

Actualización de las Instalaciones Eléctricas de una Institución Hospitalaria de Nivel 1
Incorporando un Sistema de Gestión de Energía Basado en la Monitorización de Tableros de
Distribución y Cargas de Consumo Significativo

Diego Andrés Paternina Pasos

Anderson Suescún Sanabria

Trabajo presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Electricista

Director:

Manuel José Ortiz Rangel

Magister en Ingeniería Eléctrica

Codirector:

Gabriel Ordóñez Plata

Doctor Ingeniero Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A mis Padres

Tulia Ines Passos Lopez

Marco Javith Paternina Gómez

A mi abuelita Tulia López Manrique

A la memoria de mi abuelita Ines Gomez , Guillermo Passos y Marcos Paternina

A mis tíos Erika, Bertha, Sagrario Emperatriz, Marlon, Guillermo, Heibis y Carlos

A mis primos y primas que son mis segundos hermanos

A mis hermanos Inés Sofia, Javith Andres y Jorge Mario

A mis amigos y profesores

Diego Andrés Paternina Pasos

Dedicatoria

A Dios por guiarme durante este camino

A mi madre

María Oliva Sanabria González

Que me apoyó, me aconsejó y me brindó su amor en todo momento durante mi proceso de formación

A mi hermano menor Greissmar Gil Sanabria

Que es mi motivación para darle un ejemplo a seguir

A mi familia, que me apoyó durante todo este proceso

A mis amigos

Con los que he compartido grandes momentos a lo largo de mi vida y mi carrera profesional

Orgullosamente a la Universidad Industrial de Santander

Por permitirme formar como persona y profesional

A los profesores de la E3T

Por todos los conocimientos y experiencias compartidas.

Anderson Suescun Sanabria

Agradecimientos

A Dios por guiarme siempre.

A mi familia por haber creído en mí, haberme apoyado y haber sido mi mayor motivo de lucha en este camino.

A mis amigos Erika, Ciro, Denis, Mafe, Tania, Andrés, Laura, Paula, Carlos y Francisco por todas aquellas cosas que compartimos y todo el apoyo brindado.

Agradezco CDE S.A y ECOPETROL S.A por permitirme aprender y desarrollarme como profesional y como persona.

Agradezco infinitamente a Jorge Mario Paternina Patiño por todo su amor y apoyo durante todo este proceso, por no permitirme desfallecer en el camino y estar siempre presente.

Gracias a Liana Arias Paternina y Laura Lizarazo por su apoyo incondicional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me apoyaron durante el transcurso de la carrera y en el desarrollo de este proyecto.

Diego Andrés Paternina

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Generalidades del Proyecto.....	20
1.1 Planteamiento del Problema	20
1.2 Justificación del Trabajo de Grado	21
1.3 Objetivos del Trabajo de Grado.....	22
2. Levantamiento de Información Técnica del Sistema Eléctrico Actual.....	23
2.1 Diagrama Unifilar y Planos Eléctricos	24
2.2 Registro de Actividades de Mantenimiento	24
2.3 Consumo de Energía Eléctrica.....	25
2.4 Planos Arquitectónicos y Eléctricos	25
2.5 Fichas Técnicas de los Equipos Especiales	25
2.6 Visita Técnica y Registro Fotográfico	26
2.7 Caracterización de las Necesidades	28
3. Recomendaciones Generales en Cuanto a los Ajustes y Diseños Requeridos.....	28
3.1 Fichas Técnicas de los Componentes del Sistema Eléctrico Actual.....	28
3.2 Definición de los Criterios de Diseño Según la Reglamentación Vigente	29

3.2.1 Sistema Eléctrico Esencial (NTC 2050 sección 517 C).....	30
3.2.2 Sistema de Emergencia (NTC 2050 517-31).....	32
3.2.3 Ramal Vital (NTC 2050 517-32).....	32
3.2.4 Ramal Crítico (NTC 2050 517-33).....	33
3.3 Prediseño del Sistema Eléctrico del Hospital	35
3.3.1 Diseño de Planos Arquitectónicos.....	35
3.3.2 Consideraciones para el Diseño.....	37
3.3.3 Clasificación de Zonas.....	38
4. Diseño Eléctrico de la Instalación.....	40
4.1 Estudio y Diseño de Iluminación.....	43
4.1.1 Estudio de Zonas Interiores.....	43
4.1.2 Estudio de Zonas Exteriores.....	45
4.1.3 Iluminación de Emergencia.....	46
4.1.3.1 Vías de Evacuación Área Urgencias.....	47
4.1.3.2 Vías de Evacuación Área del Ala Nueva.....	48
4.1.3.3 vías de Evacuación Área Hospitalización.....	49
4.2 Elaboración de Cuadro de los Cargas	50
4.3 Dimensionamiento del Transformador	51
4.4 Cálculo de Regulación de Tensión	52
4.5 Dimensionamiento del Conductor de las Acometidas	53
4.6 Cálculo de Canalizaciones	54
4.7 Cálculos de Pérdida de Energía	55

4.8	Calculo del Sistema de Puesta a Tierra.....	56
4.9	Distancias de Seguridad Requeridas.....	56
4.10	Cálculo y Coordinación de Protecciones Contra Sobrecorrientes	57
4.11	Selección del Nivel de Tensión.....	59
4.12	Topología del Punto de Arranque	59
4.13	Selección del Punto de Medida.....	60
4.14	Selección de Transformadores de Corriente y de Transformadores de Tensión	61
4.15	Análisis de Riesgo Eléctrico y Medidas Para Mitigarlo	61
4.16	Elaboración de Planos Eléctricos y Esquemas para la Construcción	66
4.17	Elaboración de Diagramas Unifilares.	66
4.18	Presupuesto de Diseño	67
4.19	Definición del Sistema de Respaldo Energético.....	67
5.	Definición de un Sistema de Generación Fotovoltaico.....	68
5.1	Análisis de Área Dispuesta para la Instalación de los Paneles	68
5.2	Tipos de Sistemas y Posterior Selección del Más Adecuado	69
5.3	Dimensionamiento Topológico del Sistema Fotovoltaico	70
6.	Definición de Componentes Técnicos del Sistema de Gestión Energética	70
6.1	Justificación	70
6.2	Características del Sistema Monitorización Propuesto.....	71
7.	Conclusiones.....	77

8. Recomendaciones 78

Referencias Bibliográficas 79

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Fotografía de la acometida principal.	26
Figura 2. Fotografía del tablero de distribución principal en baja tensión.	27
Figura 3. Grupo electrógeno existente.	27
Figura 4. Iluminación actual de la instalación.	27
Figura 5. Sistema eléctrico esencial de un hospital.	30
Figura 6. Sistema eléctrico pequeño en un hospital con un solo conmutador de transferencia....	31
Figura 7. Registro fotográfico de la medición de zonas.	36
Figura 8. Plano arquitectónico del hospital.....	36
Figura 9. Dinámica del diseño.	42
Figura 10. Diseño de iluminación zona de la zona de urgencias de la institución hospitalaria....	45
Figura 11. Diseño de iluminación del área de consulta externa de la institución hospitalaria.	45
Figura 12. Diseño de iluminación de zonas exteriores del hospital vista 1.	46
Figura 13. Vías de evacuación área de urgencias.	48
Figura 14. Vías de evacuación área del ala nueva.	49
Figura 15. Vías de evacuación área de hospitalización.	49
Figura 16. Distancias de seguridad en la subestación.....	57
Figura 17. Topología del punto de arranque.	60
Figura 18. Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.	64

Figura 19. Área para disposición de los paneles.....	68
Figura 20. Composición de un sistema de gestión y monitorización de variables eléctricas.	71
Figura 21. Arquitectura planteada bajo el estándar comercial de schneider electric.....	72
Figura 22. Arquitectura presentada por el fabricante.....	73
Figura 23. Medidores o capturadores.....	74
Figura 24. Concentrador + Fuente de alimentación.....	74
Figura 25. Topología de medida propuesto	75
Figura 26. Visualizaciones del Web Server del sistema de monitorización.	76
Figura 27. Visualizaciones del Web Server del sistema de monitorización.	76

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las zonas del hospital.	38
Tabla 2. Características de las luminarias.	43
Tabla 3. Niveles lumínicos medios mínimos.	44
Tabla 4. Niveles de iluminación en vías de escape área urgencias.	48
Tabla 5. Niveles de iluminación en vías de escape área del ala nueva.	49
Tabla 6. Vías de evacuación área de hospitalización.	50
Tabla 7. Tableros de distribución.	51
Tabla 8. Capacidades de transformadores comerciales.	52
Tabla 9. Transformador seleccionado.	52
Tabla 10. Cuadro de regulación de tensión.	53
Tabla 11. Conductores seleccionados.	54
Tabla 12. Selección de canalizaciones.	55
Tabla 13. Protecciones seleccionadas.	58
Tabla 14. Niveles de tensión para el punto de conexión.	59
Tabla 15. Pautas para selección del punto de medida.	61
Tabla 16. Descripción del sistema eléctrico.	62
Tabla 17. Riesgos potenciales.	62

Lista de Apéndices

**“Ver Apéndices Adjuntos en el CD y pueden visualizarse en la Base de Datos de la
Biblioteca UIS”**

Apéndice A. Actas y Documentos

Apéndice B. Registro Fotográfico

Apéndice C. Fichas Técnicas

Apéndice D. Memorias de Calculo

Apéndice E. Diseño Iluminación

Apéndice F. Paneles Solares

Apéndice G. Sistema de Gestión Energético

Apéndice H. Planos Hospital

Apéndice I. Presupuesto de Diseño

Apéndice J. Definición del Sistema de Respaldo

Apéndice K. Parámetros de Diseño

Resumen

Título: Actualización de las Instalaciones Eléctricas de una Institución Hospitalaria de Nivel 1 Incorporando un Sistema de Gestión de Energía Basado en la Monitorización de Tableros de Distribución y Cargas de Consumo Significativo.*

Autores: Diego Andrés Paternina Passos, Anderson Suescún Sanabria**

Palabras Clave: Baja Tensión, Carga Instalada, Instalación Eléctrica, Monitorización, NTC 2050, Retie, Sistema de Generación Fotovoltaico.

Descripción

En este proyecto se realizó el diseño de las instalaciones eléctricas para una institución hospitalaria de nivel 1, implementando un sistema de monitorización de cargas significativas para realizar el seguimiento en tiempo real de los consumos energéticos y otras variables eléctricas, adicionalmente se realiza también un estudio para la instalación de un sistema de generación de energía mediante paneles solares que suplen parcialmente la carga del hospital. Se realizó una inspección de las instalaciones eléctricas existentes, y se logró identificar los componentes que no cumplen con la reglamentación vigente (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE), ni con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 para instituciones médicas, por lo cual se genera un alto potencial de riesgo eléctrico para los usuarios de la institución hospitalarias, el personal médico y el personal administrativo y operativo que labora en la institución. Por este motivo se procede a realizar un diseño de las instalaciones eléctricas de la institución, con el fin de mejorar las condiciones de operativas del sistema eléctrico, dar cumplimiento a lo que dicta el marco normativo y reglamentario, reducir el riesgo por ausencia de electricidad mediante la implementación de una planta de emergencia con capacidad para el suministro de la totalidad de la demanda energética de la institución, la definición de un sistema de transferencia automática que garantiza un tiempo de restablecimiento del flujo de energía menor a 10 segundos posteriores al corte del suministro energético y la implementación de un sistema ininterrumpido de potencia por medio de UPS con el fin de garantizar la continuidad del suministro eléctrico en las zonas críticas de la instrucción hospitalaria.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones Director: Manuel José Ortiz Rangel. Magister en Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Update of the Electrical Facilities of a Level 1 Hospital Institution Incorporating an Energy Management System Based on the Monitoring of Distribution Boards and Significant Consumption Charges.*

Authors: Diego Andrés Paternina Passos, Anderson Suescún Sanabria**

Keywords: Low Voltage, Installed Charge, Electrical Installation, Monitoring, Ntc 2050, Retie, Photovoltaic Generation System.

Description

In this project the design of the electrical installations for a level 1 hospital institution was carried out, implementing a monitoring system of significant loads to carry out real-time monitoring of energy consumption and other electrical variables, in addition a study is also carried out to the installation of a power generation system using solar panels that partially supply the hospital load. An inspection of the existing electrical installations was carried out, and it was possible to identify the components that do not comply with the current regulations (Technical Regulations of Electrical Installations RETIE), nor with the specifications of the Colombian Technical Standard NTC 2050 for medical institutions, for which reason a high potential of electrical risk is generated for the users of the hospital institution, the medical staff and the administrative and operative personnel that work in the institution. For this reason, a design of the electrical installations of the institution is carried out, in order to improve the operating conditions of the electrical system, comply with what the regulatory and regulatory framework dictates, reduce the risk of absence of electricity by the implementation of an emergency plant with capacity for the supply of the entire energy demand of the institution, the definition of an automatic transfer system that guarantees a time of restoration of the flow of energy less than 10 seconds after the cut of the supply energy and the implementation of an uninterrupted power system through UPS in order to guarantee the continuity of the electricity supply in the critical areas of hospital instruction.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones Director: Manuel José Ortiz Rangel. Magister en Ingeniería Eléctrica.

Introducción

Los hospitales son instituciones encargadas de prestar servicios de atención médica a las comunidades, son centros donde se concentran grandes grupos de personas para recibir un servicio asistencial necesario, por este motivo es de vital importancia mantener estas instituciones en óptimas condiciones de funcionamiento. Una parte fundamental para el funcionamiento de un hospital es la instalación eléctrica, ya que es la encargada de proveer energía eléctrica a todas las áreas que lo comprenden, manteniendo la seguridad y la continuidad de los servicios para todos los usuarios.

Una instalación eléctrica en mal estado puede causar daños graves a las personas y equipos médicos de gran importancia para la atención de los pacientes, además de generar grandes pérdidas económicas, o aun peor, puede causar accidentes eléctricos en algunos casos con consecuencias fatales.

La instalación eléctrica de un hospital debe cumplir con una reglamentación y normativa vigente específica, ya que es considerada en la categoría de ambiente especial, como lo indica la NTC 2050. Esto para garantizar la seguridad de las personas que laboran y acuden como usuarios a estos centros y a su vez garantizar el suministro de energía eléctrica sin interrupciones.

Este trabajo de grado tiene como finalidad realizar la actualización de la instalación eléctrica de un hospital de nivel 1. Debido a la antigüedad y deterioro en la que se encuentra, se propone la actualización del sistema eléctrico con el fin de garantizar el cumplimiento del reglamento técnico vigente para mejorar la prestación de los servicios médicos y hospitalarios, así como las condiciones de funcionamiento de las instalaciones eléctricas y los equipos médicos. La

confiabilidad del sistema se mejorará mediante la incorporación de un grupo electrógeno con capacidad de carga total y unidades ininterrumpidas de potencia para las cargas sensibles y de operación continua.

Adicionalmente se propone incorporar un sistema de gestión energética para monitorizar y realizar el seguimiento en tiempo real de los consumos energéticos más significativos, de esta manera mejorar en la eficiencia durante la operación del sistema eléctrico y los equipos existentes, así como para evitar anomalías de funcionamiento o daños en los equipos de importancia y costo elevado.

Finalmente se realizará la prescripción de un sistema de generación fotovoltaica con propósito de reducir la expectativa de consumo energético de la institución durante las horas diurnas y aprovechar los incentivos que la ley ha dispuesto para este tipo de alternativas.

1. Generalidades del Proyecto

Dentro de las generalidades de este proyecto se tienen en cuenta aspectos que permiten comprender el problema y su posterior desarrollo, dentro de estos aspectos se encuentran, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos a desarrollar para dar solución al problema.

1.1 Planteamiento del Problema

La instalación eléctrica de la institución hospitalaria en estudio no cuenta con los requisitos mínimos que debe cumplir según la reglamentación vigente, como lo son los niveles mínimos de iluminación, el funcionamiento óptimo y los tiempos establecidos para la operación de transferencia automática, la operación oportuna de la planta de emergencia, los porcentajes mínimos de regulación de tensión y la instalación del sistema de puesta a tierra, ya que estas instalaciones deben garantizar la operación correcta del sistema eléctrico en situaciones contingentes como interrupciones del servicio y anomalías propias que pueden ser ocasionadas por el deterioro de la infraestructura existente. En este trabajo de grado se propone el mejoramiento de las condiciones de operación del sistema eléctrico de la institución hospitalaria mediante la definición de un sistema de respaldo, suplencia energética, dispositivos de monitorización de consumos energéticos para propiciar estrategias de optimización del uso del recurso energético y un sistema de generación fotovoltaica con el fin de reducir la expectativa de consumo energético.*

* En Colombia, una institución hospitalaria de nivel 1 es aquella que está habilitada para proveer a sus pacientes servicios de baja complejidad médica, entre sus funciones están las consultas médicas y odontológicas, hospitalización, atención de urgencias, pediatría, partos de baja complejidad y actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad, lo que se conoce comúnmente como promoción y prevención.

1.2 Justificación del Trabajo de Grado

El centro hospitalario de nivel 1 que se ha tomado como base para el desarrollo de este proyecto, el cual se encarga de prestar el servicio de salud a un municipio de aproximadamente 40.000 habitantes y sus corregimientos aledaños, cuenta con un sistema eléctrico antiguo de alrededor de 42 años, al cual no se le ha practicado el mantenimiento periódico necesario lo que eleva los factores de riesgo eléctrico para el personal administrativo, operativo y usuarios de la institución.

Actualmente las instalaciones eléctricas hospitalarias deben contar con unos estándares de seguridad acordes al RETIE y la NTC 2050. Teniendo en cuenta que por la antigüedad de la red eléctrica actual no es viable la instalación de futuros equipos, ni la ejecución del plan de expansión previsto por la institución, por ende, se hace necesario realizar una actualización de la infraestructura eléctrica interna de la entidad donde se cumpla con la reglamentación vigente, se eliminen las restricciones de crecimiento, y se logre suplir las necesidades actuales y futuras de la institución. Todo esto con el fin de garantizar la correcta operación del sistema y se garanticen los parámetros mínimos necesarios para la seguridad y el confort de los pacientes que allí son atendidos y para el personal operativo de la empresa prestadora de servicios.

Puesto que el hospital cuenta con cargas significativas como los equipos de aire acondicionado y cargas especiales como equipos de esterilización y los equipos de salas de reanimación, es necesario la instalación de un sistema de gestión energética para lograr un seguimiento en tiempo real a las variables eléctricas en los puntos de conexión de estas cargas con el fin de monitorizar y garantizar las condiciones de funcionamiento exigidas por estos equipos, de esta forma se podrá actuar preventiva o correctivamente de manera oportuna ante anomalías o

fallas en el sistema eléctrico, protegiendo a las personas y a los equipos conectados a la red eléctrica.

Debido a la importancia de garantizar la confiabilidad y un flujo ininterrumpido de la energía eléctrica y teniendo en cuenta el gran número de cortes eléctricos a causa de la mala calidad del servicio en el municipio, es necesario la implementación de un grupo electrógeno de respaldo que garantice las exigencias de normatividad y reglamentación establecidas para sistemas eléctricos hospitalarios; por ende, se realizó la clasificación de los diferentes ambientes en función a la necesidad de la operación continua y se definió un grupo electrógeno acorde con dichos requerimientos. Para los equipos electrónicos sensibles, es decir aquellos que necesitan un nivel de tensión y frecuencia más preciso, y requieren operación continua, se definió un sistema regulado mediante UPS (sistema de alimentación ininterrumpida).

Cumpliendo con la exigente política ambiental aplicada en la institución y aprovechando el gran potencial de radiación solar de la zona debido a su ubicación geográfica, se caracterizó la implementación de un sistema de generación fotovoltaico con el fin de reducir la expectativa de consumo energético mediante la implementación de energías renovables con paneles solares.

1.3 Objetivos del Trabajo de Grado

El objetivo general de este trabajo de grado es evaluar y cuantificar los cambios necesarios para actualizar las instalaciones eléctricas de una institución hospitalaria nivel 1, incorporando un sistema de gestión y monitorización de consumos energéticos y la calidad de la energía.

Los objetivos específicos de este trabajo de grado son:

- Levantamiento de información técnica del sistema eléctrico actual.
- Elaboración de recomendaciones generales en cuanto a los ajustes y diseños requeridos para suplir las necesidades actuales y futuras de la instalación teniendo en cuenta la monitorización.
- Prescripción de un sistema de respaldo energético mediante grupo electrógeno para mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica.
- Definición de un sistema de generación fotovoltaico para reducir la expectativa de consumo de energía acorde a las ofertas de mercado.
- Definición de componentes técnicos del sistema de gestión energética.

2. Levantamiento de Información Técnica del Sistema Eléctrico Actual

Con el propósito de tener una visión sobre el estado actual del sistema eléctrico del hospital se realiza una recopilación de información técnica del sistema, entre esta información se encuentran diagramas unifilares, registro de actividades de mantenimiento, recibos de consumo de energía eléctrica, planos arquitectónicos, planos eléctricos, fichas técnicas de los equipos eléctricos instalados, y un registro fotográfico de las instalaciones de la entidad médica. La información se solicita formalmente ante la entidad hospitalaria.

Dicha información se encuentra soportada por actas de reunión y de entrega de información archivados en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.1 Diagrama Unifilar y Planos Eléctricos

Esta información se solicitó con el fin de conocer como está diseñado el sistema eléctrico de la institución, facilitando la identificación de los alimentadores, circuitos y cargas del sistema eléctrico del hospital.

Después de realizar una solicitud formal ante la entidad hospitalaria de primer nivel, se obtiene como respuesta que la institución no posee el diagrama unifilar, ni tampoco planos del sistema eléctrico debido a la antigüedad y obsolescencia de las instalaciones. Esto se evidencia en los archivos PDF “Solicitud Diagramas Unifilares” y “Solicitud Planos Eléctricos y Arquitectónicos”, ubicados en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.2 Registro de Actividades de Mantenimiento

Con el propósito de verificar el estado actual de los principales componentes eléctricos del sistema, se hace la solicitud del registro de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo efectuado a las acometidas eléctricas principales, los tableros de distribución, el grupo electrógeno existente, los sistemas de iluminación, la transferencia automática y demás instalaciones de uso final.

Después de realizar una solicitud formal ante la entidad hospitalaria de primar nivel, se obtiene como respuesta que la institución no posee la información solicitada. Esto se evidencia en el archivo PDF “Solicitud Actividades Mantenimiento”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.3 Consumo de Energía Eléctrica

Se solicitaron los últimos 12 recibos de pago de energía eléctrica del hospital para analizar el comportamiento de consumo energético de este. De tal manera que se pueda disponer de un registro de consumos para analizar la tendencia de los mismos y proceder a caracterizar la demanda. Los recibos de energía eléctrica se encuentran en PDF en el archivo “Recibos Energía Hospital”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.4 Planos Arquitectónicos y Eléctricos

Se realizó la solicitud de los planos arquitectónicos y eléctricos de las instalaciones existentes de la institución hospitalaria, esto facilitaría la ubicación de cada zona de la entidad hospitalaria y servirá para conocer cómo funciona el sistema eléctrico actual, además es de vital importancia para el prediseño y diseño del sistema eléctrico de la entidad.

Debido a la antigüedad de la estructura arquitectónica y eléctrica del hospital, este no cuenta con planos arquitectónicos ni eléctricos y por tal motivo no pueden ser suministrados. Esto se evidencia en el archivo PDF “Solicitud Planos Eléctricos y Arquitectónicos”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.5 Fichas Técnicas de los Equipos Especiales

Se realizó la solicitud de las fichas técnicas de todos los equipos especiales que están en funcionamiento en el hospital, esto debido a que dichos equipos requieren condiciones especiales

para su correcto funcionamiento que deben ser tenidas en cuenta al momento de prediseño y diseño de las instalaciones eléctricas del hospital. Esto se evidencia en el archivo PDF “Solicitud Fichas Tecnicas de Equipos Especiales”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

2.6 Visita Técnica y Registro Fotográfico

Además de la información solicitada a la institución hospitalaria se realizó una visita técnica con el fin de recopilar la información que permita identificar las condiciones de las instalaciones eléctricas del hospital y de los equipos en funcionamiento.

Se dejó como evidencia de dicha visita, un archivo fotográfico digital con las imágenes de los diversos componentes del sistema eléctrico existentes, clasificadas según su ubicación en la carpeta “Apéndice B. Registro Fotográfico”. A su vez dicha visita quedó evidenciada mediante el acta de visita técnica efectuada indicando los sitios y áreas visitadas en las instalaciones del cliente. Esto se evidencia en el archivo PDF “Acta Visita Técnica”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

Se muestran a continuación algunas fotografías donde se evidencia el estado actual de algunas componentes de la instalación eléctrica de la entidad médica.



Figura 1. Fotografía de la acometida principal.



Figura 2. Fotografía del tablero de distribución principal en baja tensión.



Figura 1. Grupo electrógeno existente.



Figura 2. Iluminación actual de la instalación.

2.7 Caracterización de las Necesidades

Mediante reunión realizada el día 19 de noviembre de 2019 con el personal directivo y técnico de la entidad se realizó la solicitud de las necesidades técnicas que requiere el hospital, es decir los requerimientos de la nueva infraestructura eléctrica o el mejoramiento de la existente.

Toda esta información solicitada se encuentra en el archivo PDF “Acta Necesidades Tecnicas”, ubicado en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

3. Recomendaciones Generales en Cuanto a los Ajustes y Diseños Requeridos

En este capítulo se realiza un estudio sobre el estado actual de las componentes de la instalación eléctrica, se definen los criterios de diseño teniendo en cuenta la reglamentación vigente y se hace un prediseño de la instalación eléctrica hospitalaria.

3.1 Fichas Técnicas de los Componentes del Sistema Eléctrico Actual

Las fichas técnicas son elaboradas con el propósito de aportar una visión del estado actual de los componentes del sistema eléctrico, estas fichas están compuestas por tres componentes principales, que son el diagnóstico, que ilustra sobre el estado en que se encuentra la instalación eléctrica, el segundo componente corresponde al pronóstico, donde se realiza la predicción de lo que podría suceder si el diagnóstico evidencia un mal estado operativo o incumplimiento normativo, y el

tercer componente corresponde al control del diagnóstico, que indica el procedimiento a seguir para corregir las irregularidades evidenciadas en la etapa de diagnóstico en caso de que sea necesario.

Para la elaboración de las fichas técnicas se tuvieron en cuenta los cuatro componentes principales del sistema eléctrico, que son:

- Arranque en baja tensión y acometida
- Tablero de distribución de área hospitalización
- Planta de emergencia y transferencia
- Sistema de puesta a tierra

Las fichas técnicas son presentadas con su debido formato en la carpeta “Apéndice C. Fichas Técnicas”.

3.2 Definición de los Criterios de Diseño Según la Reglamentación Vigente

Las instituciones hospitalarias son entidades de suma importancia, de atención y de aglomeración de personas, por tal motivo sus instalaciones eléctricas deben ser diseñadas teniendo en cuenta criterios especiales para garantizar el suministro de energía eléctrica en todo momento, estas instalaciones son denominadas por el RETIE, el RETILAP y la NTC 2050 como “*instalaciones eléctricas especiales*”.

Para el diseño de las instalaciones eléctricas de la institución hospitalaria se tuvieron en cuenta las exigencias establecidas en el RETIE y las recomendaciones técnicas expuestas en la NTC 2050.

3.2.1 Sistema Eléctrico Esencial (NTC 2050 sección 517 C). El sistema eléctrico esencial de las instituciones de asistencia médica debe consistir en un sistema capaz de dar suministro a un número limitado de salidas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón. Estos sistemas incluyen a las clínicas ambientes para, consultas médicas y dentales, instalaciones ambulatorias, centros de acogida, centros de cuidados limitados, hospitales y otras instituciones de asistencia médica que atiendan a pacientes. (ref ntc 2050 517-25)

En el siguiente diagrama se puede observar el sistema esencial que debe llevar el hospital.

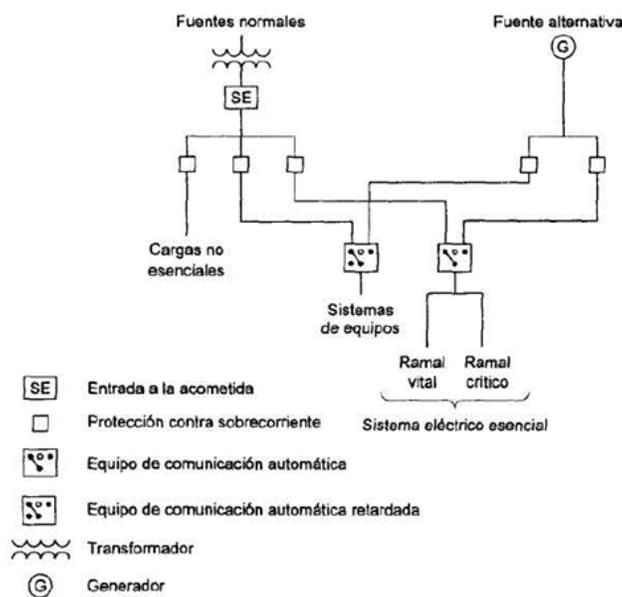


Figura 3. Sistema eléctrico esencial de un hospital. Fuente: figura 517-30 a NTC 2050

Para garantizar el suministro de energía eléctrica del sistema y la seguridad de la vida humana, el sistema eléctrico esencial debe cumplir con las siguientes generalidades (ref ntc 2050 517-30):

1. Los sistemas eléctricos esenciales en los hospitales deben constar de dos sistemas independientes capaces de suministrar corriente a un número limitado de tomas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser el de emergencia y el de equipos.

2. El sistema de emergencia se debe limitar a los circuitos esenciales de asistencia vital y de atención crítica a los pacientes. Estos dos circuitos se denominan “ramal vital” y “ramal crítico”.

3. El sistema de los equipos debe suministrar corriente a los principales equipos eléctricos necesarios para la atención a los pacientes y el funcionamiento básico del hospital.

4. El número de conmutadores de transferencia utilizados se debe basar en consideraciones de confiabilidad, diseño y cargas. Cada ramal del sistema eléctrico esencial debe estar conectado a uno o más conmutadores de transferencia. En una instalación cuya demanda máxima del sistema eléctrico esencial sea de 150 kVA, como se ve en la Figura 6, se permite que haya un conmutador de transferencia para uno o más ramales o sistemas.

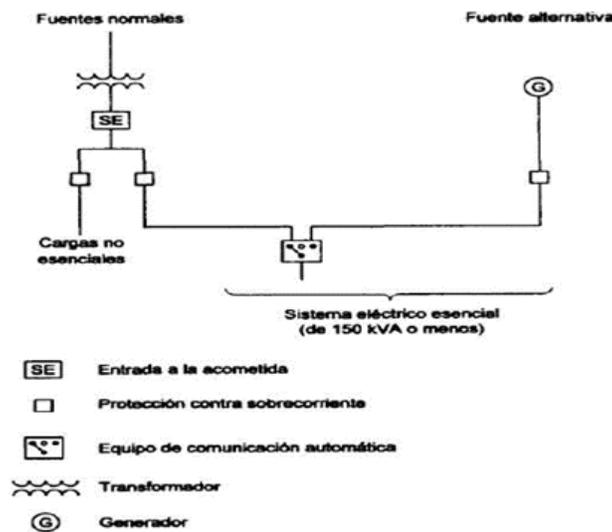


Figura 4. Sistema eléctrico pequeño en un hospital con un solo conmutador de transferencia.

Fuente: figura 517-30 c NTC 2050

3.2.2 Sistema de Emergencia (NTC 2050 517-31). El sistema eléctrico de emergencia se debe dividir obligatoriamente en dos partes, que son ramal vital y ramal crítico, tal como se describen en los Artículos 517-32 y 517-33 de la NTC 2050. Los ramales del sistema de emergencia se deben instalar y conectar a la fuente de alimentación alternativa de forma que todas las funciones especificadas aquí para esos sistemas se restablezcan automáticamente antes de diez segundos desde la interrupción del suministro normal.

A continuación, se establecen las características que deben cumplir el ramal vital y el ramal crítico para el correcto funcionamiento del sistema de emergencia.

3.2.3 Ramal Vital (NTC 2050 517-32). En la lista siguiente se encuentran las funciones que deben ir conectadas al ramal vital, como lo dice la NTC 2050 en la sección 517-32, al ramal vital no deben estar conectadas otras funciones que no sean las mencionadas en la lista. El ramal vital del sistema de emergencia debe dar el suministro para las siguientes funciones de alumbrado, tomacorrientes y equipos:

a. Alumbrado de los medios de salida. Alumbrado de los medios de salida, como el necesario en los pasillos, pasajes, escaleras y corredores hacia las puertas de salida, así como todos los medios necesarios para llegar a las salidas. Se permite instalar medios de conmutación que transfieran el alumbrado de los pasillos de los pacientes en los hospitales, desde los circuitos generales a los circuitos nocturnos de alumbrado, siempre y cuando se pueda seleccionar sólo uno de los dos circuitos y ambos circuitos no puedan quedar sin corriente al mismo tiempo.

b. Señales de salida. Las señales de salida y flechas que indiquen la salida.

c. Sistemas de alarma y alerta. Los sistemas de alarma y alerta, incluidas:

1) Las alarmas contra incendios.

2. Las alarmas necesarias para sistemas usados en tuberías de gases médicos no inflamables.

d. Sistemas de comunicaciones. Los sistemas de comunicaciones del hospital cuando se utilicen para dar instrucciones en casos de emergencia.

e. Cuartos de generadores. Los cargadores de las baterías del alumbrado de trabajo, de los equipos de alumbrado alimentados por batería y tomacorrientes seleccionadas en los cuartos de generadores.

f. Ascensores. Los sistemas de alumbrado, control, comunicaciones y señales de las cabinas de los ascensores.

3.2.4 Ramal Crítico (NTC 2050 517-33). Teniendo en cuenta la NTC 2050 en la sección 517-33 el ramal crítico del sistema de emergencia debe dar el suministro corriente para el alumbrado de trabajo, para los equipos fijos, para tomacorrientes seleccionados y para los circuitos especiales de las siguientes áreas y funciones relativas a la atención al paciente:

1) Áreas de cuidado crítico en las que se utilicen gases anestésicos - alumbrado de trabajo, tomacorrientes seleccionados y equipos fijos.

2) Los sistemas de potencia aislados en ambientes especiales.

3) Áreas de cuidado del paciente - alumbrado de trabajo y tomacorrientes seleccionados en:

a. Nidos de recién nacidos.

b. Áreas de preparación de los medicamentos.

c. Área de despacho de farmacia.

d. Áreas de cuidado de agudos seleccionadas.

- e. Áreas de dormitorios psiquiátricos (sin tomacorrientes).
 - f. Salas de tratamiento de guardia.
 - g. Estaciones de enfermeras (si no están bien alumbradas por las luminarias de los pasillos).
- 4) Alumbrado de trabajo para cuidado especializado del paciente y tomacorrientes adicionales, cuando sean necesarias.
- 5) Sistemas de llamada a las enfermeras.
 - 6) Bancos de sangre, de huesos y de órganos.
 - 7) Cuartos y armarios donde haya equipos telefónicos.
- 8) Alumbrado de trabajo, tomacorrientes seleccionados y circuitos de potencia seleccionados, en:
- a. Dormitorios generales (por lo menos un tomacorriente doble en cada habitación de pacientes).
 - b. Laboratorios de angiografía.
 - c. Laboratorios de cateterismo cardiaco.
 - d. Unidades de cuidado coronario.
 - e. Salas o áreas de hemodiálisis.
 - f. Salas y áreas de urgencias (seleccionadas).
 - g. Laboratorios de fisiopatología.
 - h. Unidades de cuidados intensivos.
 - i. Salas de recuperación postoperatoria (seleccionadas).

9) Alumbrado de trabajo, tomacorrientes y circuitos de potencia adicionales y necesarios para el buen funcionamiento del hospital. Se permite conectar al ramal crítico los motores monofásicos de potencia fraccional (de menos de 746 W o 1 HP).

3.3 Prediseño del Sistema Eléctrico del Hospital

Como se indicó en el capítulo 3, la institución hospitalaria no cumple con las normativas necesarias para garantizar la seguridad de las personas ni el suministro eléctrico continuo en caso de alguna emergencia. Debido a la falta de documentación necesaria para realizar el diseño eléctrico del hospital, como planos arquitectónicos y planos eléctricos, se realizaron las medidas necesarias para diseñar los planos.

3.3.1 Diseño de Planos Arquitectónicos. Para el diseño de los planos arquitectónicos de la entidad hospitalaria fue necesario realizar medidas en toda la planta baja, utilizando una cinta métrica convencional se realizó la medición de todas las zonas del hospital, dicha medición quedó registrada en fotografías como lo muestra la Figura 7. Las fotografías se encuentran en la carpeta “10_fotografias evidencia de medición y visita tecnica” ubicada en la carpeta “Apéndice B. Registro Fotográfico”.



Figura 5. Registro fotográfico de la medición de zonas.

Posteriormente se procedió a dibujar el plano a escala en el software AutoCAD, teniendo en cuenta todas las zonas del hospital. Dicho plano es presentado el archivo PDF “Plano Arquitectónico” ubicado en la carpeta “Apéndice H. Plano hospital”.

En la Figura 8 se observa el plano arquitectónico diseñado.

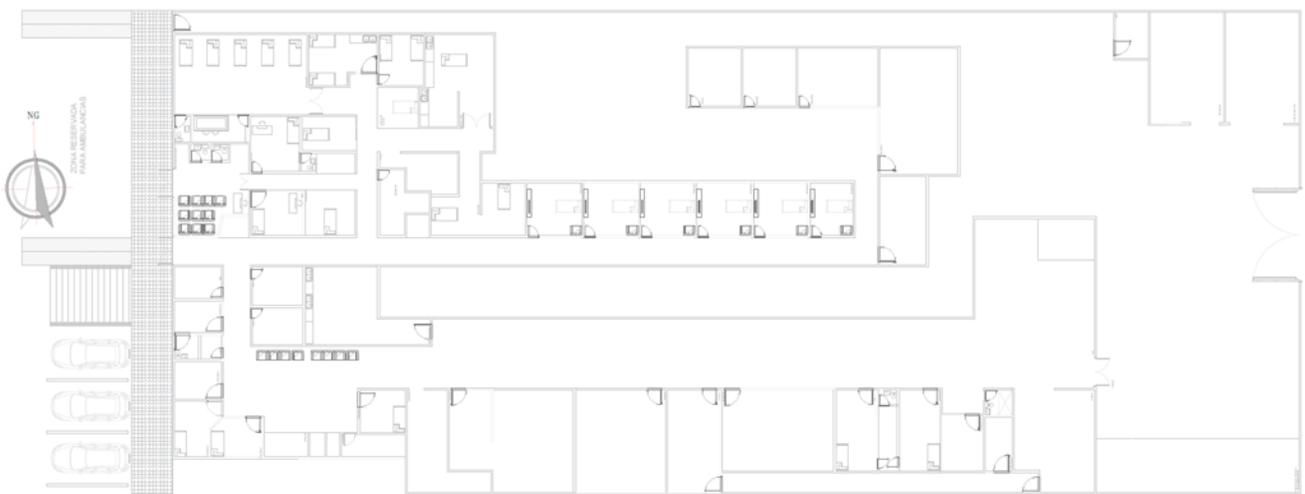


Figura 6. Plano arquitectónico del hospital.

3.3.2 Consideraciones para el Diseño. Una vez elaborado el plano con la distribución se tienen en cuenta al menos las siguientes consideraciones para el diseño del sistema eléctrico del hospital, consideraciones normativas socializadas con la entidad:

- El diseño de la iluminación se realizó utilizando el software DIALux 4.13, de uso libre, garantizando el número de luminarias óptimo para un bajo consumo energético cumpliendo lo exigido por la norma ESSA y RETILAP.
- Cantidad adecuada del número de tomacorrientes necesarios para cada zona incluyendo tomacorrientes con protección tipo GFCI para zonas húmedas; dando cumplimiento a las recomendaciones normativas y las exigencias del cliente.
- Diseño de un tablero general de baja tensión TGBT implementando un sistema de transferencia automática que garantice el restablecimiento automático del suministro eléctrico dentro de los 10 segundos siguientes a la interrupción del suministro normal.
- Con el fin de independizar el sistema eléctrico de cada zona y facilitar la operación de esta por el personal operativo, se definieron tableros de distribución zonificados.
- Se aumentó la capacidad instalada del sistema eléctrico para dar capacidad a los tomacorrientes adicionales y futuras cargas.
- Por petición del cliente se dimensionó una planta de emergencia con la capacidad necesaria para suplir la totalidad de la demanda del hospital.
- La clasificación de zonas se realizó de acuerdo con lo que dice la norma NTC 2050 para garantizar un flujo ininterrumpido de energía eléctrica por medio de una UPS para el ramal crítico y esencial.

3.3.3 Clasificación de Zonas. La clasificación de zonas se realizó de acuerdo con los criterios de reglamentación vigentes expuestos en el capítulo 3.2, y las zonas vistas en el plano arquitectónico de la figura número 8. La clasificación queda de la siguiente manera:

Tabla 1.

Clasificación de las zonas del hospital.

Zonas y Sistemas	Sistema de Emergencia		Sistema de Equipos	Sistema No Esencial	Criterios Para Su Definición
	Ramal Vital	Ramal Crítico	Sistema de Equipos		
Aseo				✓	No requiere de continuidad del suministro eléctrico durante un corte de suministro normal
Caja				✓	No requiere de continuidad del suministro eléctrico durante un corte de suministro normal
Consultorios		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Consultorio Urgencias		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Contabilidad				✓	No requiere de continuidad del suministro eléctrico durante un corte de suministro normal
Enfermedades Respiratorias		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Estación Enfermería		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Esterilización			✓		Necesidad de equipos especiales
Fisioterapia				✓	No requiere de continuidad del suministro eléctrico durante un corte de suministro normal
Maternidad		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Observación		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Odontología			✓		Necesidad de equipos especiales

Zonas y Sistemas	Sistema de Emergencia		Sistema de Equipos	Sistema No Esencial	Criterios Para Su Definición
	Ramal Vital	Ramal Crítico	Sistema de Equipos		
Pediatría		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Pediatría 2		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Procedimientos		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Rayos X			✓		Necesidad de equipos especiales
Reanimación		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Recepción		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Sala de Espera Urgencias	✓				517-32. Ramal vital NTC 2050
Sala de Parto		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Triage		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Pasillos	✓				517-33. Ramal crítico NTC 2050
Farmacia		✓			517-33. Ramal crítico NTC 2050
Alarma					517-32. Ramal vital NTC 2050
Contraincendios	✓				517-32. Ramal vital NTC 2050
Sistemas de Comunicación	✓				517-32. Ramal vital NTC 2050
Cuarto de Generación	✓				517-32. Ramal vital NTC 2050

Teniendo en cuenta los lineamientos del cliente y el requisito reglamentario en cuanto a una planta de emergencia, con la capacidad de suplir la demanda total del sistema; solo se tomará como referencia la clasificación de zonas para el dimensionamiento de la UPS, la cual atenderá el ramal crítico y vital de la instalación.

4. Diseño Eléctrico de la Instalación

En este capítulo se describe la etapa de diseño del sistema eléctrico de la institución hospitalaria de nivel 1, teniendo en cuenta la normatividad y el marco reglamentario vigente, las recomendaciones del cliente y los criterios expuestos en los capítulos anteriores.

El estudio y diseño de iluminación se realizó dando cumplimiento a las exigencias dadas en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) y las recomendaciones expuestas en la Norma Europea Sobre Iluminación Para Interiores (UNE 12464.1), en cuanto a las zonas que RETILAP no contempla.

Se presenta el diseño debido a la complejidad y exigencias de confiabilidad y seguridad que requiere el sistema eléctrico, teniendo en cuenta lo anterior se procede a dar cumplimiento a los ítems expuestos en el numeral 10.1.1 del RETIE en cuanto a memorias de cálculo:

- a. Análisis y cuadros de cargas.
- b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- g. Cálculo de campos electromagnéticos.
- h. Cálculo de transformadores.
- i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- j. Cálculo económico de conductores.

- k. Verificación de los conductores.
- l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- m. Cálculo y coordinación de protecciones.
- n. Cálculos de canalizaciones.
- o. Cálculos de pérdidas de energía.
- p. Cálculos de regulación de tensión.
- q. Clasificación de áreas.
- r. Elaboración de diagramas unifilares.
- s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- t. Especificaciones de construcción complementarias.
- u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.
- v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación.

Cada una de las memorias de cálculo se encuentra en la carpeta “Apéndice D. Memorias de Cálculo”, donde también se encuentra la justificación del porque no se realizaron los cálculos de las memorias g, j, l, q, v.

En la Figura 9. se observa la dinámica implementada para el presente diseño.

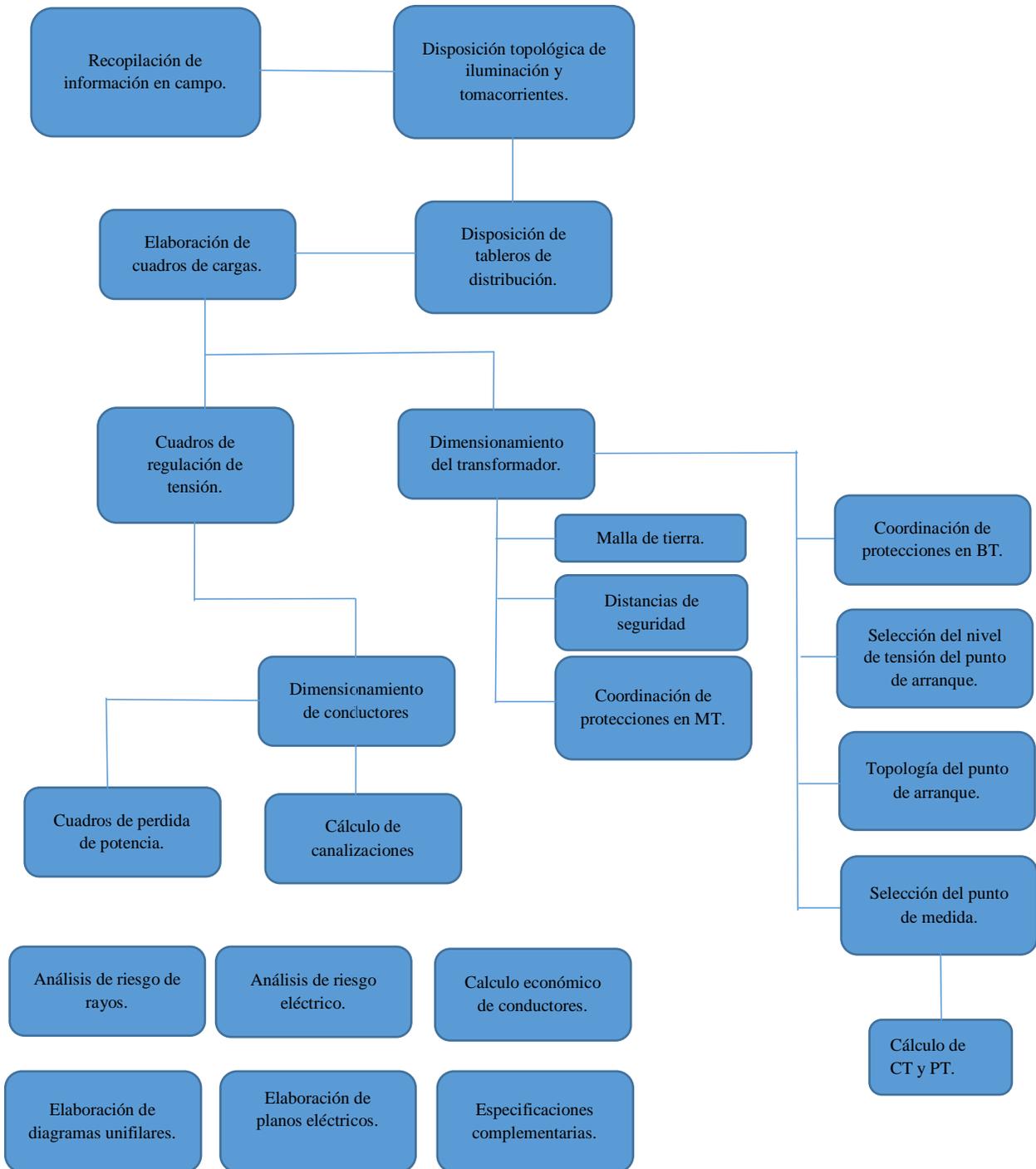


Figura 9. Dinámica del diseño.

4.1 Estudio y Diseño de Iluminación

El montaje de las áreas del hospital se realizó en 4 áreas distintas, el área 1 que comprende la parte de urgencias del hospital, el área 2 que comprende la parte administrativa y de consulta externa del hospital, el área 3 comprende la parte de hospitalización y algunas oficinas del hospital y el área 4 que comprende las zonas exteriores del hospital. El estudio de iluminación se realizó para zonas interiores, zonas exteriores y un estudio de iluminación de emergencia delimitando las vías de evacuación. Las características de las luminarias utilizadas para este estudio se encuentran en la tabla 2, y los catálogos se encuentran en la carpeta “Luminarias” ubicada en la carpeta “Apéndice E. Diseño de Iluminación”.

Tabla 2.

Características de las luminarias.

Marca	Modelo de luminaria	Potencia[w]	Intensidad lumínica [Lux]	Zona de instalación
Sylvania	5050 IP LED	32	3400	Interiores
Sylvania	AL 4068818 Hermética	16	893	Exteriores
Sylvania	Al 300 Blanco	200	3000	Exteriores
Legrand	L31 661004	6	200	Iluminación de emergencia

Fuente: Catálogos Sylvania y Legrand.

4.1.1 Estudio de Zonas Interiores. Para las zonas interiores se tienen en cuenta áreas como consultorios generales, consultorios de urgencias, consultorios de odontología, pasillos, salas de espera, oficinas, auditorios, habitaciones de hospitalización, baños, salas comunes y salas de procedimientos especiales como sala de parto, sala de maternidad, sala de esterilización, sala de enfermedades respiratorias, salas de enfermería, sala de observación, sala de pediatría, sala de

reanimación y sala de procedimientos. Cada área cuenta con una iluminación promedio según lo dictan el reglamento y la normatividad mencionada.

En la siguiente tabla se presentan las exigencias mínimas de iluminación utilizados como referencia para el diseño de iluminación y un promedio de los valores arrojados por el estudio evidenciando que dichos valores se encuentran por encima de los exigidos.

Tabla 3.

Niveles lumínicos medios mínimos.

Área Del Hospital	Intensidad Lumínica Media Mínima [Lux]	Resultados De Intensidad Lumínica Media [Lux]
Consultorios generales	500	750
Consultorio de urgencias	500	750
Consultorio de odontología	500	1014
Pasillos	200	600
Salas de espera	200	600
Oficinas	500	800
Auditorio	500	739
Habitaciones de hospitalización	500	600
Salas comunes	200	700
Sala de parto	300	1013
Sala de maternidad	100	560
Sala de esterilización	300	500
Sala de enfermedades respiratorias	500	658
Salas de enfermería	500	600
Sala de observación	300	735
Sala de pediatría	500	592
Sala de reanimación	500	881
Sala de procedimientos	500	712

Fuente: UNE 12464.1-RETILAP-DIALux 4.13

El informe de este estudio arrojó el resultado del nivel de luminosidad por cada área estudiada, donde se observan los niveles de luminosidad acordes a los niveles mínimos requeridos dados en las normas, dicho informe se presenta en los archivos PDF “Informe Iluminación Interior Zona 1 Y 2” y “Informe Iluminación Interior Zona 3”, Ubicado en la Carpeta “Apéndice E. Diseño Iluminación”.

En las siguientes imágenes se observan las zonas de urgencias y consulta externa diseñadas en DIALux 4.3.

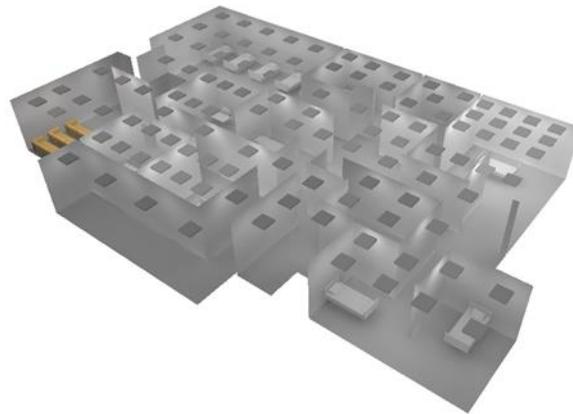


Figura 7. Diseño de iluminación zona de la zona de urgencias de la institución hospitalaria. Fuente: Diseño propio en Dialux 4.3.

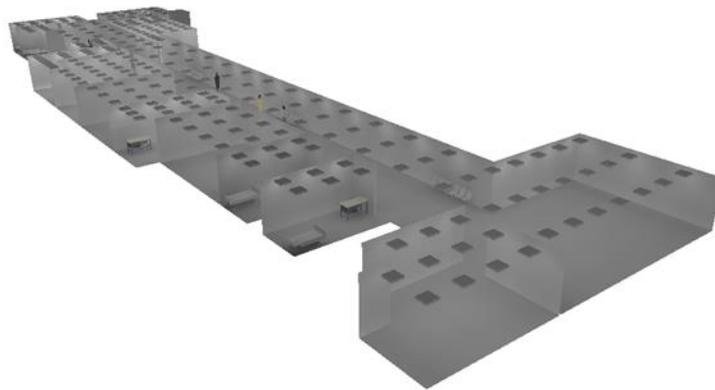


Figura 8. Diseño de iluminación del área de consulta externa de la institución hospitalaria. Fuente: Diseño propio en Dialux 4.3.

4.1.2 Estudio de Zonas Exteriores. Para el diseño de iluminación de las zonas exteriores se tienen en cuenta el parqueadero, las zonas verdes del hospital y los pasillos que se encuentran a la intemperie. Debido a que estas zonas están expuestas a condiciones climáticas que pueden

deteriorar las luminarias, estas deben ser selladas herméticamente para evitar el daño por corrosión, fluidos o radiación solar.

El informe del estudio de iluminación de zonas exteriores muestra los niveles de iluminación de las áreas estudiadas, este estudio se encuentra en el archivo PDF “Informe Iluminación Zonas Exteriores”, ubicado en la carpeta “Apéndice E. Diseño Iluminación”. Las siguientes imágenes muestran el resultado del diseño del estudio de iluminación de zonas exteriores del hospital.

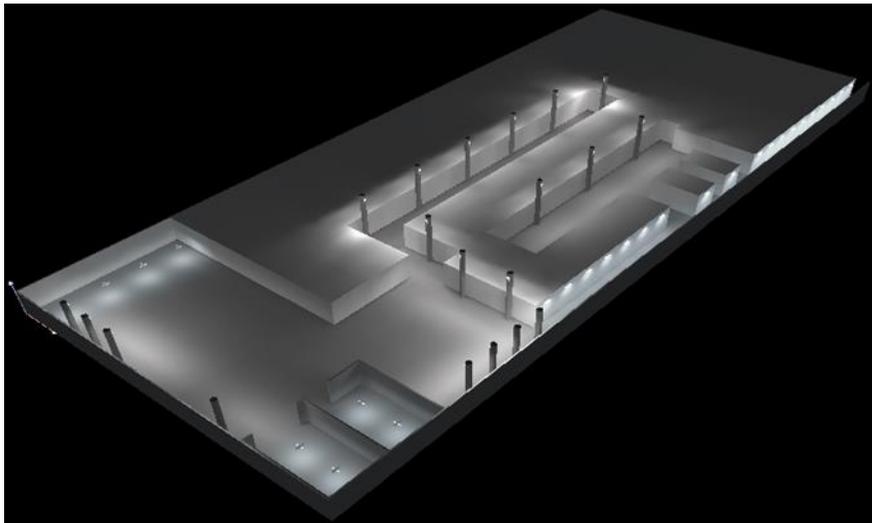


Figura 9. Diseño de iluminación de zonas exteriores del hospital vista 1. Fuente: Diseño propio en Dialux 4.3.

4.1.3 Iluminación de Emergencia. La iluminación de emergencia es de vital importancia en casos donde se requiere evacuar el edificio rápidamente como incendios, sismos o terremotos. También en casos donde el sistema total falle por algún motivo y la planta de emergencia no suplir las necesidades energéticas de la institución médica.

Para la institución médica en estudio se optó por implementar un sistema de alumbrado de emergencia permanente, es decir un sistema de energía separado y automantenido, conformado por un grupo de luminarias cada una con su propia batería y una autonomía no menor a una hora, que en condiciones normales permanecen conectadas a la red de manera flotante o están cargándose. Este sistema es el altamente confiable ya que funciona incluso en casos de incendio donde las redes de distribución se desintegran por el fuego.

En cuanto a la intensidad lumínica mínima en las rutas de escape se cumple lo que establece el RETILAP, que la iluminancia proporcionada por el alumbrado de emergencia en cualquier punto del piso de las vías de evacuación no debe ser menor a 1.0 Lux.

El informe del estudio de iluminación de emergencia se encuentra en los archivos PDF “Informe Iluminación Emergencia Zona 1 Y 2” y “Informe Iluminación Emergencia Zona 3”, ubicado en la carpeta “Apéndice E. Diseño Iluminación”.

4.1.3.1 Vías de Evacuación Área Urgencias. En la figura 13 se pueden observar las vías de evacuación del área de urgencias y en la tabla 4 están los niveles de iluminancia mínima dichas vías.

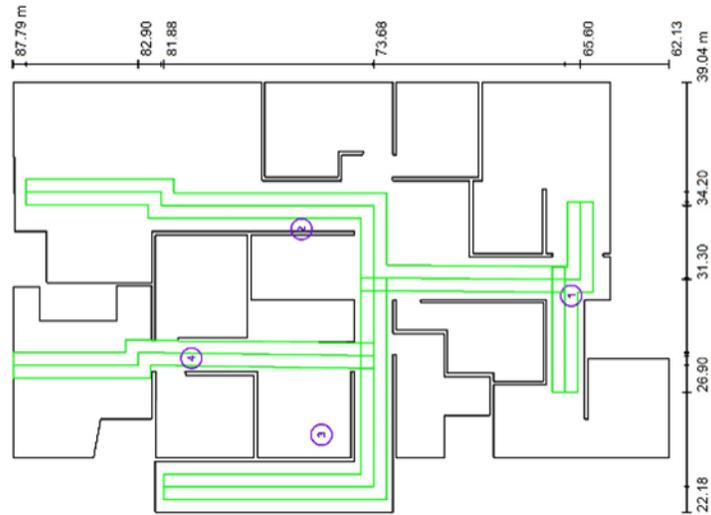


Figura 10. Vías de evacuación área de urgencias.

Tabla 4.

Niveles de iluminación en vías de escape área urgencias.

Vía de evacuación	Iluminancia mínima [LUX]
1	2.19
2	1.68
3	1.07
4	2.56

Fuente: Diseño propio DIALux.

4.1.3.2 Vías de Evacuación Área del Ala Nueva. En la figura 14 se pueden observar las vías de evacuación del área del ala nueva y en la tabla 5 están los niveles de iluminancia mínima dichas vías.

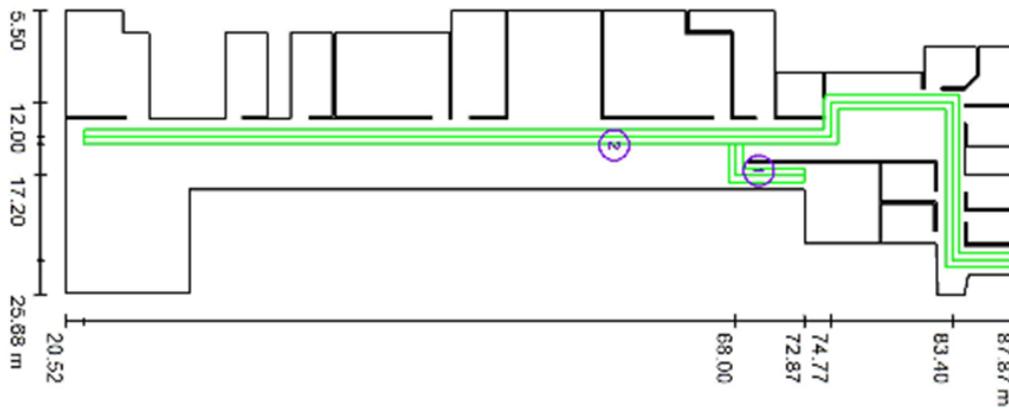


Figura 11. Vías de evacuación área del ala nueva.

Tabla 5.

Niveles de iluminación en vías de escape área del ala nueva.

Vía de evacuación	Iluminancia mínima [LUX]
1	2.37
2	1.86

Fuente: Diseño propio DIALux.

4.1.3.3 vías de Evacuación Área Hospitalización. En la figura 15 se pueden observar las vías de evacuación del área de hospitalización y en la tabla 6 están los niveles de iluminancia mínima dichas vías.

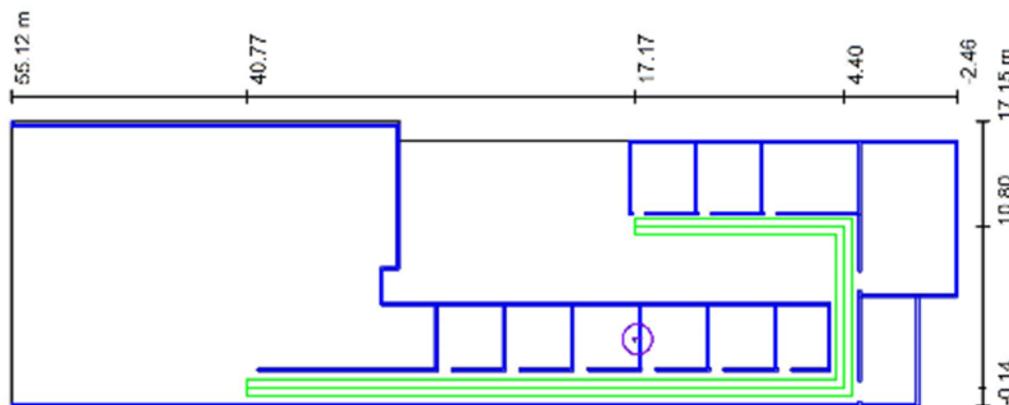


Figura 12. Vías de evacuación área de hospitalización.

Tabla 6.

Vías de evacuación área de hospitalización.

Vía de evacuación	Iluminancia mínima [LUX]
1	1.56

Fuente: Diseño propio DIALux.

4.2 Elaboración de Cuadro de los Cargas

Luego de realizar el estudio de iluminación de todas las áreas del hospital y teniendo en cuenta las recomendaciones del cliente se realizó la ubicación de los tomacorrientes supliendo las necesidades y características de la carga a alimentar en cada punto de la instalación.

Se ubicaron tomacorrientes monofásicos trifilares para la alimentación de aires acondicionados en cada una de las áreas operativas y administrativas de la institución, se garantizó un mínimo de seis tomas monofásicas dobles del circuito regulado en consultorios, sala de parto, sala de observación y en todas las áreas donde se realicen procedimientos médicos; en los cuartos de hospitalización se ubica un promedio de 5 tomas alimentados por el circuito respaldado y un mínimo de dos tomas alimentadas por el circuito regulado, con el fin de garantizar la continuidad del servicio.

Partiendo de esta información se procede a realizar los cuadros de cargas en función de la capacidad instalada en cada una de las zonas y de esta forma dimensionar los tableros de distribución.

Los cuadros de cargas se encuentran en la carpeta “A. Análisis y Cuadros de Cargas”, ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

Tabla 7.

Tableros de distribución.

Tableros de Distribución			
Tablero	Zona Alimentada	Totalizador asociado	Demanda max [VA]
TD-RP-1-AN	Tablero respaldado 1 del ala nueva	Ezc250f/100a	26640
TD-RP-2-AN	Tablero respaldado 2 del ala nueva	Ezc250f/100a	28500
TD-RP-3-AN	Tablero respaldado 3 del ala nueva	Ezc100n/50a	15660
TD-RP-I1-AN	Tablero respaldado de iluminación 1 ala nueva	Ezc100f/30a	4428
TD-RP-I2-AN	Tablero respaldado de iluminación 2 ala nueva	Ezc100b/30a	5206
TD-RPR-AI-1	Tablero aislado regulado, respaldado 1	Ezc100f/30a	4292
TD-RPR-I1-AU	Tablero regulado, respaldado iluminación ala urgencias	Ezc100f/30a	3924
TD-RPR-1-AU	Tablero regulado, respaldado 1 urgencias	Ezc100f/50a	17460
TD-RP-1-AU	Tablero respaldado 1 urgencias	Ezc100f/80a	29880
TD-RP-1-AH	Tablero respaldado 1 hospitalización	Ezc250f/100a	32400
TD-RP-I1-AH	Tablero respaldado iluminación 1 hospitalización	Ezc100b/30a	3416
TD-RP-SGSP-1	Tablero respaldado de servicios generales subestación principal	Ezc100b/30a	4092
Total			171806

Fuente: Memoria cálculo de cuadro de cargas.

4.3 Dimensionamiento del Transformador

Conociendo la carga total instalada de la instalación se procedió a realizar la selección del transformador de alimentación. La NTC 2050 y la norma ESSA la recomiendan aplicar un factor de diversificación a la carga instalada con el fin de dimensionar la capacidad del transformador en función de la demanda máxima calculada en los cuadros de carga. Debido al uso y tipo de usuario el factor de diversificación aplicado es uno, con esto se garantiza un normal funcionamiento de la red ante una prolongada operación del sistema a carga máxima o en sobrecarga. El estudio para la selección del transformador se encuentra en la carpeta “H. Calculo del Transformador”, ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

Tabla 8.

Capacidades de transformadores comerciales.

Selección de transformador		
Capacidad de transformadores comerciales kVA	Cargabilidad	Reserva en kVA
15	1145%	-156,806
30	573%	-141,806
45	382%	-126,806
75	229%	-96,806
112,5	153%	-59,306
150	115%	-21,806
225	76%	53,194

Fuente: Memoria de cálculo de cuadro de cargas.

Tabla 9.

Transformador seleccionado.

Transformador seleccionado	
Carga total (kVA)	171,806
Reserva 24% en kVA	53,194
Total carga proyectada (kVA)	225
Capacidad del transformador seleccionado (kVA)	225
Cargabilidad (%)	76%
Alimentador principal	
Calibre seleccionado	2 AWG XLPE AL 133%
Capacidad de corriente	170 A a 75°C

Fuente: Memoria de cálculo de cuadro de cargas.

4.4 Cálculo de Regulación de Tensión

Acorde al nivel de tensión y tipo de acometida la norma del operador de red ESSA exige unos niveles de regulación de tensión máximos para cada tramo de las acometidas del sistema eléctrico según la tabla 1 del Apéndice I. Parámetros de Diseño.

Luego de conocer la ubicación de los tableros de distribución, capacidad instalada y la longitud de las acometidas principales en baja tensión, tomando como referencia la metodología de cálculo expuesta en el Apéndice I. Parámetros de Diseño, se realiza el cálculo de regulación de

tensión, dicho cálculo es presentado en la carpeta “P. Cálculos de Regulación”, ubicada en el “Apéndice D Memorias de Calculo”.

Tabla 10.

Cuadro de regulación de tensión.

Punto inicial	Punto final	Total	S(VA)	VL [V]	Regulación de tensión
PUNTO DE ARRANQUE	TRENDE CELDAS	111	225000	13200	0,04%
TREN DE CELDAS	TRF	10	225000	13200	0,004%
TGBT	UPS	12	25700	220/127	0,0%
TRF	TGBT	5	225000	220/127	0,4%
GENERADOR	TGBT	8	250000	220/127	0,7%
TGBT	TD-RP-1-AN	96,29	26640	220/127	1,30%
TGBT	TD-RP-2-AN	92,4	28500	220/127	1,30%
TGBT	TD-RP-3-AN	44,5	15660	220/127	1,10%
TGBT	TD-RP-I1-AN	96,29	4428	220/127	1,70%
TGBT	TD-RP-I2-AN	44,5	5206	220/127	1,50%
TGBT	TD-RPR-AI-1	58,6	4292	220/127	1,60%
TGBT	TD-RPR-I1-AU	73,4	3900	220/127	1,10%
TGBT	TD-RPR-1-AU	73,4	17460	220/127	1,20%
TGBT	TD-RP-1-AU	81,4	29880	220/127	1,20%
TGBT	TD-RP-1-AH	39,2	32400	220/127	1%
TGBT	TD-RP-I1-AH	39,2	3416	220/127	0,80%
TGBT	TD-RP-SGSP-1	11	4092	220/127	0,30%

Fuente: Memoria de regulación de tensión.

4.5 Dimensionamiento del Conductor de las Acometidas

Para dimensionar el conductor de las acometidas se tuvo en cuenta el cumplimiento de dos criterios, el cumplimiento de la regulación de tensión, estudiado anteriormente, y el cumplimiento de la capacidad de corriente del conductor, explicado en el Apéndice I. Parámetros de diseño.

El estudio y cumplimiento de estos dos ítems dio como resultado los conductores mostrados en la tabla 11. El estudio de selección de conductores se encuentra en la carpeta “K. Verificación Conductores”, ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

Tabla 11.

Conductores seleccionados.

Punto inicial	Punto final	Longitud total [m]	S(VA)	Conductor por fase	% de caída de tensión
Punto de arranque	TRENDE	111	22500	2 AWG Cu XLPE	0,04%
Tren de celdas	CELDAS		0		
	TRF	10	22500	2 AWG Cu XLPE	0,004%
			0		
TGBT	UPS	12	25700	1/0 AWG Cu	0,0%
TRF	TGBT	5	22500	2X250 Kcmil	0,4%
			0		
Generador	TGBT	8	25000	4/0 AWG Cu	0,7%
			0		
TGBT	TD-RP-1-AN	96,29	26640	4/0 AWG Cu	1,30%
TGBT	TD-RP-2-AN	92,4	28500	4/0 AWG Cu	1,30%
TGBT	TD-RP-3-AN	44,5	15660	2 AWG Cu	1,10%
TGBT	TD-RP-I1-AN	96,29	4428	6 AWG Cu	1,70%
TGBT	TD-RP-I2-AN	44,5	5206	8 AWG Cu	1,50%
TGBT	TD-RPR-AI-1	58,6	4292	6 AWG Cu	1,60%
TGBT	TD-RPR-I1-AU	73,4	3900	6 AWG Cu	1,10%
TGBT	TD-RPR-1-AU	73,4	17460	1/0 AWG Cu	1,20%
TGBT	TD-RP-1-AU	81,4	29880	4/0 AWG Cu	1,20%
TGBT	TD-RP-1-AH	39,2	32400	2/0 AWG Cu	1%
TGBT	TD-RP-I1-AH	39,2	3416	8 AWG Cu	0,80%
TGBT	TD-RP-SGSP-1	11	4092	8 AWG Cu	0,30%

Fuente: Memoria de regulación de tensión.

4.6 Cálculo de Canalizaciones

El cálculo del porcentaje de ocupación de canalizaciones se realizó con base a lo establecido en el capítulo 3.1.10 de la Norma técnica ESSA, la cual indica que el porcentaje máximo de ocupación de una canalización es de 40%. Teniendo en cuenta el diámetro de los conductores, y el número de conductores por canalización se sacó el área de ocupación de las canaletas, seleccionando canaletas que cumplan con el espacio estipulado. Por facilidades de inventario y elaboración de presupuesto se decide instalar toda la dictaría en 3 pulgadas, cumpliendo también la norma efectivamente. Los resultados se evidencian en la tabla 12. Los cálculos de canalizaciones se

encuentran en la carpeta “N. Calculo de canalizaciones”, ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

Tabla 11.

Selección de canalizaciones.

Punto inicial	Punto final	Conductor por fase	Canalización calculada [Pulgadas]	Canalización instalada [Pulgadas]
Punto de arranque	Trende Celdas	2 AWG Cu XLPE	1 1/2	3
Tren de celdas	TRF	2 AWG Cu XLPE	1 1/2	3
TGBT	UPS	1/0 AWG Cu	2	3
Generador	TGBT	4/0 AWG Cu	2 1/2	3
TGBT	TD-RP-1-AN	4/0 AWG Cu	2 1/2	3
TGBT	TD-RP-2-AN	4/0 AWG Cu	2 1/2	3
TGBT	TD-RP-3-AN	2 AWG Cu	1 1/2	3
TGBT	TD-RP-I1-AN	6 AWG Cu	1	3
TGBT	TD-RP-I2-AN	8 AWG Cu	1	3
TGBT	TD-RPR-AI-1	6 AWG Cu	1	3
TGBT	TD-RPR-I1-AU	6 AWG Cu	1	3
TGBT	TD-RPR-1-AU	1/0 AWG Cu	2	3
TGBT	TD-RP-1-AU	4/0 AWG Cu	2 1/2	3
TGBT	TD-RP-1-AH	2/0 AWG Cu	1 1/2	3
TGBT	TD-RP-I1-AH	8 AWG Cu	1	3
TGBT	TD-RP-SGSP-1	8 AWG Cu	1	3

4.7 Cálculos de Pérdida de Energía

Para realizar el cálculo de pérdidas de energía se considera una operación del sistema en condición nominal en régimen permanente con el fin de poder cuantificar la corriente que circula por cada conductor y tener un valor de consumo estable e invariante en tiempo; logrando de esta forma cuantificar los valores de pérdidas de energía por efecto julios en los conductores en función del comportamiento de la demanda en el tiempo.

El cálculo detallado de las pérdidas energéticas en cada una de las acometidas principales se presenta en la carpeta “O. Calculo de Perdidas de Energía”, ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

4.8 Calculo del Sistema de Puesta a Tierra

Se toma como referencia la norma internacional IEEE 80 2000 para realizar el dimensionamiento de la malla de puesta a tierra teniendo en cuenta la resistividad del terreno, corriente de cortocircuito trifásico, impedancia de cortocircuito del transformador; con el fin de garantizar unos niveles de tensión de contacto y de paso permitidos por la norma, de esta forma garantizar una conexión solida a tierra y unos tiempos de despeje de las corrientes de falla adecuados, garantizando seguridad para los usuarios del sistema eléctrico y los equipos conectados a él.

Se hicieron iteraciones manuales siguiendo la metodología de cálculo expuesta en la norma.

El estudio se encuentra en la carpeta “I. Calculo del Sistema de Puesta a Tierra”, Ubicada en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

4.9 Distancias de Seguridad Requeridas

Acorde a los niveles de tensión nominales y a la topología del sistema eléctrico se procede a establecer las distancias de seguridad para trabajos con partes energizadas o en cercanías a ella según la tabla 13.7 del numeral 13.6 del RETIE.

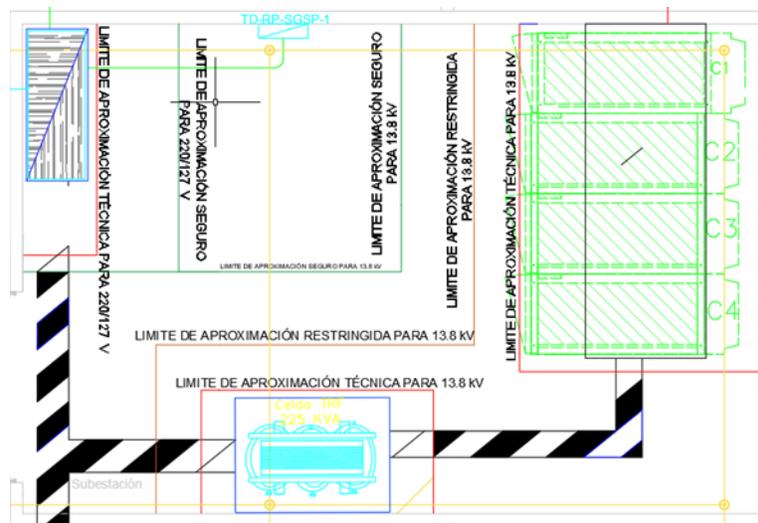


Figura 13. Distancias de seguridad en la subestación.

4.10 Cálculo y Coordinación de Protecciones Contra Sobrecorrientes

Conociendo la topología de la instalación, conductores seleccionados, capacidad nominal del transformador y capacidad nominal de la planta de emergencia, se procede a realizar el estudio de coordinación de protecciones en baja y media tensión

- Coordinación de protecciones en baja tensión: para realizar la coordinación de protecciones, estudios de cortocircuito y flujos de carga en baja tensión se usó el software internacional de uso libre Ecodial Avance Calculation INT 4.8 by Schneider Electric, el cual permitió realizar la adecuada coordinación de protecciones según las características y topologías del sistema, y a su vez sugiere los dispositivos de protección a implementar los cuales se encuentran disponibles en el mercado.

El estudio en Ecodial se encuentra en el archivo “COORDINACION DE PROTECCIONES EN BT”, ubicado en la carpeta “M. CALCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES”, del “ANEXO 4 MEMORIAS DE CALCULO”.

- Coordinación de protecciones en media tensión: para realizar la coordinación de protecciones y estudios de cortocircuito, se debe garantizar la no operación del dispositivo de protección ante el normal funcionamiento del sistema eléctrico en condiciones nominales y la no operación del equipo de protección ante una corriente de arranque del transformador; cumpliendo estos parámetros se debe garantizar un tiempo de operación entre protecciones de más de 700 milisegundos, logrando de esta forma una correcta selectividad entre los dispositivos de protección dimensionados para el sistema.

El estudio en de la coordinación de protecciones en media tensión se encuentra en el archivo PDF “Estudio de Coordinación de Protecciones en MT”, ubicado en la carpeta “M. Calculo y Coordinación de Protecciones”, del “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

Tabla 12.

Protecciones seleccionadas.

Coordinación de Protecciones	
Fusible de cajas cortacircuito	Fusible de 50 A TIPO K
Fusible tren de celdas	Fusible de 25 A a 17.5KV HHD-B
UPS	NSX100F/100A
Totalizador TGBT	MTZ1 08H1/800A
Generador	MTZ1 08H1/800A
TGBT	EZC250F/100A
TGBT	EZC250F/100A
TGBT	EZC100N/50A
TGBT	EZC100F/32A
TGBT	EZC100B/32A
TGBT	EZC100F/32A
TGBT	EZC100F/32A
TGBT	EZC100F/50A
TGBT	EZC100F/80A
TGBT	EZC250F/100A
TGBT	EZC100B/32A
TGBT	EZC100B/32A

Fuente: Simulación de estudio de protecciones en Ecodial.

4.11 Selección del Nivel de Tensión

Para la selección del nivel de tensión requerido para el punto de conexión de la institución hospitalaria se tuvieron en cuenta dos factores:

- La demanda máxima del suscriptor
- El punto de red más cercano con disponibilidad de suministro para la demanda de la instalación.

Para el nivel de tensión requerido la norma ESSA sugiere lo siguiente:

Tabla 13.

Niveles de tensión para el punto de conexión.

Tensión (kV)	Demanda máxima (kVA)
Baja	Hasta...30
Media (13,2)	Hasta...500
Media (34,5)	Hasta...5000

Tabla 2.1 de la ESSA

Teniendo en cuenta estos factores, se selecciona un punto de conexión en 13.2 kV debido a la demanda máxima de la instalación y la cercanía del hospital con una red de 13.2 kV propiedad del operador de red.

4.12 Topología del Punto de Arranque

Acorde a lo estipulado en el capítulo 2.1 de la norma del operador de red ESSA, el transformador elegido se debe instalar en piso, lo cual implica una acometida subterránea en conductor tipo XLPE

canalizado en tubería conduit galvanizada tipo pesado, desde el punto de arranque en media tensión en 13.2kV, desde el cual se recibe la alimentación eléctrica del operador de red ESSA hasta la subestación ubicada en la parte posterior de la edificación la cual cuenta con un tren de celdas de media tensión, en las cuales se realiza el seccionamiento y se aloja el punto de medida según la CREG 038; estas celdas alimentan un transformador seco de 13.2kV/220-127 V con una capacidad nominal de 225 kVA, como se observa en la siguiente ilustración.

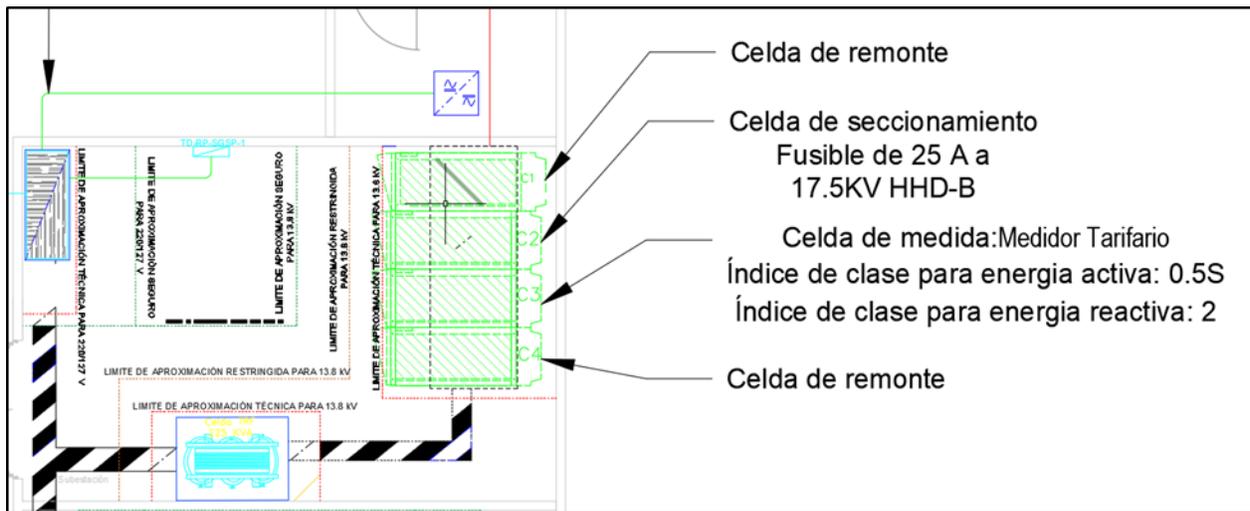


Figura 14. Topología del punto de arranque.

4.13 Selección del Punto de Medida

Siguiendo los lineamientos expuestos en el código de medida CREG 038-2014, configuración y demanda máxima del sistema, se realiza el siguiente análisis para la selección del punto y tipo de medida a implementar. El estudio de selección de punto de medida se encuentra en el archivo PDF “Selección de Punto de Medida” en la carpeta “W.Otros” del Apéndice D. Memorias de Cálculo.

Tabla 14.

Pautas para selección del punto de medida.

Pautas para la selección del punto de medida.	
A. Punto de medición del sistema	Debido a que el sistema eléctrico se encuentra dimensionado para una carga instalada de 225KVA, por lo tanto, el punto de medición corresponde a tipo 3
B. Índice de clase para medición de energía activa	Para la celda de medida se debe implementar medidor con clase de 0.5S para medida energía activa
C. Indicador de clase para medidores de energía reactiva	Para la celda de medida se debe implementar medidor con clase de 2 para medida energía reactiva
D. Clase de exactitud para transformadores de corriente y transformadores de tensión	Para la celda de medida se debe implementar CT's con exactitud de 0.5S y PT's con exactitud de 0.5

Fuente: Selección basada en la CREG 038 del 2014.

4.14 Selección de Transformadores de Corriente y de Transformadores de Tensión

La selección del transformador de corriente y transformador de tensión se hizo teniendo en cuenta la CREG 038 del 2014, dicho análisis se encuentra en la memoria selección de transformadores de corriente en el archivo PDF “Selección de Transformador de Corriente” en la carpeta “W.Otros” del Apéndice D. Memorias de Cálculo y selección de transformadores de tensión de medida en el archivo PDF “Selección de Transformador de Tensión de Medida” en la carpeta “W.OTROS” del Apéndice D. Memorias de Cálculo. Como resultado del análisis se selecciona un CT de 10 [Amperios] y un PT de 13,2 Kv/120 [V].

4.15 Análisis de Riesgo Eléctrico y Medidas Para Mitigarlo

Conociendo la topología definida para el sistema, se procede a realizar el análisis de riesgo eléctrico y las medidas para mitigarlos, de las instalaciones eléctricas concernientes al sistema eléctrico de la institución hospitalaria nivel uno en cuestión.

Tabla 15.

Descripción del sistema eléctrico.

Nivel de tensión del punto de conexión	13.8 kV
Nivel de tensión de servicio	220/127 V
Capacidad del transformador	225 kVA
Tipo de usuario	Hospitalario

Fuente: Características del sistema.

Con el fin de dar un buen tratamiento y prevención del riesgo eléctrico obliga el hacer una correcta identificación y evaluación de las situaciones irregulares de operación y funcionamiento del sistema eléctrico, antes de que suceda un incidente o accidente; para lograrlo es necesario conocer los factores de riesgo eléctrico y poder identificar situaciones inseguras, valorando el potencial de riesgo que estas representen; partiendo de esto poder hacer intervenciones y correcciones que minimicen el potencial de estos riesgos.

Tabla 16.

Riesgos potenciales.

Riesgos Potenciales				
Análisis de Riesgos Eléctricos Según el Artículo 9 Del Retie				
Análisis de Eléctricos de Origen Eléctrico				
Factor de riesgo a evaluar	Evaluación del riesgo			Medidas de protección para mitigar el riesgo
	Potencial	Frecuencia	Nivel de riesgo	
Arco eléctrico	Alto	Ocasional	Bajo	Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
Ausencia de electricidad	Alto	Alto (por constantes interrupciones por parte del operador de red)	Bajo	Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
Contacto directo	Alto	Ocasional	Bajo	Establecer distancias de seguridad según el nivel de tensión,

Riesgos Potenciales				
Análisis de Riesgos Eléctricos Según el Artículo 9 Del Retie				
Análisis de Eléctricos de Origen Eléctrico				
Contacto indirecto	Alto	Improbable	Bajo	implementación de frentes muertos en tableros y equipos con puntos energizados expuestos, correcta coordinación de aislamiento, uso adecuado de epp's
Cortocircuito	baja	Ocasional	Bajo	Respetar distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, puso de interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.
Electricidad estática	Baja	Ocasional	Bajo	Implementación de interruptores automáticos con dispositivos de disparo máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
Equipo defectuoso	Baja	Ocasional	Bajo	Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, implementación de pisos conductivos y tableros de aislamiento en las zonas criticas
Rayos	Baja	Poco probable	Bajo	Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
Sobrecarga	Baja	Poco probable	Bajo	Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, sistema de apantallamiento y suspender todo tipo de actividades al aire libre cuando haya presencia de tormentas eléctricas.
Tensión de contacto	Alto	Poco probable	Bajo	Correcta coordinación y selección los equipos de protección (disparos de máxima corriente), correcto dimensionamiento de alimentadores y equipos según el RETIE o alguna otra normativa vigente
Tensión de paso	Alto	Poco probable	Bajo	Puestas a tierra con baja resistencia, restricción de acceso a personal no autorizado, uso de epp's dieléctricos
				Puestas a tierra con baja resistencia, restricción de acceso a personal no autorizado, uso de epp's dieléctricos

Fuente: Diseño propio según lo establecido en el artículo 9 del RETIE.

Según el artículo 9 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE se deben tener en cuenta los niveles de soportabilidad del cuerpo humano ante la circulación de corriente eléctrica tomados de la gráfica de la norma NTC 4120, con referente a la IEC 60479-2, que detalla las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 a 100Hz.

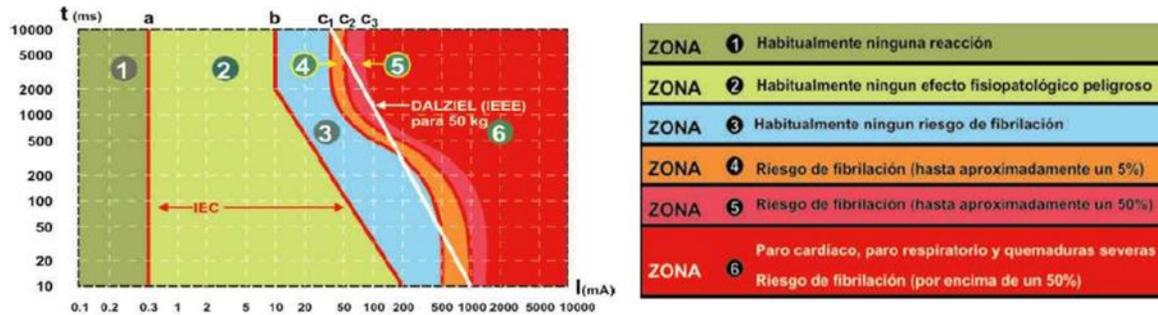


Figura 15. Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.

Fuente: Figura 9.1 del RETIE

Los equipos de protección contra sobre corrientes, cortocircuitos y aislamiento sugeridos en la etapa de diseño; sus tiempos de actuación se encuentran en la zona 6 de la anterior ilustración (paro cardíaco, paro respiratorio, quemaduras severas, riesgo de fibrilación por encima del 50%), teniendo en cuentas los tiempos de disparo y las magnitudes de circulación de corrientes posibles.

Para estas condiciones nos aplica:

- Nivel de frecuencia OCASIONAL-IMPROBABLE, ya que solo se puede presentar en labores de mantenimiento y operación del sistema eléctrico; y estas labores solo son realizadas por personal calificado y autorizado.

- Potencial ALTO, ya que los niveles de tensión normalizados a los cuales opera el sistema pueden ocasionar lesiones graves o mortalidad a las personas.

Del análisis anterior se puede concluir que el nivel de riesgo eléctrico presente en la instalación es un **Nivel de Riesgo Medio** para el cual se necesita un nivel de protección básico.

Para que estas condiciones de seguridad eléctrica se mantengan luego de la etapa constructiva se realizan las siguientes recomendaciones:

1) Toda actividad de mantenimiento se deberá programar e informar 15 días previos a su ejecución.

2) Rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo.

3) Aplicar todas las medidas de seguridad dependiendo de la actividad a realizar.

4) Obligatorio cumplimiento de las 5 reglas de oro para trabajos sin tensión:

- Corte visible.

- Bloqueo y tarjeteo.

- Verificar ausencia de tensión en el punto donde se realice la maniobra y en el sitio donde se van a realizar los trabajos.

- Instalación de sistemas de puestas a tierra temporales como medida de protección ante una energización inesperada del circuito.

- Señalización del área de trabajo.

5) Todas las intervenciones a la red eléctrica del hospital se deberán hacer por parte de personal calificado y autorizado.

6) Antes de la ejecución de cualquier actividad en la red eléctrica se deberá contar con los permisos y autorizaciones necesarias y el diligenciamiento adecuado del análisis de riesgo acorde a la actividad a realizar.

El análisis completo de riesgos eléctricos se encuentra en el archivo PDF “Análisis de Riesgo Eléctrico y Medidas Para Mitigarlo”, ubicado en la carpeta “E. Análisis de Riesgos Eléctricos” en el “Apéndice D. Memorias de Calculo”.

4.16 Elaboración de Planos Eléctricos y Esquemas para la Construcción

En la carpeta “Apéndice H. Planos Hospital” se encuentra el archivo DWG “Plano Hospital” con los siguientes planos eléctricos, realizados en la versión libre del software de dibujo AutoCAD 2020:

- Plano topológico de iluminación.
- Plano topológico de tomacorrientes.
- Plano de detalle de la subestación.
- Plano topológico de canalizaciones en baja y media tensión.
- Plano topológico SIPRA

4.17 Elaboración de Diagramas Unifilares.

Luego de definir toda la topología del sistema se procedió realizar el diagrama unifilar de la instalación eléctrica en la versión estudiantil del software de dibujo AutoCAD 2020, en el cual se describe toda la topología, características y configuración del sistema eléctrico como son topología del punto de arranque, capacidad de los alimentadores, configuración y características de los equipos de medida, conductores seleccionados en cada acometida, características y referencias de

los equipos de protección, cargas asociadas al sistema, topología general de la red eléctrica, entre otras características y definiciones del sistema.

En la carpeta “Apéndice H. Planos Hospital” se encuentra el archivo DWG “Plano Hospital” con el diagrama unifilar del hospital.

4.18 Presupuesto de Diseño

El presupuesto de diseño y los APU’S se presentan en la carpeta “Apéndice I. Presupuesto de Diseño”.

4.19 Definición del Sistema de Respaldo Energético

Debido a la ubicación geográfica en la que se encuentra ubicado la institución hospitalaria y a la mala calidad del suministro energético por parte del operador de red, la cual presenta un gran número de cortes del suministro por año; debido a lo anterior y a la gran importancia de garantizar un suministro ininterrumpido del suministro energético para una operación continua del hospital, es de vital importancia la implementación de un grupo electrógeno con un sistema de transferencia automática que garantice un tiempo de restablecimiento del sistema en menos de 10 segundo por parte de la planta de emergencia.

Debido a exigencias del cliente se procede a dimensionar, cotizar e implementar una planta de emergencia con capacidad para suplir a totalidad de la demanda energética del sistema en régimen continuo, los documentos que sustentan esto se encuentran en la carpeta “Apéndice J. Definición del Sistema de Respaldo”.

5. Definición de un Sistema de Generación Fotovoltaico

Con el fin de reducir las expectativas de consumo de energía y ser amigables con el medio ambiente, se realiza un estudio de generación fotovoltaico para la institución hospitalaria.

5.1 Análisis de Área Dispuesta para la Instalación de los Paneles

Después de un análisis de áreas disponibles para la instalación de los paneles fotovoltaicos, se concluye junto con el cliente que el área dispuesta para esto será la placa de la subestación eléctrica, esta posee un área de 11.18 x 8.39 metros. En la siguiente imagen se observa el área para la disposición de los paneles.

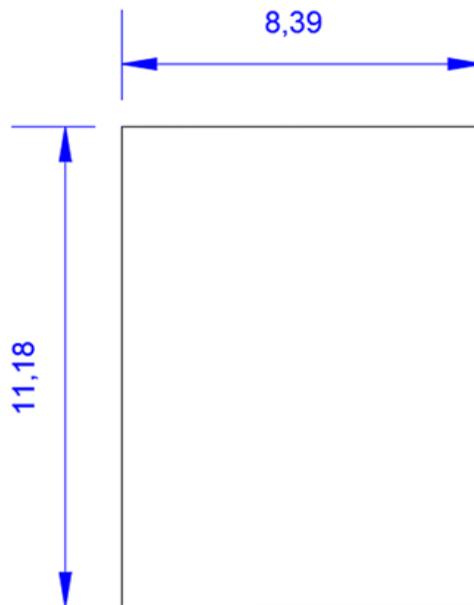


Figura 16. Área para disposición de los paneles.

5.2 Tipos de Sistemas y Posterior Selección del Más Adecuado

Dependiendo del escenario donde se quieran instalar, existen distintas topologías para la implementación de un sistema fotovoltaico, estos escenarios están sujetos a las características del entorno en donde será instalado el sistema y a los requerimientos del cliente. Los sistemas fotovoltaicos pueden ser de dos tipos:

- Off-grid (Autónomos o aislados): Estos sistemas son aquellos que no tienen una conexión con la red eléctrica, y alimenta únicamente una carga específica aislada. Normalmente requiere almacenar en bancos de baterías la energía fotovoltaica generada.

- On-grid (Conectados a la red): En estos tipos de sistemas los paneles operan conectados a la red eléctrica, permitiendo así inyectar a la red de distribución la energía excedente generada, es decir la energía generada que no es consumida por las cargas, esto presenta una gran ventaja en cuanto al consumo de energía, ya que al inyectarle potencia a la red, el contador bidireccional puede “girar hacia atrás”, disminuyendo así el consumo energético del sistema, reduciendo los costos mensuales de energía eléctrica.

Luego de exponerle los dos tipos de sistema al cliente, este opta por un sistema de generación On-grid, ya que tiene la ventaja de la disminución de consumo energético, y además no hay que invertir en un banco de baterías como en el sistema Off-grid.

5.3 Dimensionamiento Topológico del Sistema Fotovoltaico

Para el dimensionamiento topológico del sistema de paneles solares se buscan los paneles más adecuados para la instalación disponibles en el mercado. El panel solar seleccionado es de la marca Canadian Solar, referencia CS6X 310P, un panel policristalino de 310 [W], su ficha técnica y cotización se presentan en la carpeta “Apéndice F. Paneles Solares”.

Para el dimensionamiento de la cantidad de paneles, potencia generada y el dimensionamiento del inversor, se contemplan tres posibilidades, con el 70, 80 y 100 por ciento del área disponible.

El cliente manifiesta por medio de una carta que elige el sistema con el 100 por ciento del área dispuesta, dicha carta se encuentra en la carpeta “Apéndice A. Actas y Documentos”.

Los tres estudios y el plano de disposición de los paneles en el 100 por ciento del dispuesta se encuentran en la carpeta “Apéndice F. Paneles Solares”, con su respectivo estudio de inversión y retornos.

6. Definición de Componentes Técnicos del Sistema de Gestión Energética

6.1 Justificación

Con el propósito de brindar las mejores condiciones de operación del sistema eléctrico propuesto en este diseño, se plantea la implementación de manera complementaria de un sistema de gestión

y monitorización de variables eléctricas, esta supervisión del sistema permitirá al hospital conocer el estado actual del sistema eléctrico, permitiendo identificar de forma temprana eventos anómalos (tendencias de consumo energético elevados, desbalances en el sistema eléctrico principal, contenido de distorsiones armónicas, alertas de sobre tensiones y subtensiones, etc) los cuales podrían ser mitigadas o solucionadas a tiempo mediante un sistema de supervisión acorde a las necesidades del proyecto, brindando al usuario final que de eviten fallas importantes en el sistema eléctrico.

6.2 Características del Sistema Monitorización Propuesto.

Conocer el tipo y el comportamiento de las variables eléctricas en tiempo real implica en la actualidad contar con distintas clases de dispositivos eléctricos, los cuales en forma conjunta permiten una correcta monitorización y supervisión de variables eléctricas, estos dispositivos están compuestos por:

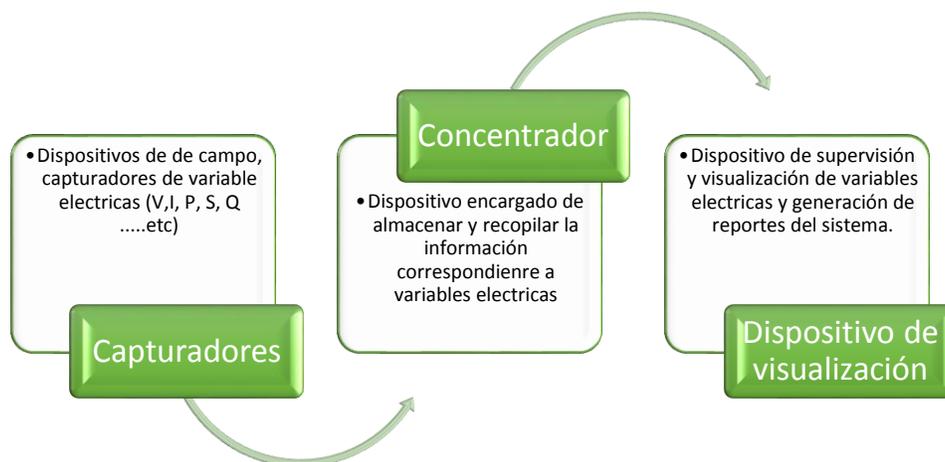


Figura 20. Composición de un sistema de gestión y monitorización de variables eléctricas.

Estos sistemas en la actualidad se conocen como sistemas de gestión y monitorización y supervisión de variables eléctricas, dichos sistemas son ofrecidos comercialmente por grandes empresas del sector energético, tales como Schneider Electric, Legrand, EATON, Siemens, etc, las cuales cuentan con mismo principio de funcionamiento anteriormente mencionado.

En este proyecto de grado se ilustra un sistema de gestión y monitorización de variables eléctricas acorde a una solución comercial ofrecida por la multinacional Schneider Electric, dicho sistema se describe en las siguientes páginas de este informe.

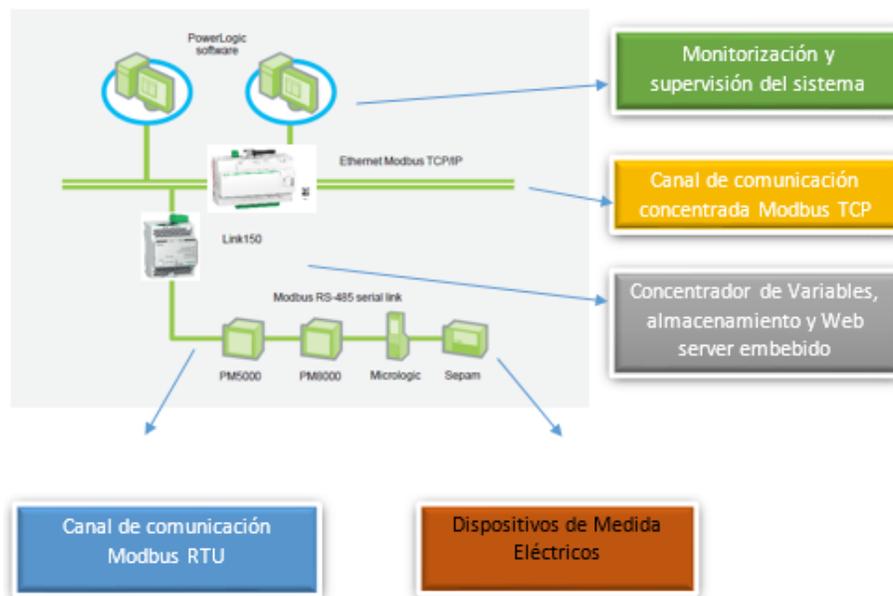


Figura 17. Arquitectura planteada bajo el estándar comercial de schneider electric. Fuente: Energy and power meters catalog for Panel Builders by SCHNEIDER ELECTRIC, page 76.

La imagen anterior resume la arquitectura presente en un sistema de monitorización y gestión de variables eléctricas, realizando el siguiente recorrido topológico:

Dispositivos de Medida: Son los encargados de capturar las variables eléctricas del proyecto, las cuales permitirán realizar los respectivos análisis adecuados para cada sistema eléctrico.

Canal de comunicación Modbus RTU: Ruta o cableado de comunicación el cual permite el transporte de las variables eléctricas enviada por las unidades de medidas (Capturadores).

Concentrador de Variables, almacenamiento y Web server embebido: Dispositivo concentrador el cual almacena, procesa y organiza la información enviada por los medidores capturadores de variables eléctricas, dicho dispositivo es capaz de gestionar dichas labores mediante un entorno grafico visualizado mediante un web server embebido en el dispositivo.

Canal de comunicación concentrada Modbus TCP IP: Posterior al procesamiento de datos, dicha información debe ser conducida a un dispositivo de visualización.

Monitorización y supervisión del sistema eléctrico: Esta última labor se realiza desde un dispositivo maestro, el cual cuenta con los permisos y cuentas necesarias para gestionar, monitorizar y visualizar variables eléctricas, permitiéndole adicionalmente tramitar reportes anuales, mensuales y diarios del estado y operación de los sistemas eléctricos monitorizados, así como de la red principal de energía.

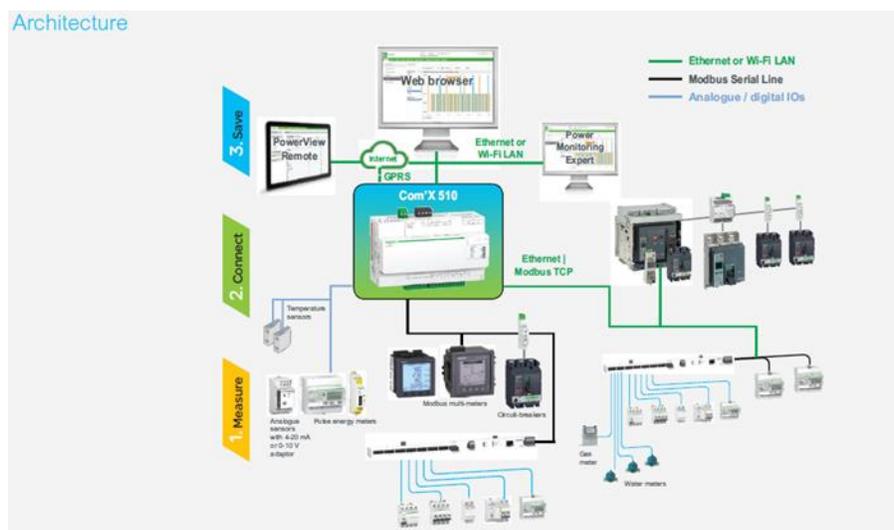


Figura 18. Arquitectura presentada por el fabricante Fuente: Energy and power meters catalog for Panel Builders by SCHNEIDER ELECTRIC, page 83.

A continuación, se presentan los dispositivos que hacen parte de la arquitectura propuesta para este diseño.



Figura 19. Medidores o capturadores. Fuente: Catalogo PM5000 Series_METSEPM5110 y PM5000 Series_METSEPM5340 by SCHNEIDER ELECTRIC



Figura 24. Concentrador + Fuente de alimentación. Fuente: - Energy and power meters catalog for Panel Builders by SCHNEIDER ELECTRIC, page 82.

-Ficha técnica del producto ABL8MEM24012 alimentación modo conmutador regul. - 1 o 2 fases - 100-240 V CA - 24 V - 1,2 A, by SCHNEIDER ELECTRIC.

Los anteriores dispositivos se entrelazan mediante los respectivos canales de comunicación mediante Modbus RTU y Modbus TCP IP, finalmente el sistema de Monitorización y supervisión eléctrica converge en un dispositivo de computo con acceso a la red de comunicaciones o Ethernet generada para el sistema.

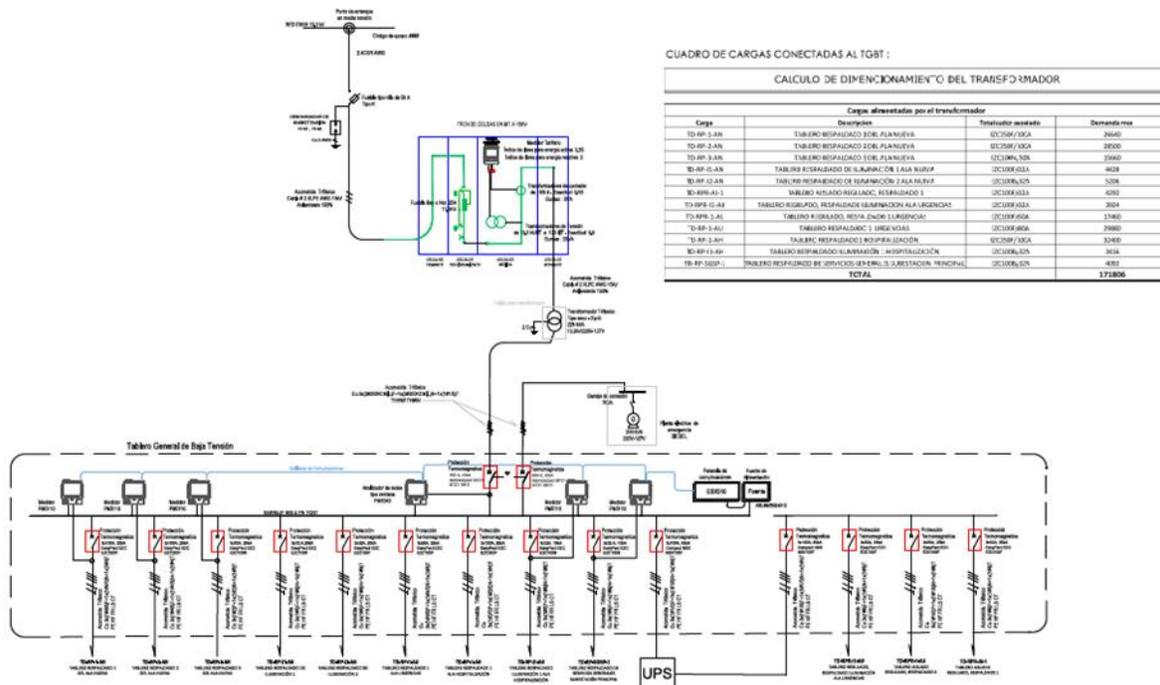


Figura 20. Topología de medida propuesto

Con el propósito de ser un poco más ilustrativos en la información anteriormente mencionada, se adjuntan a continuación las visualizaciones del Web Server del sistema de monitorización y supervisión de variables eléctricas:

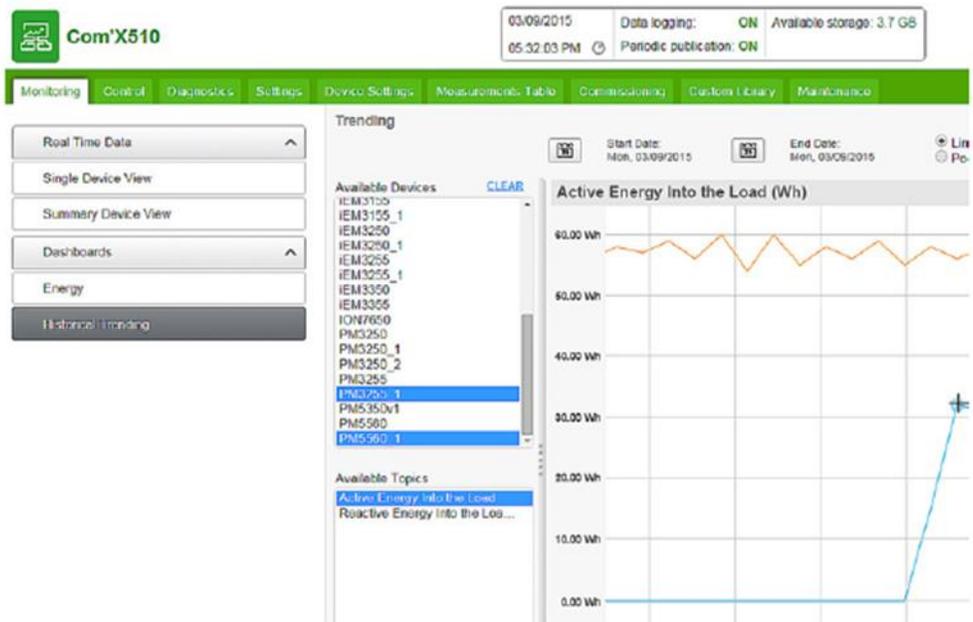


Figura 26. Visualizaciones del Web Server del sistema de monitorización. Fuente: Schneider Electric Energy and power meters catalog for Panel Builders

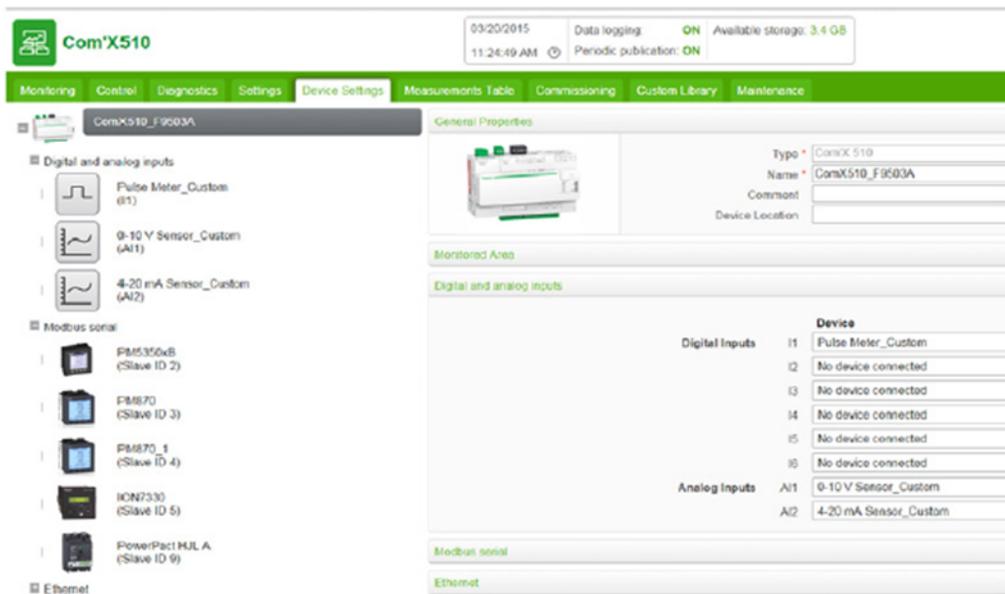


Figura 27. Visualizaciones del Web Server del sistema de monitorización. Fuente: Schneider Electric Energy and power meters catalog for Panel Builder

El informe del sistema de medida y las fichas técnicas de los medidores se encuentran en la carpeta “Apéndice G. Sistema de Gestión Energético”.

7. Conclusiones

El proceso de recopilación de información de la instalación eléctrica de la institución hospitalaria pone en evidencia el alto grado de deterioro en el que se encuentra, este deterioro es provocado en gran parte por la antigüedad de las instalaciones, a la ausencia de planes de mantenimiento preventivo y correctivo, y la constante manipulación de la red eléctrica por parte de personal no capacitando lo cual genera un alto potencial de riesgo.

La ausencia de diagramas unifilares y planos topológicos del sistema eléctrico actual representa un alto potencial de accidentalidad para las personas encargadas de mantener y operar el sistema eléctrico, a su vez representa un riesgo inminente para los trabajadores y usuarios de la institución hospitalaria.

Las medidas escogidas para minimizar riesgo por ausencia de electricidad fue la implementación de una planta de emergencia con capacidad para el suministro de la totalidad de la demanda energética de la institución, la implementación de un sistema de transferencia automática que garantice un tiempo de restablecimiento del flujo de energía menor a 10 segundos y la implementación de un sistema ininterrumpido de potencia por medio de ups con el fin de garantizar la continuidad del suministro en las zonas críticas; esto con el fin de dar cumplimiento a lo estipulado en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE y la norma NTC 2050 ya que una institución hospitalaria es considerada una instalación eléctrica especial y se debe contemplar en su sistema eléctrico medidas que minimicen el riesgo por ausencia de electricidad.

Debido al tipo de usuario y la importancia de garantizar una operación continua en condiciones de carga nominal y en sobre carga de la red eléctrica, se optó por no diversificar la carga instalada a la hora de dimensionar los conductores, transformador, planta de emergencia y UPS instalada.

8. Recomendaciones

Toda actividad de mantenimiento se deberá programar e informar 15 días previos a su ejecución.

Rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Aplicar todas las medidas de seguridad dependiendo de la actividad a realizar.

Obligatorio cumplimiento de las 5 reglas de oro para trabajos sin tensión:

- Corte visible.
 - Bloqueo y tarjeteo.
 - Verificar ausencia de tensión en el punto donde se realice la maniobra y en el sitio donde se van a realizar los trabajos.
 - Instalación de sistemas de puestas a tierra temporales como medida de protección ante una energización inesperada del circuito.
 - Señalización del área de trabajo.
- Todas las intervenciones a la red eléctrica del hospital se deberán hacer por parte de personal calificado y autorizado.
 - Antes de la ejecución de cualquier actividad en la red eléctrica se deberá contar con los permisos y autorizaciones necesarias y el diligenciamiento adecuado del análisis de riesgo acorde a la actividad a realizar.

Referencias Bibliográficas

- 2013, R. N. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Energía, M. d. (2010). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Energía, M. d. (2014). Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 038. Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- IEEE. (2000). IEEE 80 Guide for Safety in AC Substation Grounding. New York: IEEE.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, I. (1998). Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 4552. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Icontec.
- Norma Europea Sobre Iluminación Para Interiores (UNE 12464.1).
- Norma Técnica CENS, capítulo 2, PARAMETROS DE DISEÑO
- Norma Técnica Colombiana, NTC 2050, sección 230, ACOMETIDAS
- Norma Técnica Colombiana, NTC 2050, sección 517, INSTITUCIONES DE ASISTENCIA MEDICA, secciones 517C, 517-25, 517-30, 517-31, 517-32, 517-33.
- Norma Técnica ESSA, capítulo 3.1.1, NIVELES DE ILUMINACIÓN.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, sección 470, ALUMBRADO DE EMERGENCIA.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, artículo 10, REQUERIMIENTOS
GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, artículo 13, DISTANCIAS DE
SEGURIDAD.

UNE 12464.1 Norma Europea para Iluminación de Interiores. (2002).