléctrica

En la Tabla 3, se proporciona una evaluación integral sobre las condiciones actuales de la infraestructura eléctrica del centro médico. Esta documentación técnica revela el estado operativo de los diversos componentes y subsistemas, permitiendo identificar áreas críticas que requieren atención inmediata y aquellas que presentan un funcionamiento adecuado.

Tabla 3 Diagnóstico de las instalaciones eléctricas

Consideraciones	No necesita Intervención para mejoras	Necesita Intervención para mejoras	Observaciones
Niveles de iluminación		X	La inspección reveló que diversas zonas no alcanzan los estándares mínimos de iluminación requeridos para garantizar condiciones óptimas de visibilidad y seguridad. Adicionalmente, se constató la presencia de un número significativo de luminarias completamente inoperativas.

Tablero de distribución principal		X	Identificar los circuitos que están designados en cada una de las áreas ya que no tienen etiquetas.
Tablero de distribución secundario		X	Se encuentran distribuidos en distintas áreas sin tomar en cuenta la carga que van a soportar cada uno.
Protecciones		X	Las protecciones se encuentran sobredimensionadas desde el tablero principal
Conductores		X	Conductores con presencia de deterioro debido a la humedad presente en la infraestructura
Toma corrientes e interruptores		X	Tomacorrientes e interruptores con daños por humedad y otros que ya han sobrepasado el tiempo de vida útil.
Sistema de puesta tierra		X	La infraestructura no presenta un sistema de puesta a tierra que ofrezca las correctas protecciones tanto a equipos como al personal.
Distribución de cargas		X	No se encuentran distribuida de manera equitativa las cargas de las instalaciones
Caída de voltaje		X	Existen circuitos que exceden los puntos de conexión, lo que disminuye la calidad de voltaje forzando a los equipos a trabajar a menor voltaje

4.2 Rediseño del Hospital “Asdrúbal de la Torre”

El rediseño eléctrico es fundamental no solo para optimizar el funcionamiento de los equipos médicos especializados y sistemas de soporte vital, sino también para cumplir con las normativas actuales de seguridad hospitalaria. Los cambios que se establecen en las condiciones actuales para el rediseño ayudan a que la institución reduzca costos operativos y un servicio de calidad, además de asegurar la confiabilidad del suministro eléctrico en áreas críticas donde la vida de los pacientes depende de un servicio ininterrumpido, para acceder a la información completa de los planos eléctricos los mismos se encuentran en el Anexo E - 1. A continuación, se detallan todas las condiciones a tomar en cuenta:

4.2.1 Sistema de Iluminación

El estudio comparativo entre la iluminación generada por las lámparas fluorescentes y LED se realizó mediante un análisis teórico de los niveles de iluminación. Para esto, se efectuó un inventario detallado de las lámparas fluorescentes existentes en cada área del hospital, registrando la cantidad de luminarias y sus especificaciones técnicas de flujo luminoso. Con estos datos, se calculó la iluminación total proporcionada en cada espacio según las características técnicas del fabricante.

Posteriormente, se realizó un análisis equivalente con las lámparas LED propuestas, considerando sus especificaciones de flujo luminoso y la misma distribución espacial. Esta metodología permitió establecer una comparación teórica de los niveles de iluminación entre ambas tecnologías, tomando en cuenta la cantidad de lámparas instaladas y sus respectivas capacidades usando la Fórmula (7), para determinar si cumplen correctamente con el nivel de luxes respectivamente en cada área. lumínicas en cada área evaluada.

Tabla 4 Comparación entre tubo fluorescente y tubo led

Característica	Tubo Fluorescente	Tubo LED Equivalente
Potencia	40W	18W
Vida útil	8.000 - 15.000	30.000 - 50.000
Flujo luminoso	2.600 - 3000	2.800 - 3.200
Eficiencia Luminosa	65 - 75 lm/W	140 - 160 lm/W

Se realizó la comparación en la Tabla 4 entre el LED tube PC y las lámparas de tipo tubo fluorescente usadas en la mayoría de las instalaciones; estas permiten un ahorro de consumo energético por su tecnología, también ofrecen una vida útil mayor y menor riesgo de contaminación. Se realizó la elección entre el LED tube PC y LED panel SQ, pero se optó por las lámparas de tubo led, ya que permiten un mayor ángulo de apertura, lo que beneficia ya que se obtienen mayores lúmenes aprovechados siendo superior en estas condiciones.

El LED TUBE PC de 18W dispone de unas dimensiones 27 x 1212 mm; el mismo se encuentra disponible por la empresa SILVANA a nivel nacional. En la Figura 11 se

muestran las especificaciones de la luminaria que se utiliza en el rediseño; de ser necesario, puede reemplazarse por luminaria con las mismas especificaciones sin afectar al sistema.

LED Tube PC





ASPECTOS TÉCNICOS

Código	Consumo de potencia	Flujo luminoso	Eficacia de la luminaria	Temp. de color
P25161	18W	1.800lm	100lm/W	4.000K
P25125	18W	1.800lm	100lm/W	6.500K

* Vida (L70) estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70), sobre luminaria completa.

CARACTERÍSTICAS

- Tubo T8 LED en policarbonato robusto y duradero, eficacia de hasta 139 lm/W, ahorro de energía de hasta 60% comparado con tecnología fluorescente, fácil instalación, reduce costos de mantenimiento, libre de mercurio.
- Diseño de tubo tradicional.
- Cuerpo con acabado opalizado.
- Tecnología de chip LED SMD y driver integrado en el tubo.
- Tipo de distribución: Directo Asimétrico.
- No Dimmerizable.

Conexión:

- SINGLE END (línea y neutro en un extremo).

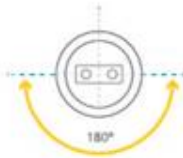



Figura 11 Especificaciones de luminaria LED Tube PC 18W (pág. 151), Catálogo de Sylvania 2024 [56]

Las luminarias van a ser instaladas en las distintas áreas del hospital; para la misma se van a tomar para lámpara de 18 W que nos brinda una mayor eficacia en lúmenes, así como en el ahorro de energía de hasta un 60 % comparado a otros tipos de iluminación, además de ofrecer una fácil instalación y mantenimiento. Al usar este tipo de luminaria, además de aprovechar se contribuye para disminuir la contaminación ya que las misma no contienen en su estructura mercurio.

En los diversos departamentos dentro de las instalaciones del hospital, se encuentran pisos equipados con servicios sanitarios individuales. Considerando las dimensiones limitadas de estos espacios, se ha determinado que la solución de iluminación más adecuada son luminarias compactas de tecnología LED, específicamente bombillas de 12 W, que proporcionan una iluminación eficiente y apropiada para áreas reducidas.

Las luminarias LED de 12 W representan una excelente alternativa, ya que no solo ofrecen una iluminación óptima para baños pequeños, sino que además contribuyen a la reducción del consumo energético de la institución.

LED ToLED^o

RETILAP
PRODUCTO
CERTIFICADO

100-
240V

E27

IRC
70

FACTOR DE
POTENCIA
>0.5

IP
20

220°
ángulo de
apertura

-10°C
-40°C

15.000h
vida útil

LED



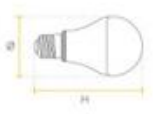
ASPECTOS TÉCNICOS

Código	Consumo de potencia	Flujo Luminoso	Temp. de color
P27620	9W	800lm	3.000K
P27621	9W	800lm	6.500K
P27631	12W	960lm	3.000K
P27632	12W	1050lm	6.500K
P27633	15W	1.270lm	3.000K
P27634	15W	1.350lm	6.500K
P26104	18W	1.600lm	6.500K

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70), sobre luminaria completa.

CARACTERÍSTICAS

- Bombilla LED formato bulbo para iluminación doméstica, su tecnología y diseño proporciona una mejor iluminación interior.
- Ahora hasta el 90% de energía comparado con las bombillas incandescentes.
- Cuerpo con acabado opalizado.
- Tecnología de chip LED SMD.
- Tipo de distribución: Directo Simétrico.
- No Dimerizable.



Watt	Ø(mm)	H(mm)
9W	60	106
12W	60	112
15W	60	120
18W	70	135



Figura 12 Especificaciones del bombillo tipo LED de 12 W (pág. 133), Catálogo de Sylvania 2024 [56]

Para poder hacer la correcta elección del tipo de bombillas respecto a estas áreas se tomó en cuenta su bajo consumo de energía, a comparación de las bombillas fluorescentes estas permiten ahorrar hasta un 90% de energía, su capacidad para generar

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
 Av.17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova
 Ibarra-Ecuador
 Teléfono: (06) 2997-800 RUC: 1060001070001
www.utn.edu.ec

Página 61

una luz clara y uniforme, y su adaptabilidad a espacios con dimensiones limitadas como los baños, mismos que se pueden apreciar en la Figura 12.

En el proceso de rediseño eléctrico del hospital “Asdrúbal de la Torre”, se implementó una distribución de cada circuito de iluminación. De acuerdo con las directrices establecidas por la Normativa Eléctrica Nacional (NEC), cada circuito tendrá un máximo de 15 puntos de conexión. Sin embargo, existen algunos circuitos que pueden ser expandidos, sus conexiones no completaron la cantidad de puntos máximos, permitiendo el uso de estas si se requieren ampliaciones futuras dependiendo de la necesidad del sector, sin afectar al funcionamiento del sistema eléctrico.

Para la facilidad y elaboración del sistema eléctrico se utilizó el software AutoCAD como herramienta fundamental de diseño. A la vez se usó la simbología contemplada en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, garantizando así una representación técnica estandarizada, como se puede apreciar en la Figura 13.

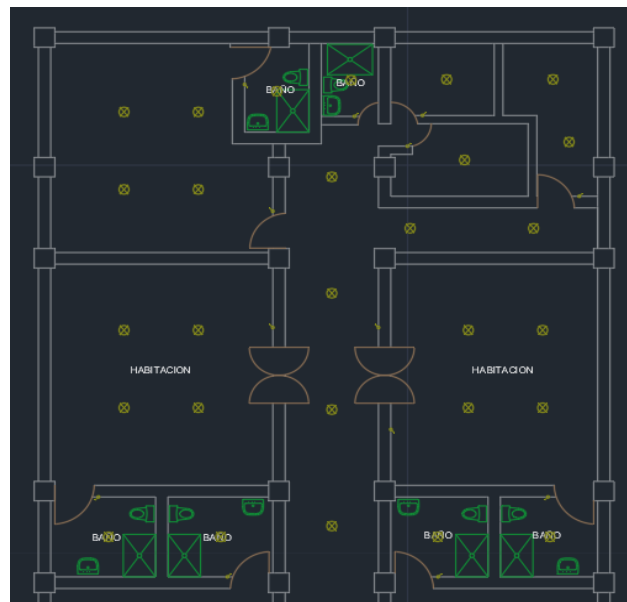


Figura 13 Simbología de luminarias

Se presentan de manera gráfica y exhaustiva las dimensiones de los diferentes espacios, ilustrando paso a paso el método de cálculo empleado para cada zona dentro del

Hospital. Este enfoque metodológico asegura no sólo una distribución uniforme de la luz, sino también la optimización de los recursos energéticos, a la vez que permite satisfacer la cantidad lumínica de cada área.

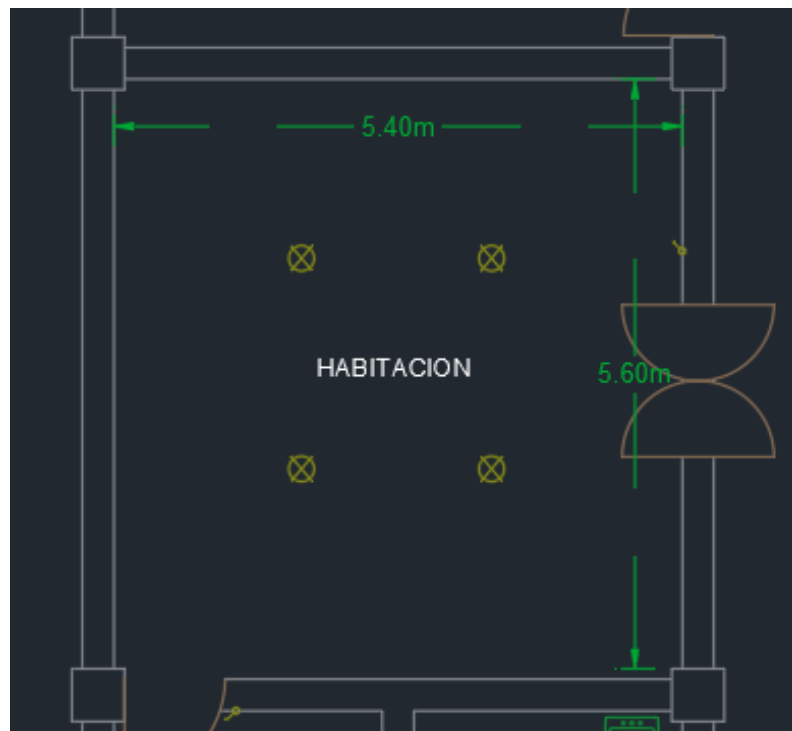


Figura 14 Dimensiones para el cálculo de luxes

Se describe de manera general como se realizó el cálculo de luxes en cada uno de los departamentos tomando como ejemplo el área de la Figura 14:

$$LUX = \frac{1800}{(5.40) * (5.60)}$$

$$LUX = \frac{1800}{30.24}$$

$$LUX = 59.52 \text{ lm/m}^2$$

Dentro del sistema se distribuyó en distintas áreas de las instalaciones tableros secundarios de distribución que permitan facilitar las conexiones y al mismo tiempo no se sobrecarguen cumpliendo con la normativa.

4.2.1.1 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 1 (TS1)

El tablero secundario TS1 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 2.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS1:

- 1) Tablero de Control
- 2) Caldero
- 3) Gas
- 4) Comedor
- 5) Cocina
- 6) Alacena
- 7) Alacena 2
- 8) Oficina
- 9) Pasillo principal

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Comedor, Tablero Principal, Gas, Caldero), C2 (Cocina, Alacena 1, Alacena 2), C3 (Pasillo, Oficina).

Tabla 5 Circuito de iluminación C1 TS1 Fase 1

Iluminación C1- TS1 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Luxes $s = \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	36	144	Tablero Principal	127	1,13	114,1	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Caldero	127	0,28	63,89	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	12	12	Gas	127	0,09	694,41	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

6	36	216	Comedor	127	1,70	48,13	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		408			3,21			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 408 W; la misma está comprendida de 14 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,21A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 6 Circuito de iluminación C2 TS1 Fase 1

Iluminación C2- TS1 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes $= [lm/m^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
11	36	396	Cocina	127	3,12	46,78	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Alacena 1	127	0,19	143,16	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Alacena 2	127	0,19	133,49	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		444			3,50			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 444W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,5A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 7 Circuito de iluminación C3 TS1 Fase 1

Iluminación C3- TS1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes = $\left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
8	12	96	Pasillo Principal	127	0,76	24,93	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	36	72	Oficina	127	0,57	133,37	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		168			1,32			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 168W, la misma está comprendida de 10 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,32A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.2 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 2 (TS2)

El tablero secundario TS2 cuenta con 4 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 3.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS2:

- 1) Habitaciones
- 2) Baños Individuales
- 3) Pasillo principal
- 4) Pasillo de las habitaciones
- 5) Áreas sin especificar

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Habitaciones, Baños individuales), C2 (Pasillo de la habitaciones), C3 (Habitaciones, Baños individuales), C4 (Pasillo principal).

Tabla 8 Circuito de iluminación C1 TS2 Fase 1

Iluminación C1- TS2 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	36	144	Habitación 1	127	1,13	61,73	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Habitación 2	127	1,13	58,48	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Habitación 5	127	1,13	61,73	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baño	127	0,28	199,89	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		468			3,69			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 468W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,69A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 9 Circuito de iluminación C2 TS2 Fase 1

Iluminación C2 - TS2 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

8	12	96	Pasillo Habitación	127	0,76	26,57	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	12	12	Baño	127	0,09	398,93	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		96			0,76			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 96W, la misma está comprendida de 9 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 0,76A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 10 Circuito de iluminación C3 TS2 Fase

Iluminación C3- TS2 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes = $\left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	36	144	Habitación 3	127	1,13	62,78	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Habitación 4	127	1,13	65,54	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Baño	127	0,19	215,98	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	12	48	Áreas sin especificación	127	0,38	52,61	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		312			2,46			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 312W, la misma está comprendida de 14 puntos de salida conectados para iluminación con una

Corriente de 2,46A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 11 Circuito de iluminación C4 TS2 Fase

Iluminación C4 - TS2 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $s = \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
11	12	132	Pasillo Principal	127	1,04	23,89	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		132			1,04			

El circuito de iluminación C4 se proyecta con una carga instalada de 132W, la misma está comprendida de 11 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,04A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.3 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 3 (TS3)

El tablero secundario TS3 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 4.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS3:

- 1) Consultorio
- 2) Trabajo Social
- 3) Control Sanitario
- 4) Odontología
- 5) Área sin Especificar

6) Pasillo Principal

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Consultorio, Baños, Trabajo Social, Control Sanitario), C2 (Pasillo, Odontología), C3 (Pasillo Central).

Tabla 12 Circuito de iluminación C1 TS3 Fase 1

Iluminación C1- TS3 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxe $s = \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
2	36	72	Consultorio	127	0,57	227,95	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Trabajo Social	127	1,13	128,31	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baño	127	0,28	157,44	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Control Sanitario	127	1,13	143,38	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		252			1,98			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 252W, la misma está comprendida de 13 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,98A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 13 Circuito de iluminación C2 TS3 Fase 1

Iluminación C2- TS3 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxe $s = \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

						lm/m ²]		
4	36	144	Odontología 1	127	1,13	119,63	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Odontología 2	127	1,13	92,91	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Área sin especificar	127	1,13	74,01	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Pasillo	127	0,28	50,91	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		432			3,40			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 432W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,40A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 14 Circuito de iluminación C3 TS3 Fase 1

Iluminación C3 - TS3 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente I = P/(V*cos θ)	Luxes = [lm/m ²]	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
11	12	132	Odontología 1	127	1,04	13,42	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		132			1,04			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 132W, la misma está comprendida de 11 puntos de salida conectados para iluminación con una

Corriente de 1,04A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.4 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 4 (TS4)

El tablero secundario TS4 cuenta con 2 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 5.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS4:

- 1) Vestidores
- 2) Vacunas
- 3) Baños
- 4) Lavandería
- 5) Ropa Blanca
- 6) Psicoprofilaxis
- 7) Cuarto de Costura

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Vestidores, Vacunas, Baño), C2 (Lavandería, Ropa Blanca, Psicoprofilaxis, Cuarto de Costura).

Tabla 15 Circuito de iluminación C1 TS4 Fase 1

Iluminación C1- TS4 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	36	144	Vestidores	127	1,13	69,30	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	36	72	Vacunas	127	0,57	143,37	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

4	12	48	Baños	127	0,38	175	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		264			2,08			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 264W, la misma está comprendida de 10 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,08A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 16 Circuito de iluminación C2 TS4 Fase 1

Iluminación C2- TS4 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes = $[\text{lm/m}^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	36	36	Ropa Blanca	127	0,28	244,08	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
6	36	216	Lavandería	127	1,70	46,16	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Cuarto de Costura	127	1,13	101,69	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Psicoprofilaxis	127	1,13	114,63	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		396			3,12			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 396W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,12A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la

Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.5 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 5 (TS5)

El tablero secundario TS5 cuenta con 2 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 6.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS5:

- 1) Lavandería
- 2) Limpieza
- 3) Aislamiento
- 4) Baño
- 5) Bodega
- 6) Oficina de Enfermería
- 7) Esterilización
- 8) Sala de Recuperación
- 9) Pasillo

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Lavandería, Limpieza, Aislamiento, Baño, Pasillo), C2 (Bodega, Oficina de Enfermería, Esterilización, Sala de Enfermería).

Tabla 17 Circuito de iluminación C1 TS5 Fase 1

Iluminación C1- TS5 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	36	36	Lavandería	127	0,28	506,67	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

1	12	12	Limpieza	127	0,09	536,26	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Aislamiento	127	0,28	321,64	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	12	48	Pasillo	127	0,38	62,26	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baño	127	0,28	187,34	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		84			0,66			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 84W, la misma está comprendida de 10 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 0,66A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 18 Circuito de iluminación C2 TS5 Fase 1

Iluminación C2- TS5 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
3	12	36	Bodega	127	0,28	126,58	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Oficina Enfermería	127	0,85	146,22	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
6	36	216	Esterilización	127	1,70	72,34	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

3	36	108	Sala de recuperación	127	0,85	122,28	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		360			2,83			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 360W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,83A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.6 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 6 (TS6)

El tablero secundario TS6 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 7.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS6:

- 1) Quirófano
- 2) Sala de Partos
- 3) Baño
- 4) Bodega
- 5) Pasillos
- 6) Sangre
- 7) Laboratorio
- 8) Oficina de Laboratorio
- 9) Observación

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Bodega, Quirófano, Sala de Parto, Pasillo), C2 (Baño, Pasillo, Sala de Parto, Observación, Áreas sin Especificar), C3(Sangre, Oficina de Laboratorio, Laboratorio, Baño, Áreas sin Especificar).

Tabla 19 Circuito de iluminación C1 TS6 Fase 1

Iluminación C1- TS6 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes $= [lm/m^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	12	12	Bodega	127	0,09	141,48	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
7	36	252	Quirófano	127	1,98	32,84	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Sala de Parto	127	1,13	53,92	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Pasillo	127	0,28	46,69	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		408			3,21			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 408W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,21A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 20 Circuito de iluminación C2 TS6 Fase 1

Iluminación C2- TS6 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes $= [lm/m^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
3	12	36	Áreas sin Especificar	127	0,28	61,76	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

2	36	72	Observación	127	0,57	130,66	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Sala de Parto	127	0,85	110,64	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	12	48	Pasillo	127	0,38	71,69	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baño	127	0,28	147,44	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		216			1,70			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 216W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,70A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 21 Circuito de iluminación C3 TS6 Fase 1

Iluminación C3 - TS6 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	36	36	Sangre	127	0,28	365,63	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
5	36	180	Áreas sin Especificar	127	1,42	184,53	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Oficina de Laboratorio	127	0,28	170,5	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

6	36	216	Laboratorio	127	1,70	115,32	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Baño	127	0,19	256,28	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		252			1,98			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 252W, la misma está comprendida de 15 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,98A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.7 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 7 (TS7)

El tablero secundario TS7 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 8.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS7:

- 1) Consultorios
- 2) Baños Individuales

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Consultorio 1, Consultorio 2, Baños Individuales), C2 (Consultorio 3, Consultorio 4, Baños Individuales), C3(Consultorio 5, Consultorio 6, Consultorio 7, Baños Individuales, Oficina).

Tabla 22 Circuito de iluminación C1 TS7 Fase 1

Iluminación C1 - TS7 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente I = $P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes = $[lm/m^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

3	36	108	Consultorio 1	127	0,85	123,41	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Consultorio 2	127	0,85	143,06	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Baños Individuales	127	0,19	296,95	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		240			1,89			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 240W, la misma está comprendida de 8 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,89A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 23 Circuito de iluminación C2 TS7 Fase 1

Iluminación C2 - TS7 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
3	36	108	Consultorio 3	127	0,85	143,06	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Consultorio 4	127	0,85	143,06	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Baños Individuales	127	0,19	296,95	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		240			1,89			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 240W, la misma está comprendida de 8 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 1,89A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 24 Circuito de iluminación C3 TS7 Fase 1

Iluminación C3 - TS7 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
3	36	108	Consultorio 5	127	0,85	102,88	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Consultorio 6	127	0,85	119,26	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	36	108	Consultorio 7	127	0,85	191,57	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Oficina	127	0,28	505,31	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	12	24	Baños Individuales	127	0,19	321,69	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		384			3,02			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 384W, la misma está comprendida de 12 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,02A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.8 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 8 (TS8)

El tablero secundario TS8 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 9.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS8:

- 1) Triage
- 2) Baño
- 3) Farmacia Emergencia
- 4) Oficina RX
- 5) Mamógrafo
- 6) RX
- 7) Vestidores
- 8) Cuarto Oscuro
- 9) Farmacia
- 10) Vacunas
- 11) Áreas sin Especificar

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Triage, Baño, Farmacia Emergencia, Oficina RX, Cuarto Oscuro, Mamógrafo, RX, Vestidores, Área sin especificar), C2 (Farmacia 1, Farmacia 2, Baño), C3 (Vacunas, Áreas sin Especificar).

Tabla 25 Circuito de iluminación C1 TS8 Fase 1

Iluminación C1 - TS8 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Tensión	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	36	36	Triage	127	0,28	183,65	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"

1	36	36	Oficina RX	127	0,28	250,78	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	36	72	Mamógrafo	127	0,57	239,76	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
2	36	72	RX	127	0,57	193,24	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Farmacia de Emergencia	127	0,28	221,19	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Áreas sin especificar	127	0,28	552,99	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	12	12	Vestidores	127	0,09	408,08	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	36	36	Cuarto Oscuro	127	0,28	430,66	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baños	127	0,28	135,91	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		372			2,93			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 372W, la misma está comprendida de 13 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,93A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 26 Circuito de iluminación C2 TS8 Fase 1

Iluminación C2 - TS8 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por	Dependencia	Voltaje	Corriente I=	Luxes =	Conductor	Ducto/ canaleta (mm)

		dependencia (W)			$P/(V \cdot \cos \Theta)$	lm/m^2		
5	36	180	Farmacia 1	127	1,42	81,50	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
5	36	180	Farmacia 2	127	1,42	73,56	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
1	12	12	Baño	127	0,09	470,22	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		372			2,93			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 372W, la misma está comprendida de 11 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,93A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 27 Circuito de iluminación C3 TS8 Fase 1

Iluminación C3 - TS8 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Luxes $= [lm/m^2]$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
6	36	216	Vacunas	127	1,70	67,74	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Áreas sin especificar	127	1,13	77,5	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		360			2,83			

El circuito de iluminación C3 se proyecta con una carga instalada de 360W, la misma está comprendida de 10 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,83A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la

Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.1.9 Iluminación Tablero Secundario de Distribución 9 (TS9)

El tablero secundario TS9 cuenta con 3 circuitos designados para el sistema de iluminación como se puede observar en el Anexo E – 10.

A continuación, se detalla las áreas que están conectadas al tablero secundario de distribución TS9:

- 1) Pasillo Principal
- 2) Sala de Espera
- 3) Estadística
- 4) Consultorio
- 5) Baño
- 6) Áreas sin Especificar

Las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: C1 (Pasillo Principal, Sala de Espera), C2 (Estadística, Sala de Espera, Consultorio, Baño, Áreas sin Especificar).

Tabla 28 Circuito de iluminación C1 TS9 Fase 1

Iluminación C1 - TS9 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $= \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
8	12	96	Pasillo Principal	127	0,76	29,41	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
6	36	216	Sala de Espera	127	1,70	18,44	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		312			2,46			

El circuito de iluminación C1 se proyecta con una carga instalada de 312W, la misma está comprendida de 12 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 2,46A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

Tabla 29 Circuito de iluminación C2 TS9 Fase 1

Iluminación C2 - TS9 - Fase 1								
No. de luminarias	Potencia (W)	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Luxes $s = \frac{lm}{m^2}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	36	36	Estadística	127	0,28	113,18	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
6	36	216	Consultorio	127	1,70	72,38	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
3	12	36	Baño	127	0,28	247,76	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
4	36	144	Áreas sin Especificar	127	1,13	59,87	2x#14 AWG (THHN)	RMC 2"
Total		432			3,40			

El circuito de iluminación C2 se proyecta con una carga instalada de 432W, la misma está comprendida de 14 puntos de salida conectados para iluminación con una Corriente de 3,40A en la Fase 1. Tomando en cuenta los límites establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) el valor total de la carga no supera los 1,5kW y respectivamente la corriente que soportará el circuito no supera los 15A.

4.2.2 Sistema de Fuerza

Los sistemas eléctricos respecto a la fuerza fueron dimensionados para mantener un máximo de 10 puntos de conexión, donde cada punto puede manejar una potencia de 200 W, mientras que el circuito completo soporta hasta 2 kW.

La infraestructura incluye tres conductores esenciales: fase, neutro y se analizó que deben ser de calibre #12 AWG THHN y el conductor de puesta de tierra #14 AWG THHN. El rediseño eléctrico tiene como finalidad optimizar para garantizar una distribución equilibrada de cargas, previniendo fluctuaciones y asegurando la estabilidad del sistema; se puede apreciar la simbología usada en la Figura 15.

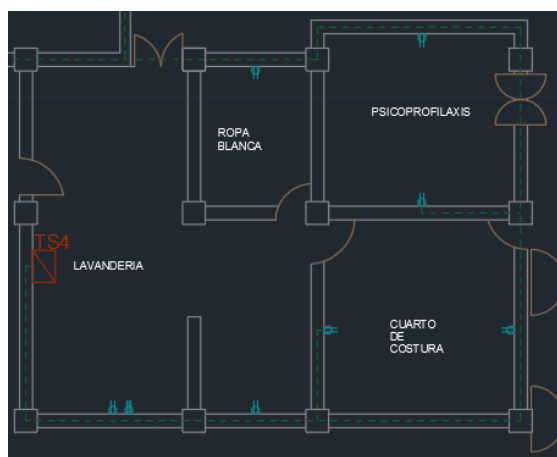


Figura 15 Simbología para tomacorriente

4.2.2.1 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 1 (TS1)

El tablero secundario TS1 cuenta con 2 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 2 adjunto:

Tabla 30 Circuito de Fuerza C4 TS1 Fase 2

Tomacorrientes C4-TS1 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{V \cdot \cos \Theta}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

1	200	Pasillo	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Vestidores	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
2	400	Vacunas	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
4	800	Comedor	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C4 ubicado en el tablero TS1 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60 A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 31 Circuito de Fuerza C5 TS1 Fase 2

Tomacorrientes C5-TS1 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	200	Caldero	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"

4	800	Cocina	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
2	400	Alacena	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Pasillo	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Oficina	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1800			14,17		

El circuito de fuerza C5 ubicado en el tablero TS1 va a soportar una demanda de potencia de 1800 W, distribuida a través de 9 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 14,60 A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.2 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 2 (TS2)

El tablero secundario TS2 cuenta con 3 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 3 adjunto:

Tabla 32 Circuito de Fuerza C5 TS2 Fase 2

Tomacorrientes C5-TS2 - Fase 2

No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	800	Habitación 1	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
4	800	Habitación 2	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Habitación 5	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	2000			15,75		

El circuito de fuerza C5 ubicado en el tablero TS2 va a soportar una demanda de potencia de 2000 W, distribuida a través de 10 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 15,75 A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 33 Circuito de Fuerza C6 TS2 Fase 2

Tomacorrientes C6-TS2 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	800	Habitación 3	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"

4	800	Habitación 4	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C6 ubicado en el tablero TS2 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60 A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 34 Circuito de Fuerza C7 TS2 Fase 2

Tomacorrientes C7-TS2 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{V \cdot \cos \Theta}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
4	800	Área sin Especificar	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
2	400	Baño	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1200			9,45		

El circuito de fuerza C7 ubicado en el tablero TS2 va a soportar una demanda de potencia de 1200 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 9,45A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de

los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.3 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 3 (TS3)

El tablero secundario TS3 cuenta con 1 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 4 adjunto:

Tabla 35 Circuito de Fuerza C4 TS3 Fase 2

Tomacorrientes C4 - TS3 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
2	400	Consultorio	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Trabajo Social	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Control Sanitario	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
3	600	Área sin Especificar	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
3	600	Odontología	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	2000			15,75		

El circuito de fuerza C4 ubicado en el tablero TS3 va a soportar una demanda de potencia de 2000 W, distribuida a través de 10 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 15,75A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.4 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 4 (TS4)

El tablero secundario TS1 cuenta con 1 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 5 adjunto:

Tabla 36 Circuito de Fuerza C3 TS4 Fase 2

Tomacorrientes C3-TS4 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
2	400	Vestidores	127	3,15	2x#12 AWG (THHN) + 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Lavandería	127	3,15	2x#12 AWG (THHN) + 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Ropa Blanca	127	1,57	2x#12 AWG (THHN) + 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Psicoprofilaxis	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)	RMC 2"

					+ 14(THH N)	
2	400	Cuarto de Costura	127	3,15	2x#12 AWG (THHN) + 14(THH N)	RMC 2"
Total	1800			14,17		

El circuito de fuerza C3 ubicado en el tablero TS4 va a soportar una demanda de potencia de 1800 W, distribuida a través de 9 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 14,17A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.5 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 5 (TS5)

El tablero secundario TS5 cuenta con 1 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 6 adjunto:

Tabla 37 Circuito de Fuerza C3 TS5 Fase 2

Tomaacorrientes C3-TS5 - Fase 2						
No. de Tomaacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	200	Lavandería	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Aislamiento	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+	RMC 2"

					14(THH N)	
1	200	Oficina de Enfermería	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
3	600	Esterilizaci ón	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
2	400	Sala de Recuperaci ón	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C3 ubicado en el tablero TS5 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.6 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 6 (TS6)

El tablero secundario TS6 cuenta con 2 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 7 adjunto:

Tabla 38 Circuito de Fuerza C4 TS6 Fase 2

Tomacorrientes C4-TS6 - Fase 2						
No. de Tomacorrient es	Potencia por	Dependenc ia	Voltaje	Corriente I=	Conducto r	Ducto/ canaleta (mm)

	dependencia (W)			$P/(V \cdot \cos \Theta)$		
4	800	Quirófano	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
4	800	Sala de Partos	127	6,30	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Estación de Enfermería	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Baño	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	2000			15,75		

El circuito de fuerza C3 ubicado en el tablero TS6 va a soportar una demanda de potencia de 2000 W, distribuida a través de 10 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 15,75A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 39 Circuito de Fuerza C5 TS6 Fase 2

Tomacorrientes C5-TS6 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = P/(V \cdot \cos \Theta)$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

1	200	Sangre	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Pasillo	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
3	600	Laboratorio	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
1	200	Oficina de Laboratorio	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
2	400	Observació n	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THH N)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C5 ubicado en el tablero TS6 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.7 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 7 (TS7)

El tablero secundario TS7 cuenta con 2 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 8 adjunto:

Tabla 40 Circuito de Fuerza C4 TS7 Fase 2

Tomacorrientes C4-TS7 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
2	400	Consultorio 1	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio 2	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio 3	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio 4	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C4 ubicado en el tablero TS7 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 41 Circuito de Fuerza C5 TS7 Fase 2

Tomacorrientes C5-TS7 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
2	400	Consultorio 5	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio 6	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio 7	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Oficina	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	1400			11,02		

El circuito de fuerza C5 ubicado en el tablero TS7 va a soportar una demanda de potencia de 1400 W, distribuida a través de 7 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 11,02A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.8 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 8 (TS8)

El tablero secundario TS8 cuenta con 2 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente

en el Anexo E - 9 adjunto:

Tabla 42 Circuito de Fuerza C4 TS8 Fase 2

Tomacorrientes C4-TS8 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
1	200	Triaje	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Farmacia de Emergencia	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Oficina RX	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Mamógrafo	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	RX	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Vestidores	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Cuarto Oscuro	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"

Total	1600			12,60		
-------	------	--	--	-------	--	--

El circuito de fuerza C4 ubicado en el tablero TS8 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 12,60A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

Tabla 43 Circuito de Fuerza C5 TS8 Fase 2

Tomacorrientes C5-TS8 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
5	1000	Farmacia	127	7,87	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Vacunas	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Área sin Especificar	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
1	200	Pasillo	127	1,57	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	2000			15,75		

El circuito de fuerza C5 ubicado en el tablero TS8 va a soportar una demanda de potencia de 2000 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula por la misma alcanza los 15,75A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.2.9 Circuito de Fuerza Tablero Secundario de Distribución 9 (TS9)

El tablero secundario TS9 cuenta con 1 circuitos específicamente designados y configurados para el sistema de fuerza eléctrica, como se puede observar detalladamente en el Anexo E - 10 adjunto:

Tabla 44 Circuito de Fuerza C3 TS9 Fase 2

Tomacorrientes C3-TS9 - Fase 2						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \Theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
3	600	Estadística	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
2	400	Consultorio	127	3,15	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
3	600	Área sin Especificar	127	4,72	2x#12 AWG (THHN)+ 14(THHN)	RMC 2"
Total	1600			12,60		

El circuito de fuerza C3 ubicado en el tablero TS9 va a soportar una demanda de potencia de 1600 W, distribuida a través de 8 puntos de conexión. La corriente que circula

por la misma alcanza los 12,60A, manteniéndose significativamente por debajo del umbral crítico de 20 A. Estas características operativas demuestran un cumplimiento riguroso de los estándares establecidos en la Normativa Ecuatoriana de Construcción, particularmente en lo referente al límite máximo de potencia total permitida de 2 kW.

4.2.3 Cargas Especiales

De acuerdo con el código eléctrico NEC, se clasifican como circuitos especiales aquellas instalaciones cuya potencia excede los 1,5 kW. Estas conexiones requieren un diseño independiente y están limitadas a una única salida, dado que al momento de su funcionamiento el flujo de corriente es demasiado elevado.

Para su implementación, se especifica el uso de conductores a partir del calibre #10 AWG con aislamiento THHN, tanto para las líneas de fase como para el neutro. El conductor de puesta a tierra debe ser del mismo calibre para evitar cualquier problema. En las cargas especiales se diagnosticó como necesario separar el sistema para las duchas eléctricas y otros equipos especiales usados en el sistema médico; a continuación, en las siguientes tablas se detallan:

Tabla 45 Circuitos Duchas Eléctricas Fase 1

Cargas Especiales F3						
No. de Circuitos	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)
10	2000	Ducha Eléctrica	127	157,48	3x# 10 AWG (THHN)+10(T)	RMC 2"
Total				157,48		

Tabla 46 Equipos especiales

Tomacorrientes Especiales Fase 1,2,3						
No. de Tomacorrientes	Potencia por dependencia (W)	Dependencia	Voltaje	Corriente $I = \frac{P}{(V \cdot \cos \theta)}$	Conductor	Ducto/canaleta (mm)

1	2000	Lavadora F2	220	9,09	3x# 10 AWG (THHN)+10(T)	RMC 2"
1	2000	Lavadora F2	220	9,09	3x# 10 AWG (THHN)+10(T)	RMC 2"
1	5000	Secadora F1	220	22,73	3x# 8 AWG (THHN)+8(T)	RMC 2"
1	30000	Rayos X F1	220	136,36	3x# 1/0 AWG (THHN)+1/0(T)	RMC 2"
1	30000	Rayos X F3	220	136,36	3x# 1/0 AWG (THHN)+1/0(T)	RMC 2"
1	2500	Destilador F2	220	11,36	3x# 10 AWG (THHN)+10(T)	RMC 2"
1	9000	Esterilizador F2	220	40,91	3x# 6 AWG (THHN)+6(T)	RMC 2"
1	3000	Esterilizador F2	220	13,64	3x# 10 AWG (THHN)+10(T)	RMC 2"
Total	83500			379,55		

Para evitar sobrecargas en la tabla 46 se detalló a qué fases deben encontrarse conectados los equipos especiales con denominaciones F1, F2 y F3.

4.2.4 Dimensionamiento de Protecciones

Para el correcto dimensionamiento de las protecciones eléctricas, se toma en cuenta si el circuito está designado para iluminación o fuerza, tendra que soportar distintos valores de corriente.

4.2.4.1 Protecciones en el Circuito de iluminación

Se realizó el cálculo para determinar qué cantidad van a soportar los sistemas de protección respectivamente, tomando en cuenta que cada una de las salidas va a soportar 100W aproximadamente.

Los circuitos eléctricos estarán conformados por un máximo de 15 puntos de conexión que permitan el cumplimiento de la normativa y una corriente máxima de 15A.

$$I = \left(\frac{\text{Potencia} * N^{\circ} \text{ Salidas}}{\text{Voltaje}} \right) * 125$$

$$I = \left(\frac{100W * 15}{127} \right) * 125$$
$$I = 14,76 A$$

El resultado obtenido del cálculo de corriente de sobrecarga nos da un valor de 14,76 A; tomando este valor se estableció dimensionar un equipo de protección de 15 A para proteger el circuito eléctrico de iluminación.

4.2.4.2 Protecciones en el Circuito de Fuerza

Se realizó el cálculo para determinar qué cantidad van a soportar los sistemas de protección respectivamente, tomando en cuenta que cada una de las salidas va a soportar 200W aproximadamente.

Los circuitos eléctricos estarán conformados por fase, neutro y tierra, cumpliendo con un máximo de 10 puntos de conexión que permitan el cumplimiento de la normativa y una corriente máxima de 20A.

$$I = \left(\frac{Potencia * N^{\circ} Salidas}{Voltaje} \right) * 125$$
$$I = \left(\frac{200W * 10}{127} \right) * 125$$
$$I = 19,69 A$$

El resultado obtenido del cálculo de corriente de sobrecarga nos da un valor de 19,69 A. Tomando este valor se estableció dimensionar un equipo de protección de 20 A para proteger tanto el circuito eléctrico de fuerza como a los equipos conectados al mismo.

4.2.4.3 Distribución de Protecciones

Se dimensionaron correctamente las protecciones para evitar sobrecargas o problemas en el circuito eléctrico, el mismo que se encuentra en la Tabla 47.

Tabla 47 Protecciones Tablero General

Protecciones Tablero Principal		
Tipo	Breaker	Circuito

Breaker principal		
Trifásico (3P)	1000A	Acometida Principal
Tableros Secundarios		
Monofásico (1P)	105A	TS1
Monofásico (1P)	135A	TS2
Monofásico (1P)	65A	TS3
Monofásico (1P)	50A	TS4
Monofásico (1P)	50A	TS5
Monofásico (1P)	85A	TS6
Monofásico (1P)	85A	TS7
Monofásico (1P)	85A	TS8
Monofásico (1P)	50A	TS9
Cargas Especiales		
Bifásico (2P)	135 A	Rayos X

Bifásico (2P)	135 A	Rayos X
Bifásico (2P)	50 A	Esterilizador
Bifásico (2P)	50A	Lavadora, Secadora y Destilador

Las tablas de las protecciones de cada uno de los tableros secundarios se encuentran adjuntas en los Anexos G del proyecto de investigación.

4.2.5 Dimensionamiento del grupo Electrónico

Respecto a lo que interviene en el grupo electrónico, se tiene como base los valores calculados de las cargas, el mismo que va a ser calculado con la Fórmula (8) de la siguiente manera:

$$CI = 199834,5 + \frac{(199834,5 * 10)}{100}$$

$$CI = 199834,5 + 19983,45$$

$$CI = 219818,95$$

Se obtuvo un valor aproximado de 219818,95 entonces se determinó para el funcionamiento correcto de los aparatos eléctricos de la institución un generador aproximado de 220 KVA. El valor aproximado de un generador con los siguientes parámetros estaría entre un intervalo de **50.000 y 70.000 dólares estadounidenses**, los cuales van a depender de la marca, modelo, calidad, lugar de adquisición entre otros factores; se deben de tomar de manera relevante el valor que va a tener tanto el transporte, instalación, mantenimiento, adquisición de la materia prima para el funcionamiento.



4.2.6 Sistema de Puesta a Tierra

Dentro de las instalaciones lamentablemente no disponen de un sistema de puesta a tierra para evitar problemas tanto en equipos como en el personal de trabajo. A continuación se detallarán los elementos que se tomaron en cuenta para la realización de un sistema mallado de puesta a tierra en las instalaciones correspondientes, tomando en cuenta que el valor de la puesta a tierra debe estar por debajo de los 25Ω para un funcionamiento correcto.

La configuración e instalación de un sistema de puesta a tierra eficiente requiere adherirse estrictamente a los lineamientos establecidos en la normativa IEEE Std 80-2013. Esta normativa enfatiza la necesidad de llevar a cabo una evaluación exhaustiva de las propiedades geológicas del terreno mediante análisis de resistividad, así como la identificación de un emplazamiento con dimensiones suficientes para la disposición óptima de la malla. La resistencia teórica de la malla debe ser determinada mediante modelado matemático antes de proceder con la implementación física, permitiendo ajustes preventivos que garanticen el cumplimiento normativo.

Una vez completada la instalación, resulta imperativo validar los valores calculados mediante mediciones en el sitio utilizando instrumentación especializada como el telurómetro, lo que permite verificar la correspondencia entre el diseño teórico y el comportamiento real del sistema, asegurando así la integridad operativa y la seguridad eléctrica en todas las áreas del complejo hospitalario.

4.2.6.1 Determinación del lugar para realizar el mallado

Se recomienda que el sistema de protección de puesta a tierra no supere los 5 metros de distancia del panel principal de control para un mejor funcionamiento. El área que se seleccionó se encuentra con fácil acceso en la parte posterior del mismo, como se puede observar en la Figura 34 .

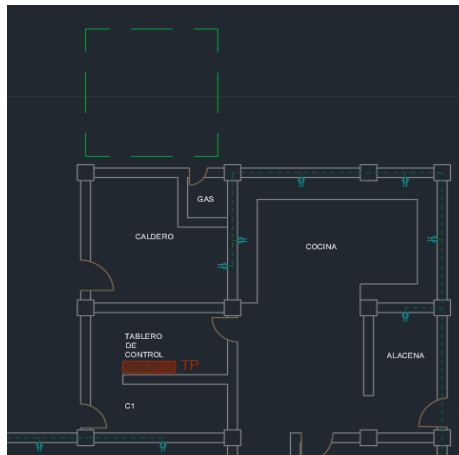


Figura 16 Ubicación del mallado para puesta a tierra



Figura 17 Imagen referencial puesta a tierra

A continuación, se realizó una medición en el área del terreno real en la cual se va a realizar el sistema de mallado de acuerdo con el estudio la misma que se puede observar en la Figura 35.

4.2.6.2 Cálculo de Resistividad

Al realizar las mediciones a 2 metros de distancia una pica de la otra formando un cuadrado en el que se obtuvo los siguientes valores así como se muestra en la Figura 36. Las mediciones obtenidas y otras imágenes respecto a las mismas se encuentran en los Anexos C del proyecto de investigación.



Figura 18 Medición de Resistividad del suelo

Con los valores que se obtuvieron en el telurómetro, en este caso fue el instrumento de medición, por lo que se llegó a la conclusión de que el suelo no es homogéneo, ya que los valores de medición fueron aparentemente variados.

p1 = 87

p2 = 125

La resistividad equivalente del suelo en estas condiciones será la siguiente:

$$R1 = 87 + 125 / 2$$

$$R1 = 106$$

El valor que se obtuvo como resistividad promedio será de 106 Ω por metro.

Como parámetros necesarios para la determinación de la puesta a tierra, se tenía los valores del transformador, tomando en cuenta que estos son establecidos de fábrica, lo que ayuda al funcionamiento correcto en distintas condiciones:

Transformador: 100kVA

Corriente de falla estimada (If): 2000 A

Tiempo de despeje de falla (tf): 0.5 segundos

Factor de crecimiento (Fc): 1.2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Temperatura ambiente: 25°C

El área seleccionada en el lugar estaba comprendida por dimensiones de 4m de ancho por 4m de largo, teniendo como resultado 16m² para realizar el mallado de puesta a tierra.

Para la selección del conductor se usaron las fórmulas de la IEEE Std 80 2013 donde se obtuvo como resultado un valor de área en milímetros cuadrados (Amm²) de aproximadamente 26.9 mm².

Por lo tanto, se selecciona conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG (67.4 mm²) por seguridad y cumplimiento de normas.

4.2.6.3 Cálculo de Voltajes de Paso y Contacto Tolerables

Para el cálculo de los siguientes parámetros establecidos en las normas IEEE Std 80 2013 como resultado se obtuvo el siguiente resultado: el valor del voltaje de paso Epaso de 2,723 V aproximadamente; en cambio, para contacto se calculó un valor de voltaje de contacto Econtacto de 823 V aproximadamente.

4.2.6.4 Cálculo de la Resistencia en Malla

Para realizar correctamente el dimensionamiento, se determinó a usando la fórmula de Sverak tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Profundidad: 0.5m

Resistencia por metro promedio: 106 Ω*m

Longitud de conductores: 40 m

Área del lugar: 16 m²

La resistencia obtenida luego de realizar los cálculos nos deja un valor de resistencia de aproximadamente 9.3 Ω. Este valor está por debajo del máximo recomendado de 10 Ω para tableros principales y cumple con el objetivo.



4.2.7 Balance de las cargas y corrientes del sistema eléctrico

El objetivo del balance es distribuir de manera correcta todo el sistema eléctrico en las distintas fases para un equilibrio y mayor eficiencia del uso de las fases que nos ofrece el transformador. Las mismas se encuentran distribuidas en las tablas 48 y 49 que se encuentran a continuación:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-2019-000000000000-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



Tabla 48 Balance de Cargas

BALANCE DE LAS LINEAS POTENCIA (kW)											TOTAL (kW)
	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6	TS7	TS8	TS9	CE	
Fase 1	1,02	1	0,82	0,66	0,44	0,88	0,86	1,1	0,74	35	42,52
Fase 2	3,4	6	2	1,8	1,6	3,6	3	3,6	1,6	18,5	45,1
Fase 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50

Tabla 49 Balance de Corrientes

BALANCE DE LAS LINEAS CORRIENTE (A)											TOTAL (A)
	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6	TS7	TS8	TS9	CE	
Fase 1	8,03	7,95	6,42	5,2	3,49	6,89	6,8	8,69	5,86	199,09	258,42
Fase 2	26,77	37,8	15,75	14,17	12,6	28,35	23,62	28,35	12,6	84,09	284,1
Fase 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293,84	293,84

4.3 Presupuesto Referencial

Tomando en cuenta los precios del mercado se han generado un presupuesto referencial en dólares americanos que corresponden a la Tabla 50, misma a tomar en cuenta al momento del rediseño de las instalaciones.

Tabla 50 Presupuesto General

Presupuesto General Referencial	
Material	Precio
Tomacorrientes	434,55
Tableros y Protección	2511,11
Conductores	38045
Puesta a Tierra	1163,45
Luminarias	3180,15
Mano de Obra	3620
Grupo Electrónico	52500
Subtotal	101454,26
IVA	12174,5112
Total	113628,771

En el Anexo F - 1 se puede acceder a la información de los presupuestos de manera detallada para observar cómo fue distribuido los costos potenciales del proyecto de rediseño.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



CONCLUSIONES

La recopilación de bases teóricas sobre instalaciones eléctricas hospitalarias ha puesto en evidencia la alta complejidad y criticidad de estos sistemas, donde la seguridad, confiabilidad y cumplimiento normativo son pilares fundamentales. Para lograr un diseño eléctrico hospitalario seguro y eficiente, es imprescindible implementar soluciones técnicas como sistemas de puesta a tierra de alto desempeño, alimentación ininterrumpida para cargas críticas y protección ante perturbaciones electromagnéticas. En este contexto, la actualización constante en normativa y tecnología resulta esencial para garantizar no solo la seguridad y operatividad del sistema, sino también su capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes del entorno hospitalario, asegurando así una infraestructura eléctrica sustentable y alineada con los más altos estándares nacionales e internacionales.

La evaluación diagnóstica del sistema eléctrico del Hospital "Asdrúbal de la Torre" reveló deficiencias estructurales significativas que comprometen tanto la seguridad de pacientes y personal médico como la confiabilidad del correcto funcionamiento en instrumentación médica que necesita el servicio eléctrico. Se identificaron inconformidades sustanciales respecto a la normativa vigente, principalmente relacionadas con la ausencia de selectividad en las protecciones, desbalance de cargas, y ausencia de sistemas de tierra. Se constató la ausencia de documentación técnica actualizada, incluidos planos eléctricos y memorias de cálculo, lo que dificulta significativamente las labores de mantenimiento y ampliación.

El rediseño eléctrico en el Hospital "Asdrúbal de la Torre" permitirá el cambio en la infraestructura eléctrica, elevando los estándares mientras responde efectivamente a las particularidades operativas de la institución. El sistema eléctrico mediante planos eléctricos, y documentaciones técnicas detallada permitirá establecer una base documental sólida que facilitará futuras intervenciones y mantenimientos preventivos. El sistema rediseñado cumple los requerimientos establecidos por las normativas, garantizando la seguridad, confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico vital para la operación del centro hospitalario.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo inteligente que permita al personal técnico del hospital supervisar las instalaciones eléctricas de manera continua y en tiempo real. Este sistema facilitará la detección temprana de posibles fallas, permitiendo al equipo de mantenimiento actuar de forma preventiva antes de que se presenten emergencias que puedan afectar la atención médica de los pacientes.

Se sugiere evaluar la posibilidad de incorporar fuentes de energía renovable como una medida que beneficie tanto al hospital como al canton de Cotacachi. La implementación de paneles solares con sistemas de respaldo podría reducir significativamente los costos operativos del hospital a largo plazo, liberando recursos que pueden destinarse directamente a mejorar la atención médica y los servicios que recibe la población local.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. M. Laura Ulo, "*Relevamiento y mejoramiento del servicio eléctrico del Hospital Materno Infantil de la Caja Nacional de Salud*", 2020.
- [2] D. A. Sánchez Izurieta, "*Estudio técnico y propuesta de rediseño del sistema eléctrico del Centro de Salud N° 1 "Centro Histórico" del Ministerio de Salud Pública*," 2022.
- [3] W. A. Almeida Carvajal, "*Rediseño de la red eléctrica de bajo voltaje del Hospital del Adulto Mayor para mejorar la seguridad y calidad de las instalaciones eléctricas*," 2023.
- [4] D. A. Montañez Tarazona, B. T. Pintado Arostegui, and G. P. Tullume Garay, "*Protección de las instalaciones eléctricas y su impacto en los servicios de salud del Hospital de Apoyo Daniel Alcides Carrión-Ayacucho*, 2022", 2023.
- [5] E. Guzmán Narváez, "*Diseño de la reinstalación del sistema eléctrico del Hospital HIES Luis Uría de la Oliva de la Ciudad de La Paz, que pertenece a la Caja Nacional de Salud*." Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 2019
- [6] V. H. Rodríguez Pino, "*Diseño de un sistema de protección eléctrica para equipos biomédicos de un Hospital tipo IV en la ciudad de Puno*."
- [7] L. W. Tellez Oporto, "*Rediseño de la puesta a tierra en la Clínica Resocentro ubicada en la zona de Miraflores de la Ciudad de La Paz*."
- [8] B. J. Verástegui Mena, "*Análisis integral del sistema eléctrico proyectado del Instituto Gastroenterológico 4to nivel de la ciudad de La Paz*."
- [9] R. F. Cruz Huanca, "*Rediseño de las instalaciones del sistema eléctrico de un hospital de tercer nivel - Hospital Obrero No. 1*," ed, 2022.
- [10] K. A. Maza Niño, "*"Sistema eléctrico de respaldo para mejorar los servicios del Hospital las Mercedes - Paíta*," ed, 2020.
- [11] L. A. Barboza Aquino, "*Rediseño del sistema eléctrico interior en baja tensión 380/220V para reducir el consumo de energía en el Centro Médico EsSalud – Cayalti*," ed, 2020.
- [12] I. W. Book, "*Engineers, Electric Systems in Health Care Facilities*," ed, 2007.
- [13] A. E. B. O. d. Estado, "*Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC*," ed, 2023.
- [14] A. D. S. Unamuno, "*Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*," ed, 2018.
- [15] R. L. Boylestad, "*Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación, 2004.
- [16] A. P. Malvino and D. J. Bates, "*Principios de electrónica*," 2020.
- [17] F. THOMAS, "*Principios de circuitos electrónicos*. Pearson Educación, 2007.
- [18] M. A. Sadiku, "*Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mc Graw Hill, 2006.
- [19] G. Enríquez Harper, "*Elementos de diseños de subestaciones eléctricas*," 2020.
- [20] I. L. Kosow, "*Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [21] T. Wildi, "*Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*," 2007.
- [22] J. J. Grainger and W. D. Stevenson, "*Análisis de sistemas de potencia*," 2022.
- [23] S. Chapman, "*Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2012.

- [24] T. Gonen, *Electrical power transmission system engineering: analysis and design*. CRC press, 2019.
- [25] S. Parra Aleman, "Diseño y fabricación de tableros de distribución en baja tensión–proyecto subestación edificio Banco Agrario Dirección General," 2016.
- [26] A. L. Farina, "Tableros eléctricos," *Suplemento Instaladores*, pp. 64-65, 2019.
- [27] G. Enríquez Harper, "Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión," 2005.
- [28] L. Zehnder, J. Kiefer, D. Braun, and T. Schoenemann, "Interruptores automáticos con SF," *Revista ABB*, p. 35, 2002.
- [29] M. S. R. Alanis, "Protección de sistemas eléctricos de potencia," *Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León*, 2021.
- [30] G. Enríquez Harper, *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México D.F.: Limusa, 2019.
- [31] J. L. Blackburn and T. J. Domin, *Protective relaying: principles and applications*. CRC press, 2019.
- [32] J. J. López Caro and L. Hernández Pastrana, "Guía para diseñar instalaciones eléctricas domiciliarias según NTC 2050 y Retie," 2012.
- [33] J. I. G. Torres and J. H. G. Ortiz, "Área Transversal de un Cable y su Calibre AWG (American Wire Gauge)," *Conciencia Tecnológica*, no. 46, pp. 43-47, 2013.
- [34] J. Cadick and A. I. T. Institute, *Cables and Wiring*. Delmar Publishers, 1999.
- [35] A. C. Santos and J. L. H. Martín, *Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión. 2ª Edición.: Diseño, Cálculo, Dirección, Seguridad y Montaje*. Ra-Ma Editorial, 2012.
- [36] R. G. Márquez, *La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el RAT*. Marcombo, 2019.
- [37] N. F. P. Association, *NFPA 70: National electrical code*. NationalFireProtectionAssoc, 2007.
- [38] T. Canala-Echevarría Gompertz, "Especificación y selección de generadores para uso industrial: emergencia, autogeneración y cogeneración," QUITO/EPN/2020.
- [39] B. Rodríguez and D. Milagros, "Dimensionamiento y selección de generadores de emergencia en sistemas industriales."
- [40] V. Kiray, M. Orhan, and J. Chijioke, "Significant Increase in Fuel Efficiency of Diesel Generators with Lithium-Ion Batteries Documented by Economic Analysis," vol. 14, p. 6904, 2021.
- [41] H. Bevrani, J. Ford, A. Ghosh, G. Ledwich, and Z. Y. Dong, "Power Systems Emergency Control," 2018.
- [42] A. Emadi, A. Nasiri, and S. B. Bekiarov, *Uninterruptible power supplies and active filters*. CRC press, 2017.
- [43] A. Clase and B. Clase, "NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)(Continúa de la Octava Sección)."
- [44] A. MENACHO VILLA, *Sistemas de alimentación ininterrumpida*. Ediciones Paraninfo, SA, 2013.
- [45] I. E. d. E. INECCEL, *Código Eléctrico Ecuatoriano*. 1973.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

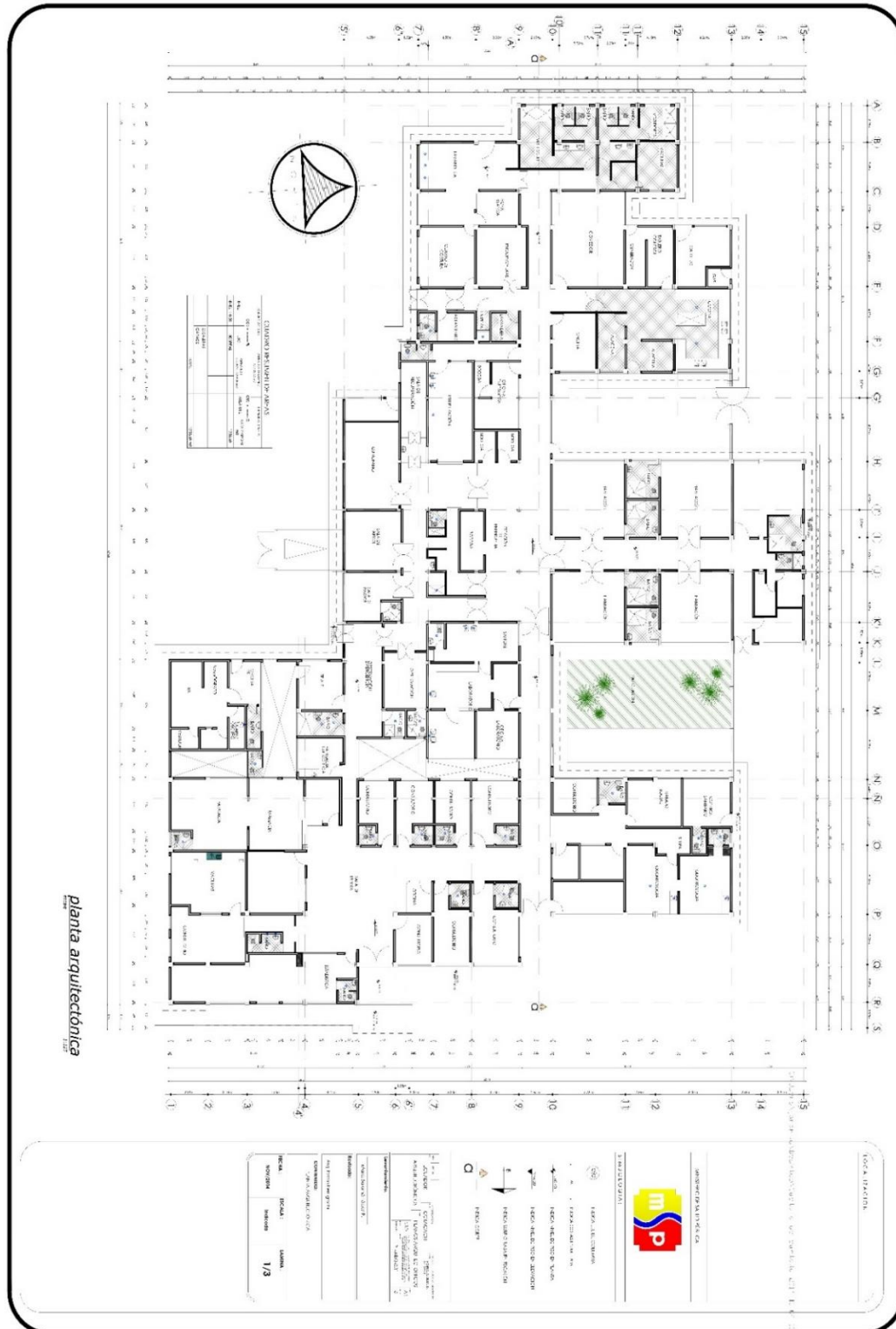
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



- [46] I. E. d. Normalización, *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 021*.
- [47] C. E. COLOMBIANO, *NORMA NTC 2050*.
- [48] N. 99, "Código de Instalaciones de Cuidado de la Salud," ed, 2024.
- [49] U.-E. 50171, "Sistemas de alimentación eléctrica de seguridad centralizados," ed, 2022.
- [50] C. S. Association, "CSA Standard Z32:21 Electrical safety and essential electrical systems in health care facilities," ed, 2021.
- [51] O. I. d. Normalización, "Norma EN ISO 7010 Pictogramas de Seguridad," ed, 2022.
- [52] Y. Paredes and Y. A. Cruz Cabello, "Programa para la gestión del riesgo eléctrico en las actividades de le empresa GCR Ingeniería SAS," Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2019.
- [53] DUOYI. "Equipos de medicion de puesta a tierra", accedido el 2 de junio del 2025 [En línea]. Disponible en: <https://www.chinainternetwatch.com/19354/starbucks-wechat-payhttps://www.duoyitool.com/es/products/duoyi-dy4300-digital-earth-tester-ground-resistance-megger-resistance-megohmmeter-soil-resistivity-component-tester-0-20-99k%CF%89,.>
- [54] Google Maps, "Captura del Hospital "Asdrubal de la Torre"", accedido el 2 de junio del 2025 [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/maps/place/Hospital+Asdrubal+de+la+Torre/@0.302753,-78.2586664,14z/data=!4m6!3m5!1s0x8e2a3fdb4947477:0x971b23cfb0f3c9cb!8m2!3d0.2954998!4d-78.268658!16s%2Fg%2F11ckdpyf34?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyOC4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D.
- [55] Sylvania, "Guia Tecnica de Iluminacion", Guía,2021. accedido el 2 de junio del 2025 [En línea]. Disponible en: <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2021/01/Manual-t%C3%A9cnico-de-iluminaci%C3%B3n-Sylvania.pdf>.
- [56] Sylvania, "Catalogo General Ecuador", Guía,2024. accedido el 2 de junio del 2025 [En línea]. Disponible en: <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2024/05/SYLVANIA-Catalogo-General-Ecuador-2024.pdf>.

ANEXOS



Anexo A – 1 Planos Arquitectónicos del Hospital "Asdrúbal de la Torre"



Anexo B – 1 Toma de datos para comparación lumínica



Anexo B – 2 Cantidad de lúmenes con lámparas fluorescente



Anexo B – 3 Revisión de la iluminación en los pasillos



Anexo B – 4 Revisión de tomacorrientes



Anexo C – 1 Medición 1 realizada con el telurómetro



Anexo C – 2 Medición 2 realizada con el telurómetro



Anexo C – 3 Toma de mediciones con el Telurómetro

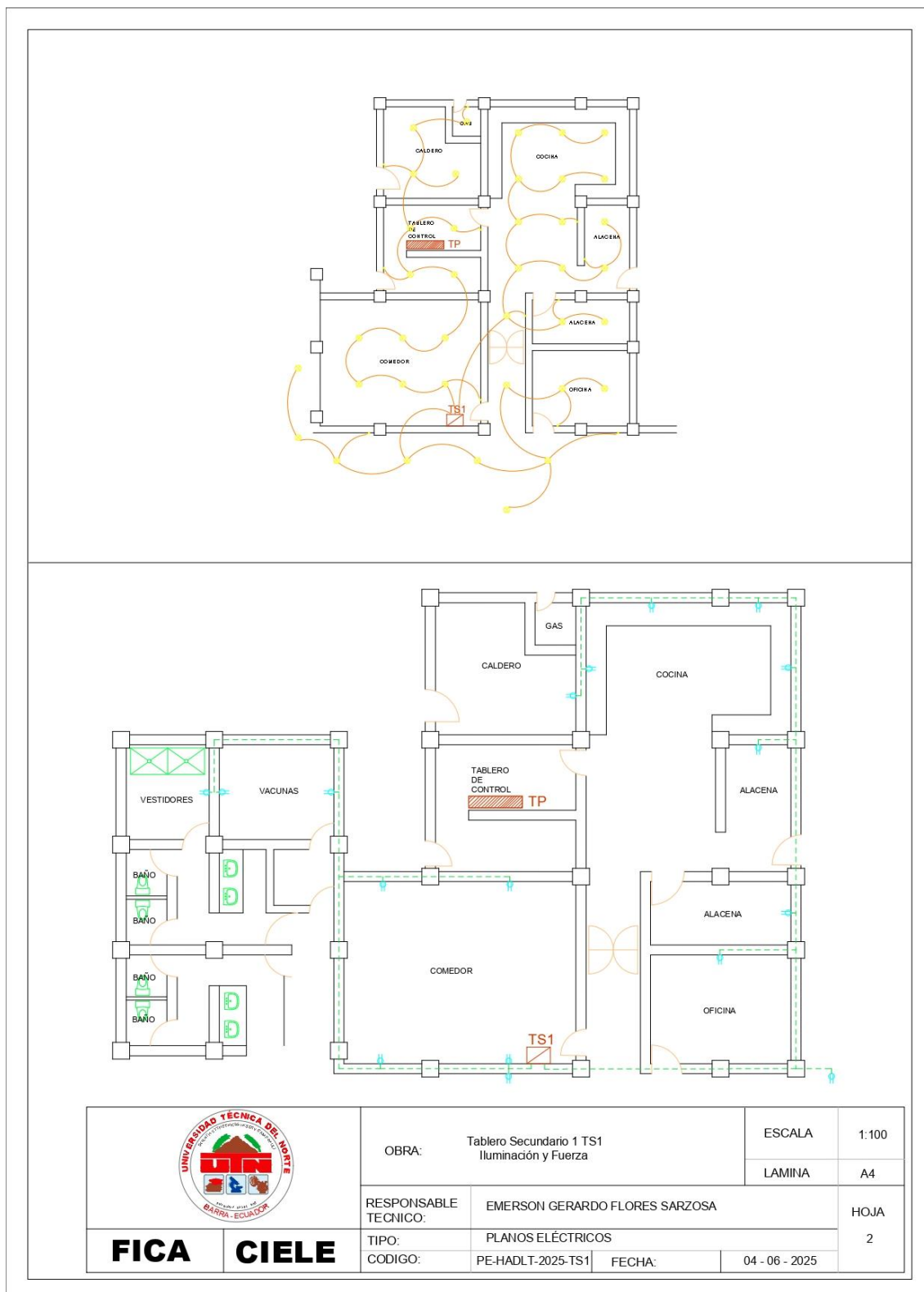
Consumo Eléctrico	
Sector	Demanda(W)
Lactario	765
Dirección	400
Lavandería	10562
Cocina Comedor	2800
Sala Medicina General	1050
Sala Pediatría	354
Calidad	1300
Vacunas HBADLT	820
Estación Enfermería	2900
Sala Cirugía Hombres	950
Sala Medicina Interna Mujeres	950
Sala Ginecología	954
Sala Cirugía Mujeres	804
Aislamiento	515
Laboratorio	12141
Cons. Adolescentes CS	415
TICS	1550
Odontología CS	6586
Cons. Psicología	400
Central	1600
Farmacia CS	1500
Cons. Ginecología	750
Cons. Medicina Familiar CS	415
Cons. Pediatría	415

Cons. Medicina Interna	415
Cons. Cirugía	415
Preparación	604
Información Cs	975
Nutrición	400
Estadística	1300
Recuperación de Cartera	2100
Vacunas CS	1890
Preparación CS	2722
Farmacia	2300
Emergencia	5044
Radiología	105013,5
Parto cultural	420
Sala de Partos	3250
Quirófano	4210
Sala de Recuperación	980
Central de Esterilización	12800
Total	195734,5

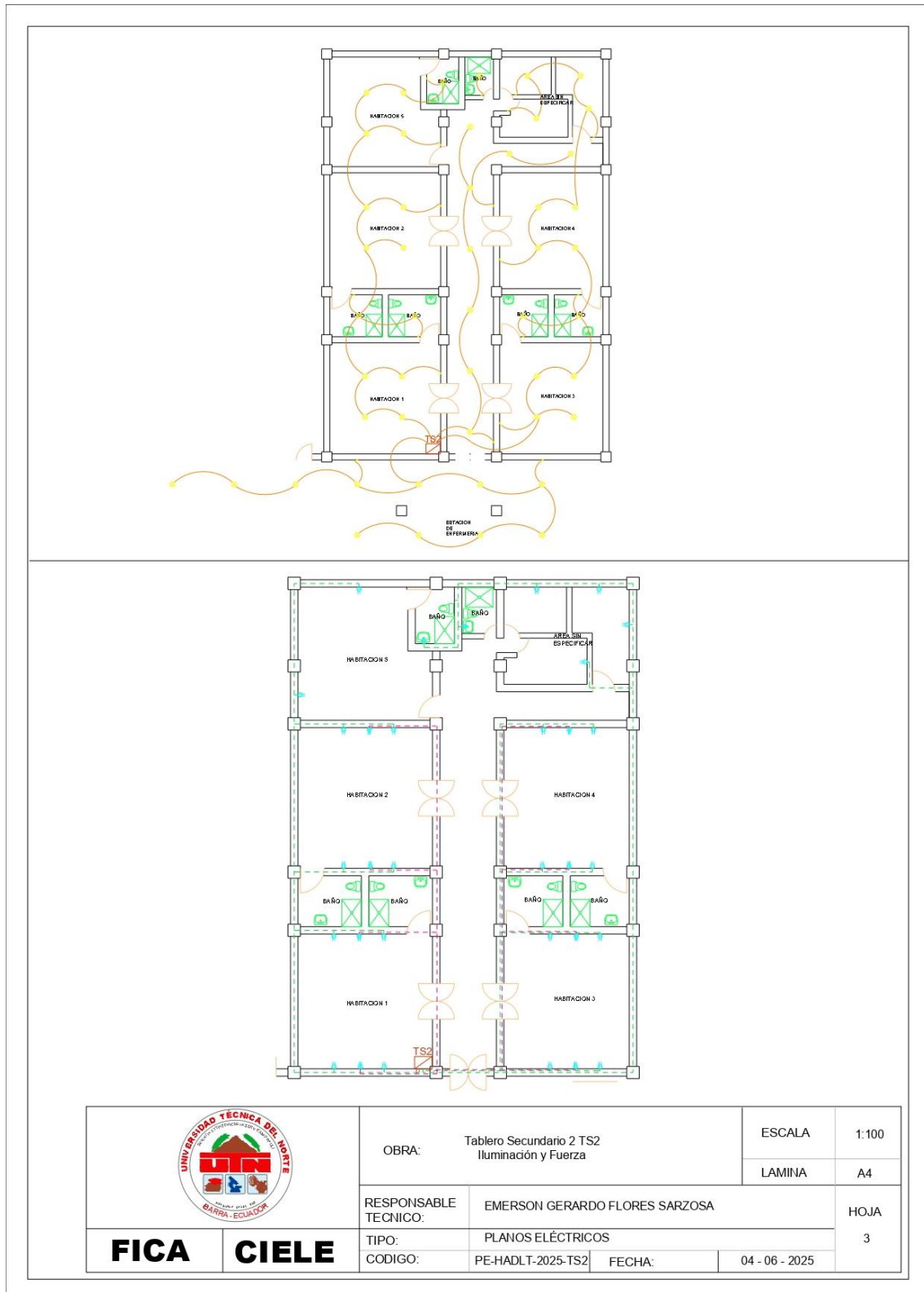
Anexo D – 1 Consumo Eléctrico de Fuerza



Anexo E – 1 Planos Eléctricos Hospital “Asdrúbal de la Torre”



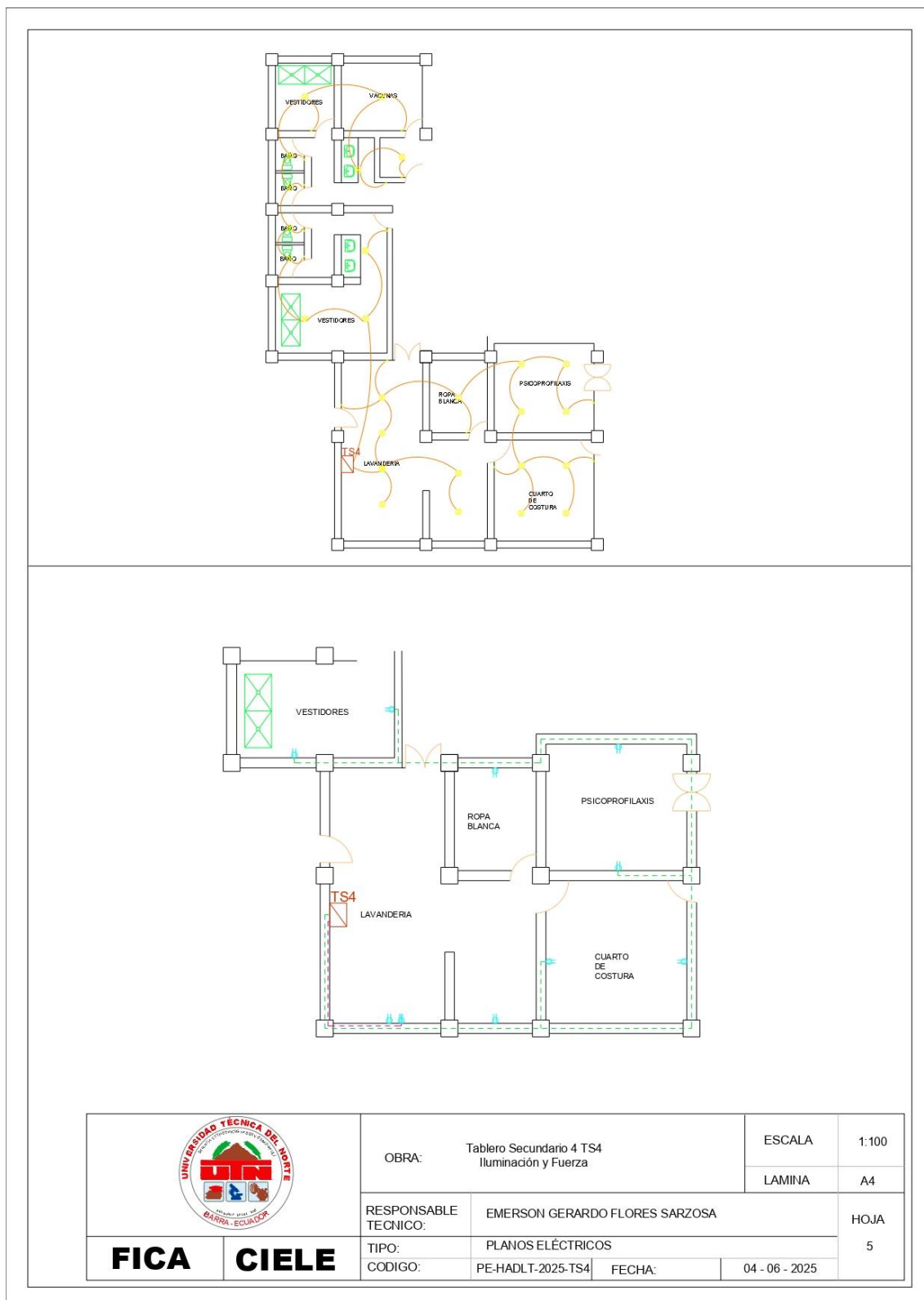
Anexo E – 2 Tablero de Distribución Secundario 1



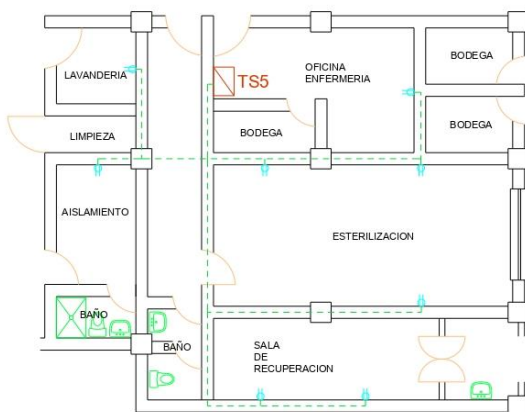
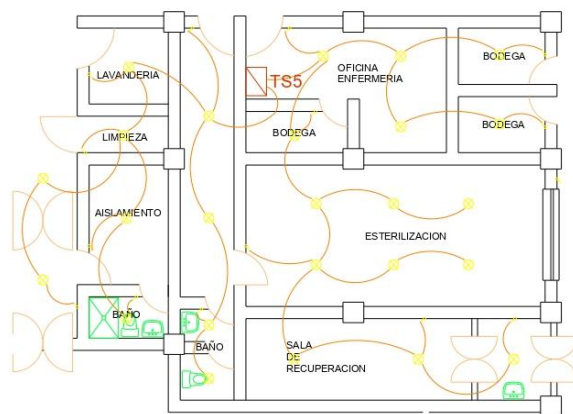
Anexo E – 3 Tablero de Distribución Secundario 2



Anexo E – 4 Tablero de Distribución Secundario 3

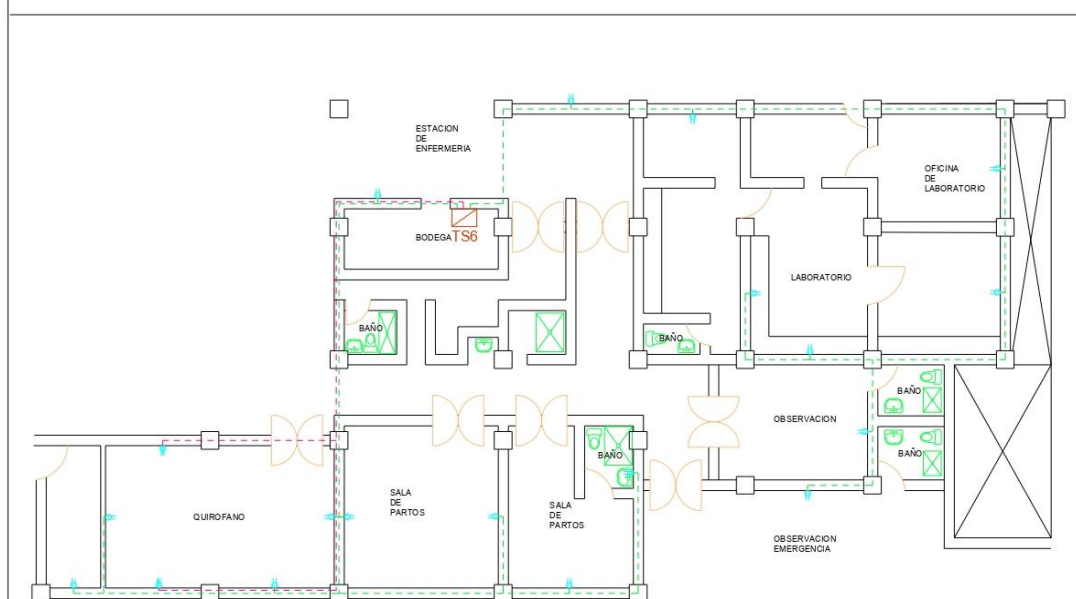


Anexo E – 5 Tablero de Distribución Secundario 4



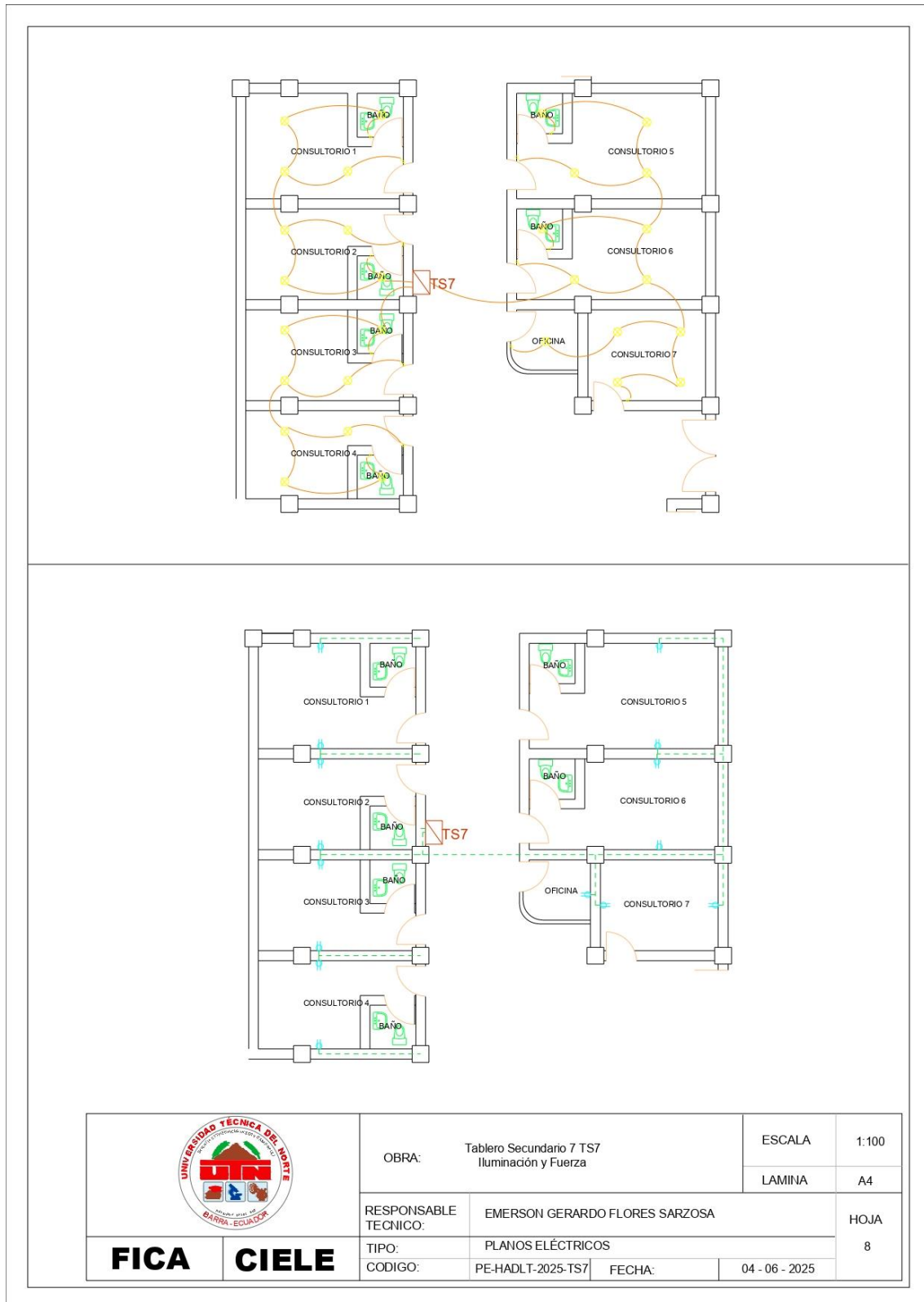
	OBRA:		Tablero Secundario 5 TS5 Iluminación y Fuerza		ESCALA	1:100
	RESPONSABLE TECNICO:		EMERSON GERARDO FLORES SARZOSA		LAMINA	A4
	TIPO:		PLANOS ELÉCTRICOS		HOJA	6
	CODIGO:		PE-HADLT-2025-TS5	FECHA:		
					04 - 06 - 2025	

Anexo E – 6 Tablero de Distribución Secundario 5

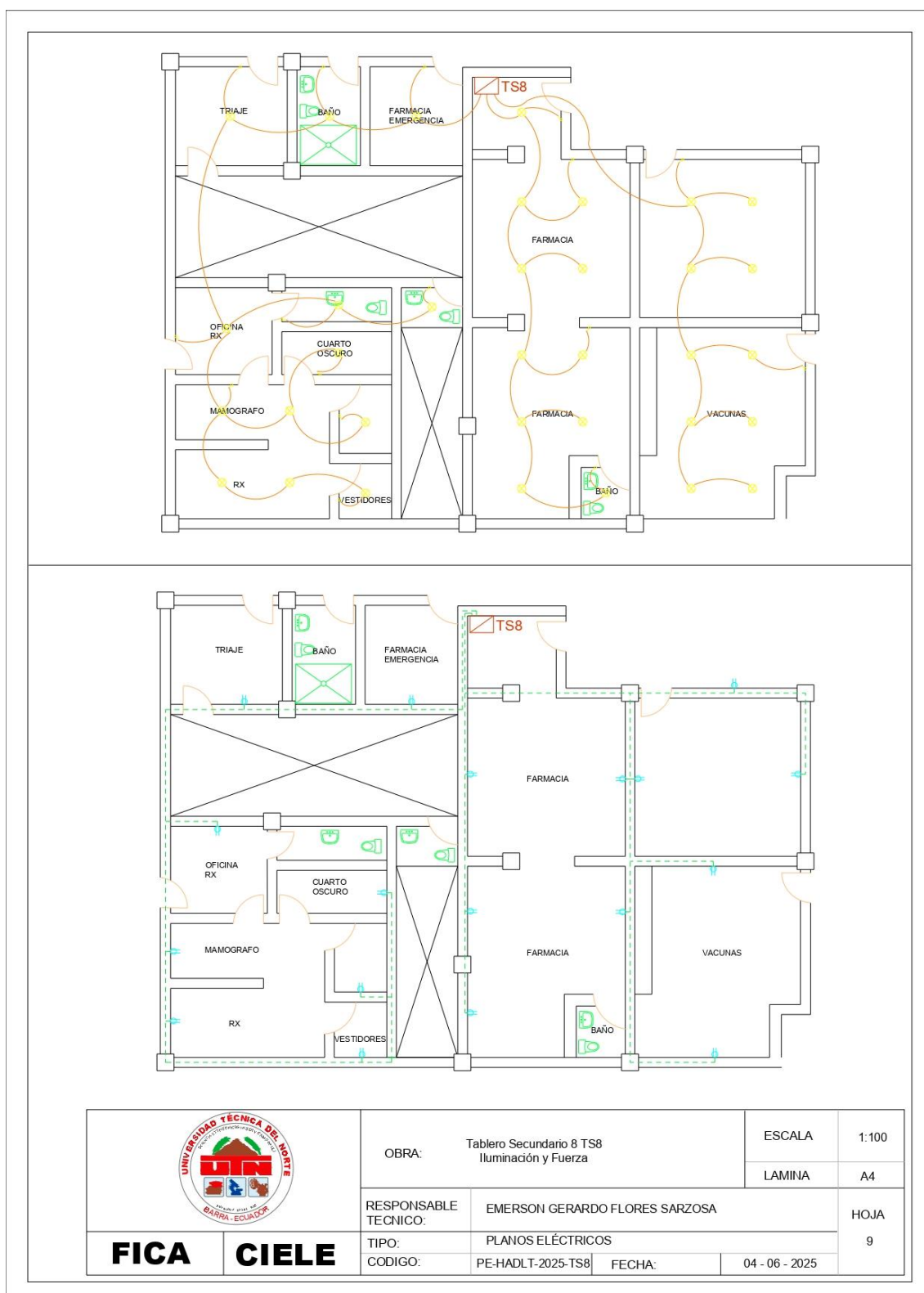


		OBRA: Tablero Secundario 6 TS6 Iluminación y Fuerza			ESCALA	1:100	
					LAMINA	A4	
		FICA		CIELE		RESPONSABLE TECNICO:	EMERSON GERARDO FLORES SARZOSA
TIPO:	PLANOS ELÉCTRICOS						
CODIGO:	PE-HADLT-2025-TS6					FECHA:	04 - 06 - 2025

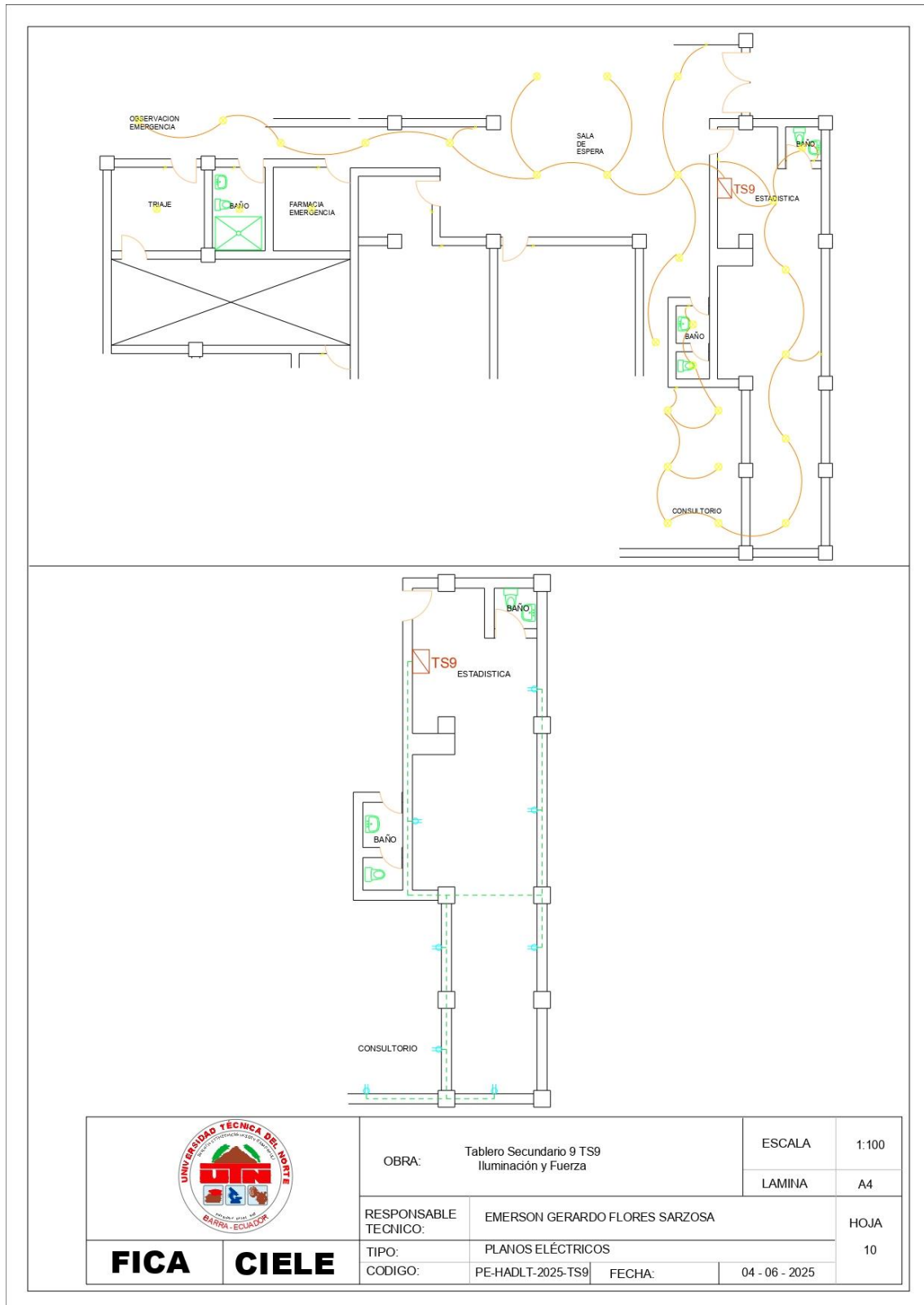
Anexo E – 7 Tablero de Distribución Secundario 6



Anexo E – 8 Tablero de Distribución Secundario 7



Anexo E – 9 Tablero de Distribución Secundario 8



Anexo E – 10 Tablero de Distribución Secundario 9

Presupuesto Referencial				
Rediseño eléctrico del Hospital "Asdrúbal de la Torre"				
Lista y Materiales				
Tomacorrientes e Interruptores				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio total \$
Tomacorriente doble	u	127	1,75	222,25
Interruptor simple	u	20	1,59	31,8
Interruptor doble	u	60	2,7	162
Conmutador simple	u	10	1,85	18,5
Subtotal				434,55
Tableros y Protecciones				
Tablero bifásico de 12 espacios	u	9	64,4	579,6
Interruptor termomagnético 1P- 15A	u	26	3,87	100,62
Interruptor termomagnético 1P- 20A	u	15	4,5	67,5
Interruptor termomagnético 1P- 50A	u	3	14,43	43,29
Interruptor termomagnético 1P- 65A	u	1	22,3	22,3
Interruptor termomagnético 1P- 85A	u	3	50	150
Interruptor termomagnético 1P- 105A	u	1	75	75
Interruptor termomagnético 1P- 135A	u	1	125	125
Interruptor termomagnético 2P- 50A	u	2	25	50
Interruptor termomagnético 2P- 135A	u	2	150	300
Interruptor termomagnético 3P- 1000A	u	1	997,8	997,8
Subtotal				2511,11
Conductores				
Conductor Flexible THHN #12 (X3)	m	1000	0,84	2520
Conductor Flexible THHN #14 (X3)	m	1000	0,48	1440
Conductor Flexible THHN # 10 (X3)	m	400	5,5	6600
Conductor Flexible THHN # 6 (X3)	m	400	7	8400
Conductor Flexible THHN # 2(X3)	m	200	9	5400
Ducto Cuadrado 4"x 4"(1,50m)	m	500	27,37	13685
Subtotal				38045
Puesta a tierra				
Conductor de cobre tipo TTU # 2/0 AWG	m	45	25	1125

Varillas Copperweld (1,80m)	u	1	9,8	9,8
Funda de gel reductor	u	3	3,25	9,75
Suelda exotérmica	u	3	6,3	18,9
Subtotal				1163,45
Luminarias				
Porta lampara led	u	197	8,45	1664,65
Boquilla	u	115	0,65	74,75
Luminaria tipo tubo led de 18W	u	394	3	1182
Luminaria tipo foco 12W	u	115	2,25	258,75
Subtotal				3180,15
Mano de Obra				
Punto iluminación	u	312	10	3120
Punto Tomacorriente 110V	u	20	10	200
Punto Tomacorriente 220V	u	20	10	200
Armado de centro de carga	u	1	100	100
Subtotal				3620
Grupo electrógeno				
Equipo	u	1	50000	50000
Instalación	u	1	1000	1000
Mantenimiento	u	1	1500	1500
Subtotal				52500
			Subtotal	101454,26
			IVA	12174,5112
			Total	113628,771

Anexo F – I Presupuesto Referencial

Protecciones TS1		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS1
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS1
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS1
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C4- TS1
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C5- TS1

Anexo G – 1 Protecciones TS1

Protecciones TS2		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS2
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS2
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS2
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C4- TS2
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C5- TS2
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C6- TS2
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C7- TS2
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C8- TS2

Anexo G – 2 Protecciones TS2

Protecciones TS3		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS3
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS3
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS3
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C4- TS3

Anexo G – 3 Protecciones TS3

Protecciones TS4		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS4
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS4
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C3- TS4

Anexo G – 4 Protecciones TS4

Protecciones TS5		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS5
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS5
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C3- TS5

Anexo G – 5 Protecciones TS5

Protecciones TS6		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS6
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS6
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS6
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C4- TS6
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C5- TS6

Anexo G – 6 Protecciones TS6

Protecciones TS7		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS7
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS7
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS7
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C4- TS7
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C5- TS7

Anexo G – 7 Protecciones TS7

Protecciones TS8		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS8
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS8
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C3- TS8
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C4- TS8
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C5- TS8

Anexo G – 8 Protecciones TS8

Protecciones TS9		
Tipo	Breaker	Circuito
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C1- TS9
Monofásico (1P)	15A	Iluminación C2- TS9
Monofásico (1P)	20A	Tomacorriente C3- TS9

Anexo G – 9 Protecciones TS9