

Documentación de la coordinación de protecciones en instalaciones eléctricas hospitalarias en la Unidad Clínica la Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja – Santander

Leonardo Dayan Jaimes Rodriguez

**Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Sistemas de Distribución de
Energía Eléctrica**

Director:

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2022

Agradecimientos

A Dios todopoderoso, a Iluminación Yariguies S.A. por darme el espacio para asistir a clases, a los profesores y al director de grado Oscar Quiroga por siempre apoyarme.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Aspectos regulatorios sobre las instalaciones eléctricas de centros de asistencia médica.....	16
2.1 Clasificación de áreas médicas u hospitalarias.	17
2.2 Redes eléctricas hospitalarias.	18
2.2.1 Sistema esencial	19
2.2.2 Sistema de Equipos	20
2.2.3 Sistema de emergencia.....	20
2.2.4 Ramal vital.	21
2.2.5 Ramal crítico.....	22
2.2.6 Requisitos del alambrado.....	24
2.2.7 Protección mecánica del sistema de emergencia.	24
2.2.8 Capacidad de los sistemas.....	24
2.2.9 UPS de soporte.....	25
2.2.10 Sistema de transferencia.	28
3. Metodología general para el estudio de las protecciones eléctricas en la Clínica La Magdalena.....	29

3.1 Documentación del proceso	30
3.2 Identificación de las distintas áreas y procesos que se desarrollan en la clínica.	31
3.2.1 Reportes entregados.	32
3.2.2 Confirmación y registro	32
3.2.3 Depuración de la información.....	32
3.2.4 Definición de las áreas	33
3.2.5 Suministro de energía	33
3.2.6 Norma para el diseño.	34
3.3 Documentación del papel del sistema de protecciones eléctricas de la unidad clínica	34
3.3.1 Instalaciones Internas.....	35
3.3.2 Capacidad de las Bombas Contra Incendio.	36
3.3.3 Listado de equipos de mayor consumo.....	36
3.3.4 Cálculos eléctricos de la demanda eléctrica.....	36
3.3.4.1 Factor de potencia.	37
3.3.4.2 Carga instalada.....	37
3.3.4.3 Análisis de Armónicos.....	38
3.3.4.4 Carga Demandada.....	39
3.3.5 Sistema de Puesta a Tierra SPT.	40
3.3.5.1 Datos de Entrada.	42
3.3.5.2 Parámetros de Diseño.	43
3.3.6 Apantallamiento.....	45
3.3.6.1 Evaluación de Riesgo.....	47
3.3.6.2 Conductores.	53

3.3.6.3 Parámetros De Diseño.....	56
3.3.6.4 Datos de Entrada.....	60
3.3.7 Coordinación de las protecciones internas.....	61
3.3.8 Construcción de la Subestación.....	62
3.3.9 Calibración del Transformador.....	62
3.4 Identificación de las deficiencias más comunes en el sistema eléctrico de las instalaciones hospitalarias del entorno nacional.....	62
4. Resultados del proceso de diseño y coordinación de protecciones.....	64
4.1 Identificación de las distintas áreas y procesos que se desarrollan en la unidad clínica	64
4.1.1 Áreas y procesos de la Unidad Clínica La Magdalena.....	64
4.1.2 Suministro de energía.....	77
4.2 Documentación del papel del sistema de protecciones eléctricas de la unidad clínica	79
4.2.1 Instalaciones Internas.....	79
4.2.2 Resultados de los Cálculos eléctricos.....	81
4.2.3 Sistema de Puesta a Tierra (SPT).....	90
4.2.4 Sistema de Protección Atmosférica (Apantallamiento).....	94
4.2.5 Estudio de coordinación de protecciones de la Unidad Clínica.....	97
4.2.6 Construcción de la subestación.....	103
4.3 Deficiencias más comunes en el sistema eléctrico de las instalaciones hospitalarias del entorno nacional.....	105
5. Conclusiones.....	110
Referencias Bibliográficas	112

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Bloques del Sistema Eléctrico de un Hospital.	18
Figura 2. Sistema eléctrico esencial, básico de un hospital	19
Figura 3. Esquema de conexión de UPS con Bypass externo.....	26
Figura 4. Diagrama de funcionamiento de una transferencia.	29
Figura 5. Metodología.....	30
Figura 6. Ruta Gestión Documental.....	31
Figura 7. Ruta para el desarrollo del Diseño de Instalación de redes.	33
Figura 8. Ruta para el conocimiento de la carga.....	35
Figura 9. Factor de potencia tableros.....	38
Figura 10. Posicionamiento de un SIPRA externo sobre una estructura hecha de material aislante (madera o ladrillo) con una altura hasta de 60m, techo plano y con accesorios en techo.	41
Figura 11. Mapa Colombiano de niveles ceráunicos.....	48
Figura 12. Curvatura de conductores.	53
Figura 13. Número de conductores descendentes.....	55
Figura 14. Instalación de los DPS´s de distinta clase según las zonas de protección y requerimientos del equipo.....	59
Figura 15. Ruta para el establecimiento de parámetros en las deficiencias.....	63
Figura 16. Torre A y B de la Unidad Clínica La Magdalena.....	65
Figura 17. Torre A, B y C Unidad Clínica Magdalena.....	66

Figura 18. Primer Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.	67
Figura 19. Segundo Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.	69
Figura 20. Tercer Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.	70
Figura 21. Cuarto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.	72
Figura 22. Quinto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.	73
Figura 23. Sexto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.	75
Figura 24. Sexto y Séptimo Piso Torre C de la Unidad Clínica La Magdalena.	76
Figura 25. Diagrama del Suministro de Energía.....	78
Figura 26. Convenciones.	80
Figura 27. Cálculo de Cargas de Acometidas.....	82
Figura 28. Resultados de los cálculos de las protecciones de las acometidas de la Torre C.	87
Figura 29. Características conductoras de cobre desnudo suave.	91
Figura 30. Diagrama de Maya a Emplear.	91
Figura 31. Caracterización del suelo para análisis de SPT.	92
Figura 32. Resultado perfil de tensión de paso.	92
Figura 33. Perfil de tensión de contacto.....	93
Figura 34. Resultados de tensión de paso, tensión de contacto y Resistencia de Malla a Tierra	93
Figura 35. Datos de entrada Evaluación de Riesgos.....	95
Figura 36. Datos de entrada Evaluación de Riesgos.....	96
Figura 37. Información del Estudio.	98
Figura 38. Ajustes y graficas de coordinación - Capacidad instalada 1 MVA.	99
Figura 39. Ajustes y graficas de coordinación - Capacidad instalada 0.5 MVA.	100
Figura 40. Ajustes y graficas de coordinación - Capacidad instalada 1.5 MVA.	101

Figura 41. Ubicación de la Construcción de la Subestación Eléctrica. 104

Figura 42. Construcción de la Subestación Eléctrica..... 105

Figura 43. Diagrama Unifilar Original. 106

Figura 44. Diagrama Unifilar Final. 107

Figura 45. Diagrama de Falencias más comunes en los centros asistenciales..... 108

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Factores de potencia para el cálculo de la demanda.	37
Tabla 2. Factores de demanda.....	39
Tabla 3. Factores de demanda.....	40
Tabla 4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.	42
Tabla 5. Constantes de materiales.....	44
Tabla 6. Factor de localización.....	49
Tabla 7. Determinación del coeficiente de construcción C2.	51
Tabla 8. Determinación del coeficiente por contenido de la estructura C3.....	51
Tabla 9. Determinación del coeficiente por contenido de la estructura C3.....	51
Tabla 10. Determinación del coeficiente de consecuencias por descargas atmosféricas C5.....	52
Tabla 11. Estructura a proteger.....	60
Tabla 12. Resultados de Evaluación de Riesgos.....	94

Lista de Apéndices

Apéndice A: Planos de iluminación, aires acondicionados y toma corrientes del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Apéndice B: Planos de Apantallamiento del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Apéndice C: Estudio de Coordinación de protecciones del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Apéndice D: Curvas de Coordinación de protecciones del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Apéndice E. Plano del Diagrama unifilar General del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Apéndice F: Plano del Reconector Aprobado del complejo Unidad Clínica La Magdalena.

Resumen

Título: Documentación de la coordinación de protecciones en instalaciones eléctricas hospitalarias en la Unidad Clínica la Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja – Santander*.

Autor: Leonardo Dayan Jaimes Rodriguez**.

Palabras Clave: Coordinación de Protecciones, Instalación de Redes Eléctricas, Unidad Clínica, Calibración, Transformador.

Descripción:

Las redes eléctricas hospitalarias; son uno de los tópicos mas importantes en el diseño eléctrico, puesto las normativas y las regulaciones son rigurosas, ya que se trata con la vida misma, en una delgada línea en donde cualquier error es fatal y no hay procesos reversibles. Garantizar un buen sistema de protección de dichas redes así como la coordinación de los dispositivos para mantener un suministro de energía constante es el tema central de este proyecto, el cual describe las pautas principales según las diferentes normativas tales como el manual RETIE, las normas NTC 250, así como lo establecido en la norma NTC 2050 Primera Actualización y particularmente su sección 517, igualmente, se revisó la norma IEC 60364-7-710.

El caso de estudio fue La Unidad Clínica La Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja está ubicada sobre la carrera 25 con calle 51, es uno de los centros asistenciales más importantes de la ciudad. Recientemente se encuentra bajo reformas de expansión de su capacidad hospitalaria, muy demanda por el aumento poblacional y la crisis sanitaria (pandemia covid – 19), se construyó una tercera torre, denominada torre C, con proyecciones en una cuarta torre. Para esto fue necesario diseñar e implementar la instalación de toda la red eléctrica, las cometidas con sus caracterizaciones, las protecciones y la coordinación de protecciones según las normativas vigentes, expuestas en el párrafo anterior. Por último se identificaron las deficiencias más comunes en las instalaciones eléctricas partiendo de este caso de estudio.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Abstract

Title: Documentation of protections coordination in electrical installations of *la Unida Clínica Magdalena (UCM)* from *Barrancabermeja – Santander**.

Author: Leonardo Dayan Jaimes Rodriguez**

Key Words: Coordination of Protections, Installation of Electrical Networks, Clinical Unit, Calibration, Transformer.

Description:

Hospital electrical networks; they are one of the most important topics in electrical design, since the standards and regulations are rigorous, since it deals with life itself, in a fine line where any error is fatal and there are no reversible processes. Ensuring a good protection system for these networks as well as the coordination of the devices to maintain a constant energy supply is the central theme of this project, which describes the main guidelines according to the different regulations such as the RETIE manual, the NTC standards 250, as well as what is established in the NTC 2050 First Update standard and particularly its section 517, likewise, the IEC 60364-7-710 standard was revised.

The case study was the La Magdalena Clinical Unit (UCM) in the city of Barrancabermeja, located on Carrera 25 with Calle 51, it is one of the most important healthcare centers in the city. It is recently undergoing reforms to expand its hospital capacity, in high demand due to population growth and the health crisis (covid-19 pandemic), a third tower was built, called tower C, with projections on a fourth tower. For this it was necessary to design and implement the installation of the entire electrical network, the tasks with their characterizations, the protections and the coordination of protections according to the current regulations, exposed in the previous paragraph. Finally, the most common deficiencies in electrical installations were identified based on this case study.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Introducción

La Unidad Clínica La Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja está ubicada sobre la carrera 25 con calle 51, con una edificación que constaba de dos torres: A y B. Fue creada con el ánimo de suplir las necesidades de salud de las empresas y personas particulares del puerto petrolero y su área de influencia, las cuales requerían de un servicio médico eficiente y oportuno. En sus inicios, brindó los servicios básicos de hospitalización, cirugía y rayos X, pero en la medida en que la ciudad fue creciendo en paralelo al desarrollo de otras empresas, la Clínica fue adquiriendo una ampliación de su infraestructura con la construcción de la Torre C y así obtener mejores equipos médicos que permitieran un diagnóstico preciso y eficaz, lo cual ha contribuido notoriamente a la disminución de pacientes que se remiten a otras ciudades cercanas, atendiendo sus pacientes de forma inmediata. Este crecimiento escalonado no contaba con el adecuado estudio de protecciones de las instalaciones eléctricas para la torre C, por lo que fue necesario Identificar de manera precisa la distribución eléctrica de las cargas vitales, cargas críticas entre otras en las torres existentes A y B, y finalmente integrar de manera global una coordinación de las protecciones eléctricas en las torres A, B y C.

Como parte de la monografía, primero se identificó la documentación de la instalación eléctrica que poseía en su momento la Unidad Clínica la Magdalena (UCM); los diferentes planos, estructuras y demás, las distintas áreas y procesos que se desarrollaban en esta instalación hospitalaria, en la torre A y B, a su vez la gestión y proyecciones que se requería en la ampliación y construcción de la Torre

C. Con estos insumos se logró, la caracterización de las cargas en la instalación eléctrica y se realizaron las adecuaciones necesarias en toda esta amplia red siguiendo la normativa vigente.

Se documentaron los criterios para la coordinación de protecciones de la instalación de eléctrica atendiendo los requisitos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), así como lo establecido en la norma NTC 2050 Primera Actualización y particularmente su sección 517. Igualmente, se revisó la norma IEC 60364-7-710, dado que algunas instalaciones se basaban en dicho estándar.

Debido al crecimiento de la demanda por la crisis sanitaria (Pandemia Covid 19) a este proyecto se sumó en su gestión documental toda una ampliación del suministro e instalación de la red eléctrica hospitalaria con la correspondiente coordinación de protecciones. Fue necesaria la construcción de una nueva subestación y la adquisición de un grupo electrógeno de mayor capacidad y se optó por dejar como respaldo al equipo electrógeno con el que se contaba inicialmente en la instalación.

Finalmente, con el caso estudiado en esta monografía se logró identificar las falencias más comunes en las redes eléctricas hospitalarias del país, los aspectos reglamentarios que se pasan por alto, y las debilidades a nivel de coordinación de protecciones eléctricas al no considerarse los ajustes y actualizaciones requeridas a medida que se incrementa la demanda de la instalación.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Documentar el proceso de selección y coordinación de protecciones en instalaciones eléctricas hospitalarias en la Unidad Clínica la Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja – Santander.

1.2 Objetivos Específicos.

Identificar las distintas áreas y procesos que se desarrollan en La Unidad Clínica La Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja - Santander, sus requerimientos a nivel de suministro de energía eléctrica, la regulación y normativa aplicable para el diseño de la instalación eléctrica.

Documentar el papel del sistema de protecciones eléctricas de La Unidad Clínica La Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja - Santander, atendiendo las exigencias regulatorias y normativas aplicables. Mostrando el criterio del proceso de selección en la coordinación protecciones, evidenciando lo existente y lo nuevo.

Identificar las deficiencias más comunes en el sistema eléctrico de las instalaciones hospitalarias del entorno nacional, ejemplificándolas a partir de La Unidad Clínica La Magdalena (UCM) de la ciudad de Barrancabermeja – Santander.

2. Aspectos regulatorios sobre las instalaciones eléctricas de centros de asistencia médica

En Colombia los centros de asistencia médica se clasifican según su nivel de complejidad y nivel de atención. Dicha clasificación se empezó a desarrollar en la Ley 10 de 1990 y en el Decreto 1760 de 1990. Estas definiciones se ajustan luego en la ley 100 de 1993 y en la Resolución 5261 de 1994. Los niveles de complejidad establecidos son los siguientes (González, 2017, pág. 162):

- NIVEL I: Médico general y/o personal auxiliar y/o paramédico y/o de otros profesionales de la salud no especializados.
- NIVEL II: Médico general y/o profesional paramédico con interconsulta, remisión y/o asesoría de personal o recursos especializados.
- NIVEL III y IV: Médico especialista con la participación del médico general y/o profesional paramédico.

Dentro de estos Niveles de Complejidad se establecen los Niveles de Atención quirúrgica, responsabilizando para los diferentes Niveles de Complejidad diferentes Niveles de Atención, de la siguiente forma (González, 2017, pág. 162):

- NIVEL I: GRUPOS QUIRÚRGICOS 01, 02, 03.
- NIVEL II: GRUPOS QUIRÚRGICOS 04, 05, 06, 07, 08.
- NIVEL III: GRUPOS QUIRÚRGICOS 09 Y SIGUIENTES.
- NIVEL IV: Se establece de acuerdo al procedimiento practicado en las patologías.

2.1 Clasificación de áreas médicas u hospitalarias.

Las áreas que se pueden encontrar en un hospital o en una institución de asistencia médica son de tres tipos: Médica, administrativa y de apoyo; dentro de estas se establecen las zonas críticas en relación directa a la atención y cuidado del paciente, funcionarios y visitantes. Dentro de las zonas médicas se destacan a continuación las zonas de urgencias, unidad de cuidados intensivos (U.C.I) y cirugía.

- **Urgencias:** En esta área se practican procedimientos de atención médica inmediata como: estabilización del paciente, valoración, reanimación, cirugía, partos entre otros; y debe contar con médicos generales y especializados. Las unidades de apoyo (laboratorios clínicos, bancos de sangre, consulta externa, farmacia, morgue, cirugía, partos, U.C.I., hospitalización, imagenología) deberán estar relacionadas directamente en el mismo piso, sin barreras que demoren el recorrido del paciente, con ascensores y/o rampas.

- **Unidad de cuidados intensivos (U.C.I):** En esta zona se realizan procedimientos a pacientes en estados críticos que exigen una atención prioritaria y especializada de medicina y enfermería. La ubicación debe ser preferiblemente en área quirúrgica, restringida y con equipo quirúrgico, aséptica, con control de acceso a visitantes. La estación de enfermeras debe tener una visión directa hacia los pacientes.

- **Cirugía:** Es la unidad encargada de realizar procedimientos e intervenciones quirúrgicas que requieren total asepsia. Esta es zona es la de mayor exigencia de asepsia, la temperatura debe ser alrededor de los 21 grados centígrados, los pisos deben ser conductivos y cuenta con variedad de recursos tecnológicos como: lámparas cielíticas de techo fijas, máquinas de anestesia, gases medicinales y rayos x portátiles (Acosta, 2007, pág. 103).

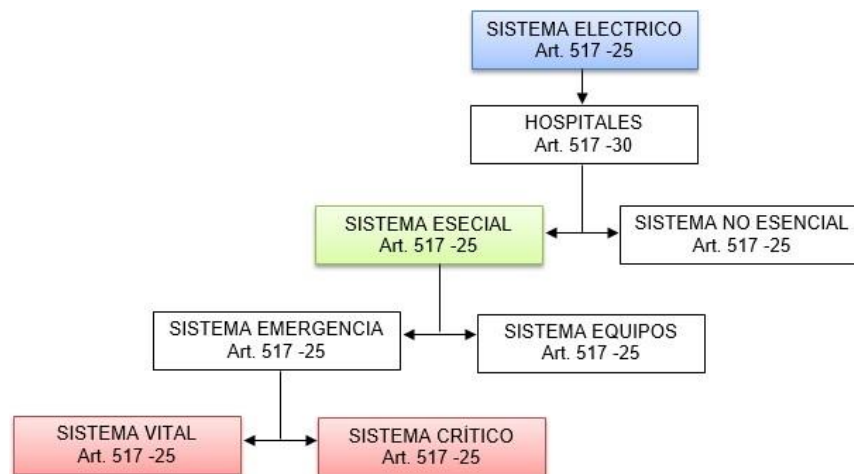
2.2 Redes eléctricas hospitalarias.

Las instalaciones hospitalarias son de vital importancia, por lo tanto siempre se debe garantizar la continuidad del suministro eléctrico de estas, además de conservar adecuados niveles de calidad, por tal razón en su diseño eléctrico se deben incluir circuitos de suplencia y sistemas de generación de respaldo.

Los hospitales deben estar disponibles y a plena capacidad durante desastres naturales o accidentes de gran magnitud, garantizando la prestación de los servicios médicos y sanitarios. En lo que respecta a la parte eléctrica se debe garantizar la continuidad del fluido eléctrico para el funcionamiento ininterrumpido de los equipos vitales y críticos (Leon, Palau, & Sánchez, 2015, pág. 252).

Figura 1.

Diagrama de Bloques del Sistema Eléctrico de un Hospital.



Nota. Tomado de: Leon, M. Palau C. & Sanchez V. (2015). *Diseño y Construcción de un Banco de Protecciones de Sobrecorriente, para Alimentadores de Media Tensión* Guayaquil. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería

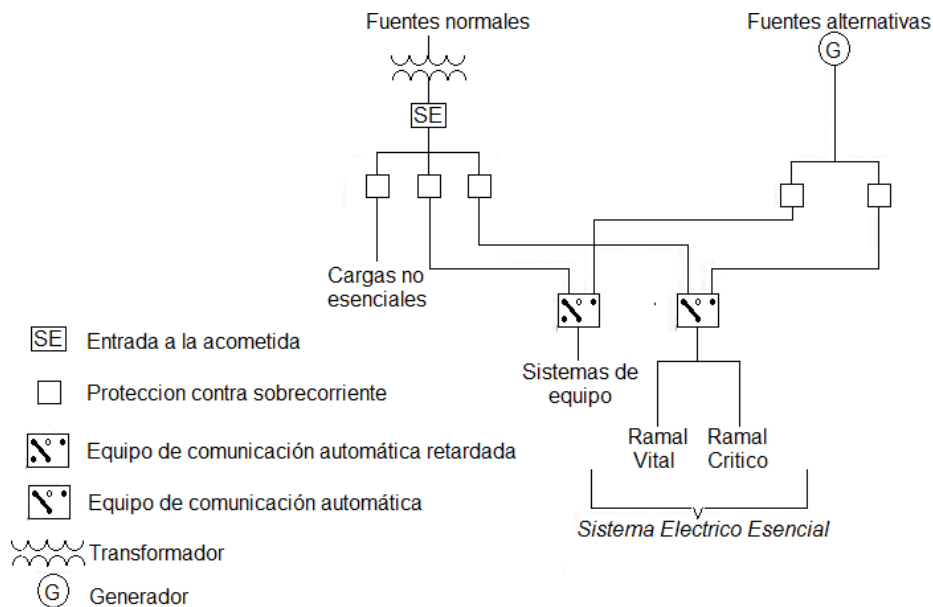
En la Figura 1 se puede observar la composición del sistema eléctrico de un hospital que en general está compuesta por cargas esenciales y no esenciales.

2.2.1 Sistema esencial

Los sistemas eléctricos esenciales en los hospitales se dividen en dos, los sistemas de emergencia y los sistemas de equipos. Estos sistemas deben ser independientes y su finalidad es suministrar corriente eléctrica a las diferentes áreas de carácter esencial para funcionamiento del hospital en caso de falla del sistema normal del suministro de energía.

Figura 2.

Sistema eléctrico esencial, básico de un hospital



Nota. Tomado de: Norma técnica colombiana NTC-2050.

En la Figura 2 se muestra un sistema eléctrico esencial básico. Este tipo de configuración puede variar dependiendo de la complejidad de la instalación, la carga y el nivel de confiabilidad que se le adicione al diseño, un ejemplo de esto es independizar los ramales, cada uno con su propio sistema de conmutación automática o transferencia, o aumentar el número de fuentes alternativas.

2.2.2 Sistema de Equipos

Este sistema es el encargado de suministrar la energía a los equipos necesarios para el funcionamiento del hospital. Aquí se encuentra las bombas hidráulicas, ascensores para servicio al público general, equipos de ventilación mecánica forzada (aire acondicionado), grúas y plataformas eléctricas. Los equipos de imágenes diagnósticas también son alimentados desde el ramal de equipos.

En caso de que así se requiera por consejo del fabricante o por disposición del equipo técnico encargado de la disposición y alimentación de los equipos, estos pueden ser alimentados desde un transformador independiente y contar con equipo de suplencia, aunque los costos subirían considerablemente.

2.2.3 Sistema de emergencia

Es el sistema de potencia destinado a suministrar energía de respaldo a un número limitado de funciones de atención a los pacientes que dependen de alumbrado o de equipos médicos conectados al sistema de emergencia, dirigidas a la protección de vidas humanas y la seguridad.

El sistema de emergencia se debe dividir obligatoriamente en dos ramales, el ramal vital y el ramal crítico, artículos de la NTC 517-32 y 517-33 respectivamente (Casazza & Delea, 2003).

2.2.4 Ramal vital.

Subsistema de un sistema de emergencia que consta de alimentadores y circuitos ramales que cumplen los requisitos de la Sección 700 de la NTC sistema de emergencia, destinado para suministrar la corriente necesaria que garantice la seguridad de los pacientes y del personal que se conecta automáticamente a la fuente de alimentación alternativa cuando se produce una interrupción del servicio normal (Pansini, 2005).

En el ramal vital deben ir conectadas las siguientes cargas:

- Alumbrado de los medios de salida. Hace referencia a la iluminación de lugares como pasillos, escaleras y demás áreas que hagan parte de la ruta de evacuación, estas luminarias pueden hacer parte de las luminarias que alumbran normalmente las áreas o ser lámparas independientes destinadas exclusivamente a la iluminación de emergencia.
- Señales de salida. Avisos luminosos de la ruta de evacuación.
- Sistemas de alarma y alerta.
- Sistemas de comunicaciones. En caso de ser utilizados para dar instrucciones en caso de emergencia.
- Cuartos de generadores los cargadores de las baterías del alumbrado de trabajo, de los equipos de alumbrado alimentados por batería y tomacorrientes seleccionados en los cuartos de generadores.

- Ascensores. Los sistemas de alumbrado, control, comunicación y señales de las cabinas de los ascensores destinados al traslado de pacientes y personal médico (Pansini, 2005).

2.2.5 Ramal crítico.

Subsistema de un sistema de emergencia, consistente en alimentadores y circuitos ramales que suministran corriente al alumbrado de trabajo, circuitos especiales de fuerza y determinados tomacorrientes seleccionados y funciones de atención al paciente y que están conectados a fuentes de alimentación alternativas por uno o más conmutadores de transferencia durante la interrupción del servicio normal (Pansini, 2005).

- Las cargas conectadas al ramal crítico son:
- Áreas de cuidado crítico en las que se utilicen gases anestésicos - alumbrado de trabajo, tomacorrientes seleccionados y equipos fijos.

- Los sistemas de potencia aislados en ambientes especiales.
- 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).

- Alumbrado de trabajo para cuidado especializado del paciente y tomacorrientes adicionales, cuando sean necesarias.

- Sistemas de llamada a las enfermeras.

- Bancos de sangre, de huesos y de órganos.

- Cuartos y armarios donde haya equipos telefónicos.

- 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).

- Alumbrado de trabajo, tomacorrientes y circuitos de potencia adicionales y necesarios para el buen funcionamiento del hospital.

2.2.6 Requisitos del alambrado

El ramal vital y el ramal crítico del sistema de emergencia deben ser independientes del resto de circuitos esto quiere decir que no deben compartir canalizaciones, cajas o armarios (Pansini, 2005).

2.2.7 Protección mecánica del sistema de emergencia.

El alambrado del sistema de emergencia de un hospital tiene que estar protegido mecánicamente por la instalación de canalización metálica, estas no deben ser flexibles, ya que dichos movimientos pueden afectar el sistema de aislamiento de los circuitos o desprendimiento de las canalizaciones y poner en riesgo el funcionamiento de todo el sistema de emergencia, se recomienda utilizar tubería EMT y bandejas porta-cables que cumplan con las especificaciones técnicas para este tipo de sistema de emergencia (Pansini, 2005).

2.2.8 Capacidad de los sistemas

El sistema eléctrico esencial debe tener la capacidad de garantizar la demanda de funcionamiento de los equipos y artefactos conectados a cada sistema y ramal. El grupo electrógeno debe tener una potencia y capacidad adecuada para satisfacer la demanda que supongan las cargas de los sistemas eléctricos esenciales en cualquier momento. El cálculo de la demanda para establecer la capacidad del grupo o grupos electrógeno se debe basar en lo siguiente (Pansini, 2005):

- Un prudente factor de demanda y los datos históricos.
- Las cargas conectadas.
- Los procedimientos de cálculo descritos en la NTC 2050 Sección 220, cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas.
- Una combinación de cualquiera de los métodos anteriores.

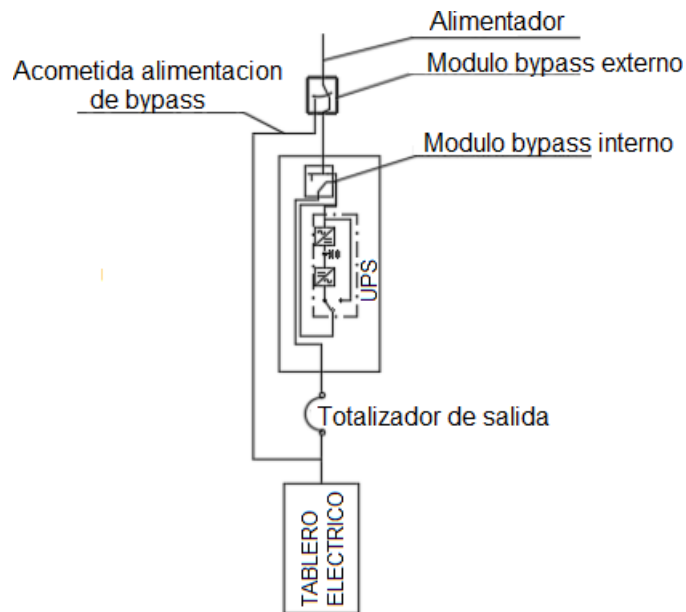
2.2.9 UPS de soporte

Las UPS (Uninterruptible Power Supply) son dispositivos que se encargan de proporcionar energía durante la ausencia de la misma en la red de suministro. Las UPS deben entrar en operación de manera automática y ser soporte de los equipos conectados a ella durante el tiempo necesario para que el grupo electrógeno entre en funcionamiento o para que el suministro proveniente de la red sea reestablecido. La energía que proporciona la UPS proviene de su banco de baterías las cuales dependerán en cantidad y tamaño de las necesidades propias de los equipos a soportar.

La utilización de las UPS garantiza el soporte eléctrico de los equipos utilizados en las diferentes áreas de atención al paciente y de los equipos de cómputo durante las fallas eléctricas, por lo tanto es de vital importancia la óptima operación de las mismas, para esto se recomienda la ejecución de los respectivos mantenimientos y la implementación de un Bypass externo, como lo muestra la figura 3, que permite dar un camino paralelo a la corriente con el fin de poder sacar la UPS sin necesidad de hacer corte de energía, esto permite la conexión directa a la red, mientras se hace el mantenimiento o cambio de la UPS ya sea por daño de la misma o ampliación de la carga, esta última implicaría la evaluación completa de las instalaciones conectadas para garantizar que las protecciones y los conductores funcionen correctamente.

Figura 3.

Esquema de conexión de UPS con Bypass externo.



Nota. Tomado de: Gonzalez, G. (s.f.) *Selección y Coordinación de Protecciones para Baja Tensión.*

A continuación, enumeraremos las aplicaciones más importantes para las UPS dentro de una instalación hospitalaria.

Alimentación regulada: Aunque pueda que durante una falla en el suministro eléctrico los pacientes no estén en peligro inminente por inactividad de los equipos a los que están conectados, si se puede tener la dificultad de acceder a los historiales médicos del paciente, además de perder el funcionamiento de los equipos de comunicación, control y seguridad que en una entidad de este tipo es muy importante.

El tamaño de las UPS que servirán a las tomas de servicio regulado generales, deberán ser dimensionadas según el valor de carga diversificada resultante del diseño, con el objetivo de no sobredimensionar el sistema e incurrir en pérdidas económicas o tener problemas con los espacios

necesarios para la instalación de los equipos, por otro lado para el tamaño de las UPS de los equipos de comunicación, control y seguridad se recomienda tomar el valor nominal en KVA de la potencia de los equipos a instalar, debido a que los sistemas de comunicación, así no estén en uso, permanecen en constante funcionamiento, por tal razón no es fácil ni recomendado llevar a cabo la diversificación de estas cargas.

La red regulada no requiere soporte de planta eléctrica, pero se recomienda que se tenga contemplada, debido que las UPS cuentan con tiempo limitado de batería y paulatinamente se perderían los servicios soportados.

Alimentación de UCIS (Unidad de Cuidados Intensivos) y Quirófanos: Las UPS en estas áreas son de suma importancia, debido a que es aquí donde los equipos médicos son trascendentales, en las UCIs estos equipos sirven como soporte vital y de monitoreo a los parámetros vitales del paciente, los cuales deben ser monitoreados constantemente por el personal médico.

En los quirófanos los equipos de soporte vital y la iluminación también hacen parte fundamental del proceso quirúrgico, por lo tanto, la necesidad de la UPS es indispensable.

En el caso de UCIs y quirófanos, las UPS prestan un servicio de alimentación temporal en caso de ausencia del servicio eléctrico mientras el grupo electrógeno entra en funcionamiento. No se puede implementar la UPS como soporte de energía único en caso de falla en el suministro de energía, porque incumpliría lo estipulado en la NTC 2050 sección 517, sí se diera el caso sería un equipo altamente costoso y se requeriría un área de mayor dimensión para abarcar todos los elementos de la misma (Casazza & Delea, 2003).

2.2.10 Sistema de transferencia.

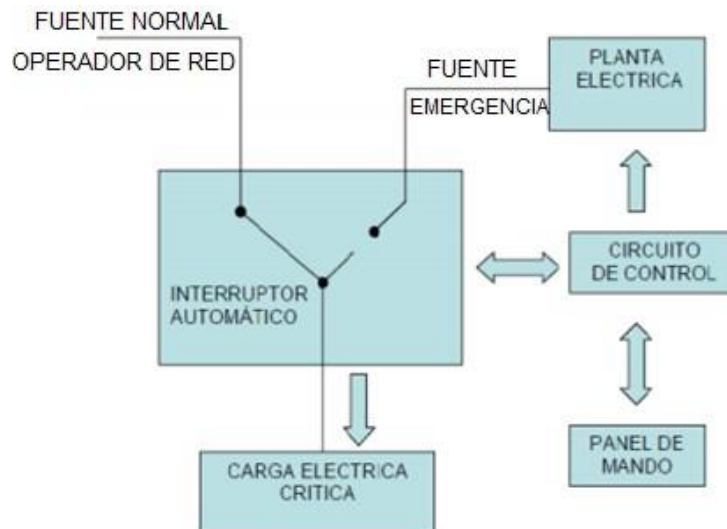
Las cargas del ramal vital y del ramal crítico de un hospital deben estar conectadas en todo momento al suministro de energía, ya que estas cargas están dedicadas para las áreas de cirugías, salas de parto, salas de recuperación, unidades coronarias, salas de tratamientos de emergencia, áreas de cuidados intensivos, entre otras de asistencia médica especializada.

En estas áreas es de vital importancia mantener continuo suministro de energía ya que de no hacerlo se pone en riesgo la vida e integridad de los pacientes que se tratan en estas áreas. Cuando el sistema normal falla, el sistema de respaldo entra a alimentar las cargas críticas y vitales en un tiempo no mayor a 10 segundos (o según se requiera), esta acción la realiza un sistema de conmutación o transferencia que debe tener propiedades de conmutación automática y manual, esta última propiedad con el fin de realizar algún tipo de mantenimiento. Estos sistemas de transferencia cuentan con ciertos sensores y controladores que detectan los niveles de tensión, corriente, frecuencia.

Todo esto se integra en un sistema con relés de monitoreo y controladores programables cuya función es dar la orden de conmutación, arranque y paro de la planta eléctrica, este procedimiento está reglamentado en la norma IEC 60947-6- 1, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

Diagrama de funcionamiento de una transferencia.



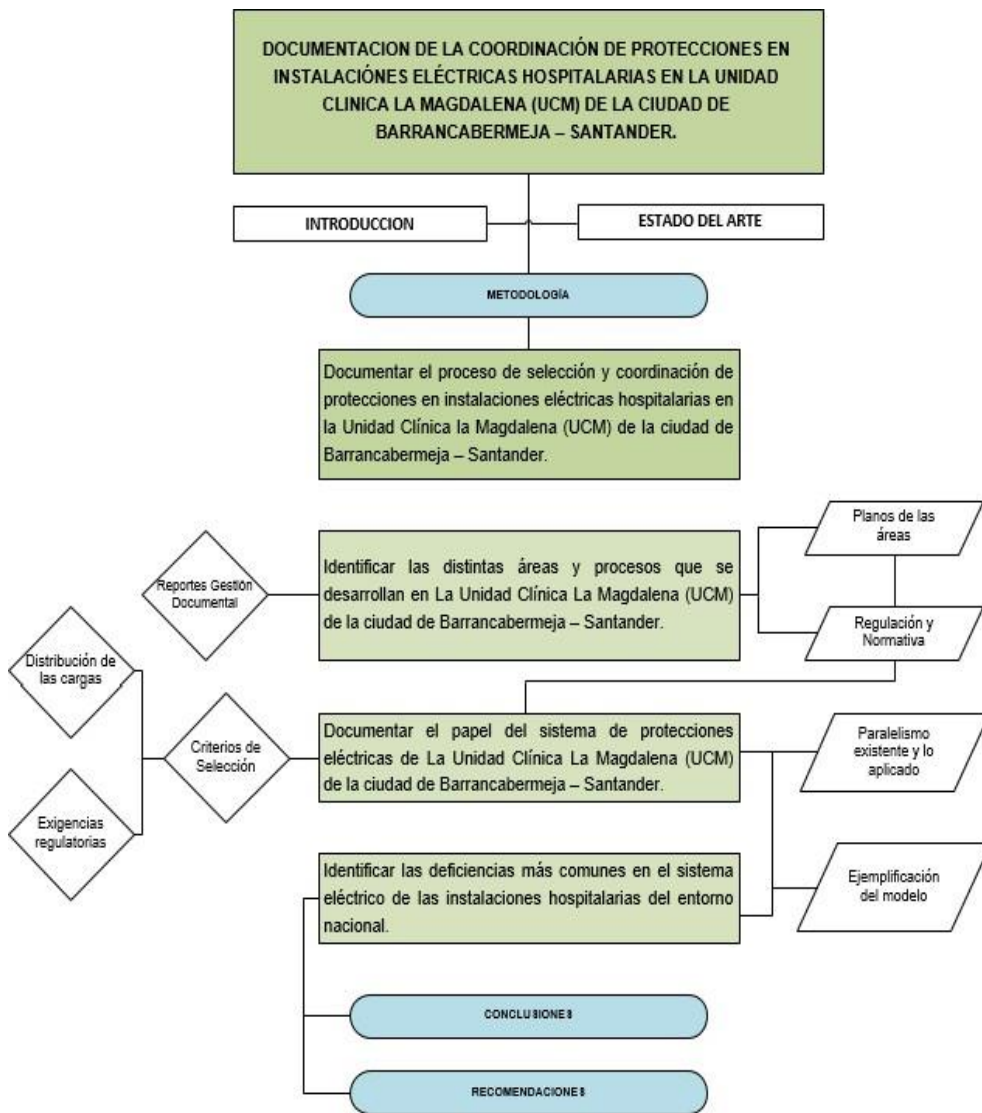
Nota. Tomado de: Acosta, J. (s.f.) *Estudio de diseño de instalaciones eléctricas del hospital San Rafael de Leticia mediante la aplicación del RETIE.*

3. Metodología general para el estudio de las protecciones eléctricas en la Clínica La Magdalena

Para el desarrollo del proyecto se planteó la siguiente metodología, la cual resume de manera global los criterios de entrada que se optaron en el cumplimiento de los objetivos trazados

Figura 5.

Metodología.



3.1 Documentación del proceso

Se buscó toda la información pertinente sobre el estado del arte y referentes bibliográficos que permitieron dar claridad al desarrollo de la monografía tomando como caso de estudio la

Clínica La Magdalena, haciendo énfasis en el diseño de la red eléctrica de la edificación de la Torre C.

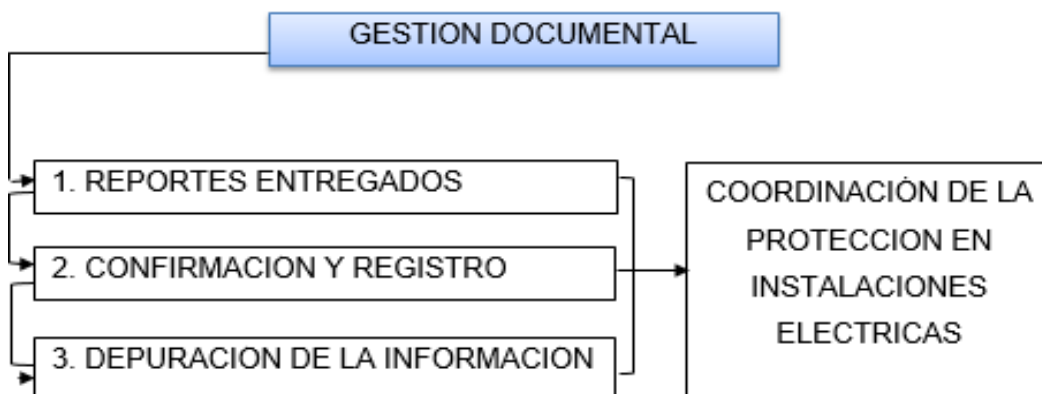
Se documentó el resultado de la investigación y se implementó la ruta para la aplicación de la coordinación de protecciones en instalaciones eléctricas hospitalarias con la integración de las torres existentes A y B y la torre C construida, permitiendo así el cumplimiento de los objetivos trazados.

3.2 Identificación de las distintas áreas y procesos que se desarrollan en la clínica.

Se realizó la gestión para obtener los planos, identificar las áreas, realizar el mapeo de las redes de suministro de energía eléctrica y caracterizar las cargas en las torres A, B y C. Ese proceso se resume en el siguiente esquema:

Figura 6.

Ruta Gestión Documental.



3.2.1 Reportes entregados.

Se solicitó a las directivas de la Unidad Clínica La Magdalena los diferentes documentos a manera de reportes sobre todo el material informativo que poseen de las redes eléctricas ya instaladas, así como sus cometidas y la distribución de las mismas, para concretar la forma en que se estaban realizando las cosas, aludido a ello, en la gestión documental, se solicitó los planos de la edificación para identificar las diferentes áreas de la Unidad Clínica y dimensionar el alcance de la coordinación de las instalaciones de las redes eléctricas.

3.2.2 Confirmación y registro

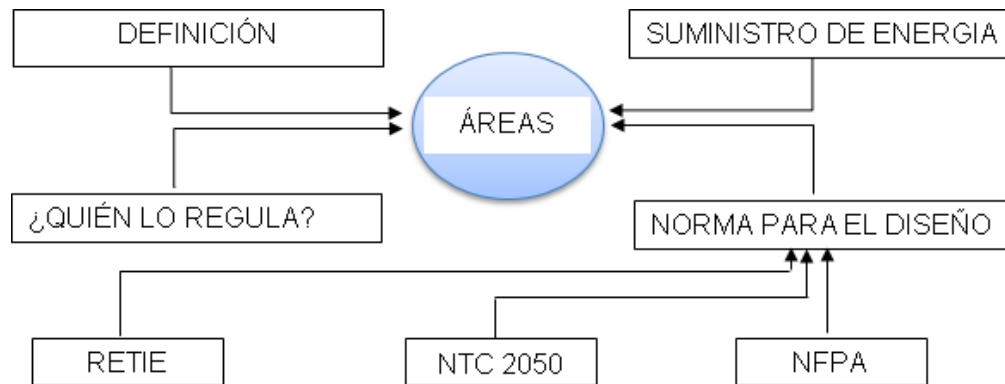
Se realizó las visitas a las zonas, para evidenciar de manera presencial que los datos suministrados concordaran con la información, se hizo un registro fotográfico y se trazó un plan de acción para las posibles cometidas, así como la caracterización de las áreas vitales y esenciales en la coordinación de la protección de instalaciones eléctricas.

3.2.3 Depuración de la información

La información se depuro de acuerdo a las normas para el diseño, en concordancia de atender las necesidades básicas que permitan tener ideas claras de la coordinación a implementar, en pocas palabras; se tomó lo que se necesitaba para tener un punto de partida por el grado de descuido y desorden que tenían todas las líneas en la instalación eléctrica, esto nos permite obtener información según el siguiente esquema:

Figura 7.

Ruta para el desarrollo del Diseño de Instalación de redes.



3.2.4 Definición de las áreas

Toda la información encontrada ayudo a visualizar cuales eran las áreas de soporte vital, en dichas áreas hay que tener especial atención puesto son donde se encuentran las cargas vitales, el suministro de energía debe ser constante y con la demanda necesaria puesto se debe contar con un mínimo de voltaje para no perjudicar la salud de los pacientes.

3.2.5 Suministro de energía

Se hace hincapié en que hubo una expansión con la construcción de una nueva subestación para el suministro de energía con la adaptación de un nuevo transformador de 1000 kVA de mayor potencia, para cubrir la demanda que está en aumento por la construcción de la Torre C. Aquí se hicieron las reformas necesarias, los permisos, las solicitudes ante la Electrificadora de Santander ESSA (Operador de red), quien tuvo especial control en el suministro de energía del circuito 460 S/E Parnaso y en los respaldos como medidas de protección de la red ESSA 34.5 KV,

adicionalmente se optó por dejar el transformador anterior de 500 kVA por cualquier evento en que se solicite.

3.2.6 Norma para el diseño.

Para el diseño del sistema de protección de instalación de red eléctrica se tomó el Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas RETIE como se ha venido indicando. En él se exige la instalación de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla, también dar cumplimiento a la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y otras normas de la NFPA específicas de instalaciones de cuidado de la salud:

- NFPA 70: Código Eléctrico Nacional
- NFPA 99: Código de Instalaciones de Atención Médica
- NFPA 110: Norma para Sistemas de Energía de Reserva y de Emergencia
- NFPA 111: Norma sobre Sistemas de Energía Eléctrica Almacenada de Emergencia y de Reserva.

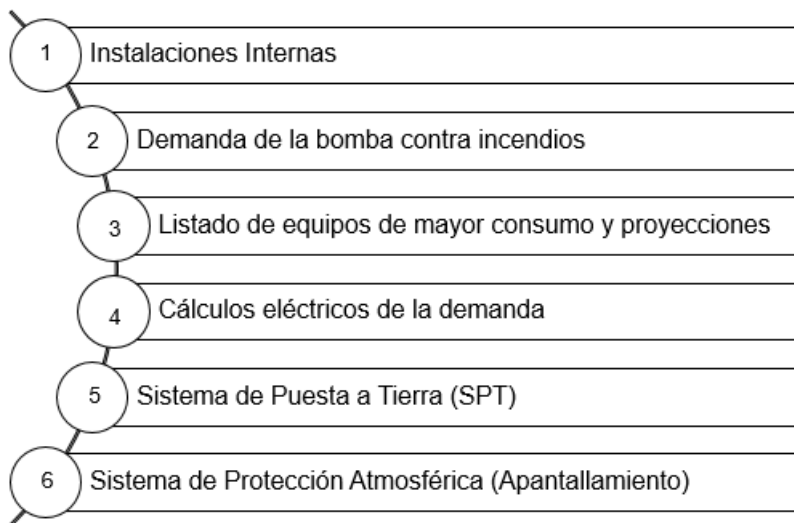
3.3 Documentación del papel del sistema de protecciones eléctricas de la unidad clínica

Esta documentación se realizó principalmente sobre la red eléctrica de la Torre C. Se realizaron las adecuaciones necesarias al diseño para cumplir con las normas colombianas y se llevó a cabo la integración de las protecciones con su correspondiente coordinación con las Torres

A y B. Inicialmente para el diseño de la red eléctrica de la Torre C y como criterios para la subestación se debió conocer la carga que debe soportar el Transformador y se estableció la ruta expuesta en la Figura 8.

Figura 8.

Ruta para el conocimiento de la carga.



3.3.1 Instalaciones Internas

Para las instalaciones internas se tuvo en cuenta los siguientes planos:

- Aires acondicionados
- Iluminación
- Toma corrientes

Adicionalmente se solicita a la Unidad Clínica Magdalena una lista de equipos que se van a emplear en la torre C.

3.3.2 Capacidad de las Bombas Contra Incendio.

Esta información se solicita al Ingeniero Hidrostático de la Unidad Clínica Magdalena, el cual envía a través de un informe la capacidad de las Bombas Contra Incendio, ya que esta carga se debe sumar a la que tiene que soportar el Transformador.

3.3.3 Listado de equipos de mayor consumo.

Se hace una lista de equipos de mayor consumo y las proyecciones que se deben en cuenta para justificar la demanda eléctrica y por ende el transformador empleado de 1000 kVA.

3.3.4 Cálculos eléctricos de la demanda eléctrica.

La subestación de distribución será tipo seco a 75KVA - 3Ø – 0,480KV/214-123V tensión en vacío con carga la tensión de servicio es 208-120V, instalación interior en gabinete de acuerdo con los cálculos obtenidos a la demanda máxima de la carga.

En el plano de localización del proyecto y en diagrama unifilar general se puede apreciar la configuración de la subestación, la cual se protegerá con protección termo magnético por alta 480V y por baja 208V.

Para las acometidas en baja tensión se construirán subterráneas, el calibre de las fases está de acuerdo con la corriente nominal de la carga, regulación y las pérdidas de energía exigidas por la NTC2050. Ver cuadros de Cargas y demanda máxima. El cálculo, la instalación y el

conexionado de la acometida principal de la alimentación (cable 3x2F+2N+6T AWG Cu) de la carga del edificio RVG IPS SAS

Instalaciones Internas: El diseño y construcción de las instalaciones eléctricas internas satisfará lo establecido en el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas “RETIE”, RETILAP y las Normas Para Calculo Y Diseño De Sistemas De Distribución ESSA.

3.3.4.1 Factor de potencia. Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de un sistema o parte de él y el factor de potencia se elige de acuerdo con el tipo de carga a instalar.

Tabla 1.

Factores de potencia para el cálculo de la demanda.

Salida	Factor de potencia
Carga resistiva	1.00
Iluminación de Mercurio y Sodio, factor corregido	0.90
Iluminación fluorescente, alto factor	0.90
Iluminación fluorescente, factor normal Iluminación incandescente y tomacorriente normal	0.65
Lavadoras, secadoras de ropa y salidas especiales Redes	0.95
Vivienda	0.85

Para nuestro proyecto las cargas son de iluminación a 0,90, tomacorrientes tipo industrial a 0,95 y para las salidas especiales de los aires acondicionado a 0.85.

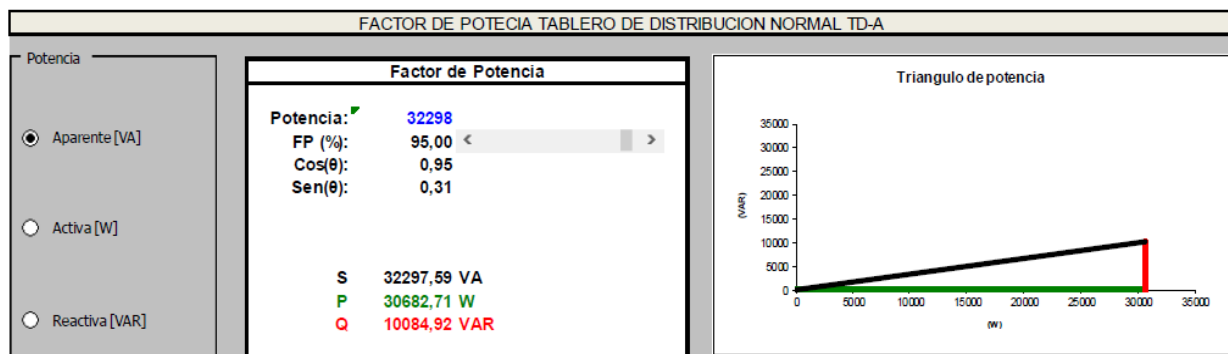
3.3.4.2 Carga instalada. El cálculo de la carga instalada se realizó mediante la suma aritmética de las cargas atendidas por cada uno de los tableros. Esto se realizó mediante la

metodología aplicada por el Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050, en sus secciones 210, 215, 220 y 225.

En las siguientes imágenes se realiza el cálculo del factor de potencia general con la carga instalada de cada uno de los tableros de distribución así:

Figura 9.

Factor de potencia tableros.



3.3.4.3 Análisis de Armónicos. Siguiendo lo indicado en el Std IEEE 519 de 1992, las principales fuentes de armónicos para una instalación eléctrica son:

- Convertidores.
- Hornos de arco.
- Compensador de VAR estático.
- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.
- Controles de fase electrónicos.
- Ciclo convertidores.
- Variadores de modulación con ancho de pulso.

Para nuestro proyecto no cuentan con este tipo de cargas, por lo tanto, los efectos provocados por armónicos son despreciables.

3.3.4.4 Carga Demandada. El cálculo de la demanda máxima para instalaciones eléctricas internas se realizó mediante la aplicación de la metodología del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 Art 220-11 y 220-13 donde se muestran los factores de demanda para Cargas eléctricas en edificaciones residenciales y no residenciales y para las cargas que involucran motores, el factor de demanda se establece según artículos 220-14, 430-24, 430-25 y 430-26 de la NTC 2050.

Factores de demanda. Los factores de demanda para los diferentes sectores, se presentan en la tabla 2.

- **Tipo De Servicio:** Comercial
- **Estrato Socioeconómico:** 4

Tabla 2.

Factores de demanda.

Descripción	Carga (VA)	Factor de demanda (%)
Residencial	Carga aparato mayor potencia	100
Estratos 1 y 2	Resto	50
Estratos 3 y 4	Carga aparato mayor potencia	100
	Resto	40
Estratos 5 y 6	Carga aparato mayor potencia	100
	Resto	30
Carga áreas comunes	Motores	100
	Resto	60
Comercial		
Tomas comunes	Primeros 5000	100

Descripción	Carga (VA)	Factor de demanda (%)
Alumbrado	Sobre 5000	50
	Primeros 50000	100
Cargas especiales y áreas comunes	Sobre 50000 Total	50
		100
Industrial	Según proyecto particular	

Para nuestro proyecto industrial los factores de demanda son:

Tabla 3.

Factores de demanda.

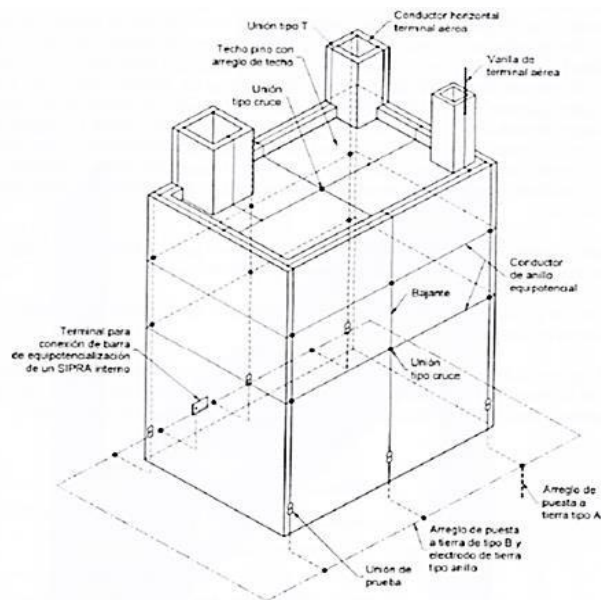
Carga tomacorriente (VA)	Factor de demanda (%)
Los primeros 3KVA Resto	100
	50
Alumbrado	
Para el alumbrado el factor de demanda es del 100% pues la carga de cada luminaria es menor a 1000 W.	
Carga especiales	
Para las cargas especiales el factor de demanda es del 100%.	

3.3.5 Sistema de Puesta a Tierra SPT.

Acuerdo con la norma NTC 4552-3 la configuración de los electrodos del sistema de puesta a tierra será implementada por la integración entre la configuración denominada “Tipo A vertical” y la “Tipo B.

Figura 10.

Posicionamiento de un SIPRA externo sobre una estructura hecha de material aislante (madera o ladrillo) con una altura hasta de 60m, techo plano y con accesorios en techo.



Nota. Tomado de: NTC 4552-3.

- Se construirá un tendido perimetral en el cual se instalarán conductores de cobre desnudo calibre No. 2/0 AWG, enterrados a 0,4m del nivel del piso terminado y varillas de cobre macizas de 5/8" de diámetro y con una longitud de 2,4m.
- Para el cálculo de tensiones de paso y tensiones de contacto se tomó una corriente de cortocircuito limitada por la capacidad del transformador que alimenta el sistema eléctrico.
- La malla de puesta a tierra debe tener una resistencia entre 10 y 25 ohmios de acuerdo a la siguiente referencia del RETIE tabla 15.4:

Tabla 4.

Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

Aplicación	Valores máximos de resistencia de puesta a tierra
Estructuras y torrecillas metálicas o relés con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Punto neutro acometida en baja tensión	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Nota. Tomado de: RETIE.

- De acuerdo con las medidas de resistividad del terreno realizadas por Ing Yilmar Walter Diaz Cano con equipo Teluometro MI2088, marca METREL se identificó una resistividad promedio del terreno de 58,5 ohms, teniendo en cuenta más medidas realizadas a 1, 2 y 3 mts del terreno..

- Al paso de la corriente de falla en el tiempo máximo establecido (disparos de respaldo), no deberán existir sobrecalentamientos en las acometidas eléctricas de los equipos, el tiempo considerado de la falla es 0,5 s.

3.3.5.1 Datos de Entrada. Los datos de entrada para el diseño de la malla a tierra son los siguientes:

Método de cálculo: IEEE Standard 80 – elementos finitos.

Temperatura: 40°C.

Corriente de falla: Icc Trafo 500kVA: 26.8 kA.

Duración de la falla: 0,5 s.

Factor de división de corriente Sf: 100%. Este factor se aplica, con el fin que toda la corriente de falla Circule por la malla y no se vaya por el terreno.

Factor de proyección Cp: 100%.

Peso corporal promedio: 70 kg. Características de terreno

Material Suelo seco.

Resistencia Promedio 58,5 Ω -m. Calibre del conductor: 2/0 AWG trenzado clase B.

Material: Cobre desnudo suave.

Conductividad: 100%.

Varillas de puesta a tierra cobre macizo.

Diámetro: 5/8”.

Longitud: 2,4 m.

Conductividad: 100%.

3.3.5.2 Parámetros de Diseño. El diseño del Sistema de Puesta a Tierra propuesto se realizó considerando los siguientes criterios:

- Resistividad del Suelo

Los valores del estudio de resistividad del terreno en el área donde se desarrollarán las obras para el nuevo centro de conductores son:

Resistividad Promedio 58,5 Ω -m.

- Dimensionamiento del conductor del sistema de puesta a tierra

Para el dimensionamiento del conductor del sistema de puesta a tierra se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{I}{\sqrt{\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_c \cdot \rho_r} \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

A_c = Área mínima del conductor [mm²].

I = Corriente RMS [kA].

T_m = Temperatura máxima admisible [°C].

T_a = Temperatura del terreno [°C].

α_c = Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de Referencia T_r [1/°C]. Tabla 5.

ρ_r = Resistividad del material conductor a la temperatura de Referencia T_r [$\mu\Omega$ cm]. Tabla

5.

$K_0 = (1/\alpha_r) - T_r$ [°C].

t_c = Duración de la falla [s].

$TCAP$ = Capacidad térmica por unidad de volumen [J/(cm³ °C)].

Tabla 5.

Constantes de materiales.

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_0 at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega \cdot cm$)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42
Copper, commercial hard-drawn	97	0,00381	242	1084	1,78	3,42

Description	Material conductivity (%)	α factor at 20 °C (1/°C)	K0 at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature Tm (°C)	ρr 20 °C (μΩ·cm)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper-clad steel wire	40	0,00378	245	1084	4,40	3,85
Copper-clad steel wire	30	0,00378	245	1084	5,86	3,85
Copper-clad steel rod ^b	20	0,00378	245	1084	8,62	3,85

Nota. Tomado de: IEEE Std 80.

- Corriente de Falla a Tierra □G

La nueva torre C de la Clínica Magdalena y sus servicios eléctricos de baja tensión están alimentados desde el Transformador Trifásico de 1000kVA, que alimenta un tablero de potencia que alimenta todos los tableros de distribución y cargas de la clínica Magdalena.

Según lo expuesto anteriormente en caso de presentarse una corriente de Falla esta sería $I_g = 0$, esto debido a que la corriente de falla circularía por los conductores de malla de puesta a tierra, a través de la tubería, buscando la fuente de la falla en la subestación que alimenta el nuevo centro de conductores. De acuerdo con la IEEE Std 80-2000, Capítulo 15.

- Cálculo para sistemas de puesta a tierra de protección

Para el cálculo del sistema de puesta a tierra de protección se emplea el método de elementos finitos, el cual está basado en la corriente máxima que puede soportar una persona sin que sufra fibrilación cardiaca. No se toma en cuenta los fenómenos electromagnéticos de alta frecuencia que pueden afectar la operación de los equipos electrónicos sensibles.

3.3.6 Apantallamiento

A continuación, se indican las condiciones ambientales a ser tomadas en cuenta para el diseño, fabricación e instalación de equipos y materiales:

- Ubicación: Barrancabermeja.

- Altitud m.s.n.m.: 123 metros.

- Temperatura ambiente:

Máxima: 43 °C.

Mínima: 21.1 °C.

Promedio en 24 horas: 35 °C.

Temperatura de bulbo seco en verano: 42 °C.

Humedad relativa en verano: 95 %.

Temperatura de bulbo húmedo en invierno: 21 °C.

Humedad relativa en invierno: 75 %.

Mínima presión barométrica del aire: 739 mmHg.

Máxima presión barométrica del aire: 746 mmHg.

- Pluviosidad promedio: 2718 mm/año.

- Condiciones del viento:

Dirección prevaleciente Sur-Este.

Velocidad máxima registrada a 10 m por encima del nivel de piso: 100 km/h.

- Clima: Tropical.

- Nivel isocerámico: 130 días por año.

- Zona de riesgo sísmico: Zona intermedia, (NSR 98).

El sistema de apantallamiento de la nueva torre C de la Clínica Magdalena deberá conectarse al sistema de puesta a tierra general, a través de un conductor de cobre desnudo o aislado, trenzado No. 2/0 AWG (bajante de pararrayos), con el objetivo de tener un sistema sólidamente aterrizado y equipotencializado que sea un camino de baja resistencia ideal para el manejo de las posibles descargas atmosféricas que se presenten en la instalación.

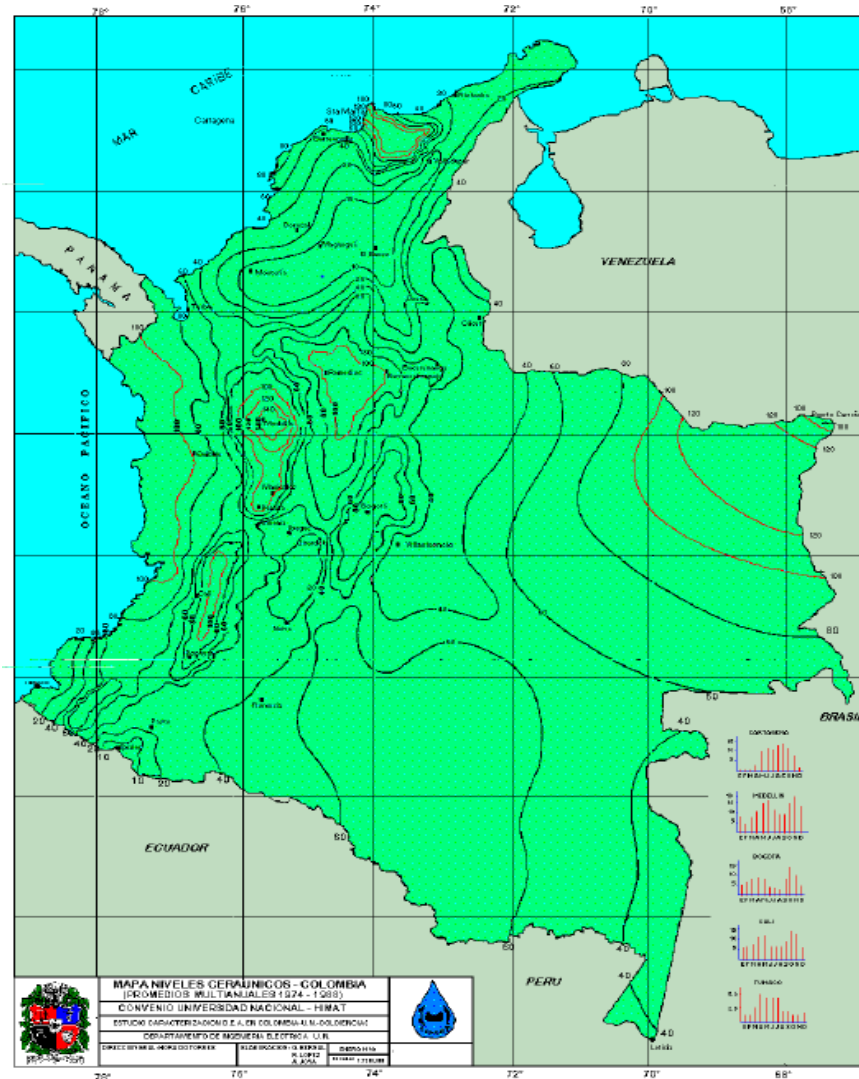
3.3.6.1 Evaluación de Riesgo. El objetivo del desarrollo de la evaluación de riesgo se fundamenta en comparar el número de descargas que se esperan sobre la estructura, con el número de descargas soportadas por ésta.

- Número de Descargas a Tierra

Corresponde al número de descargas eléctricas a tierra por año y por km² en la zona donde va ubicada la estructura. El valor se extrae del mapa de nivel isoceráunico del mapa de la norma NTC 4552 representado en la Figura 11.

Figura 11.

Mapa Colombiano de niveles cerámicos.



Nota. Tomado de: Norma Técnica Colombiana NTC 4552 (Primera Actualización) 2004-12-01.

$$N = 0,04 * (T)^{1,25} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Td Corresponde al valor extraído del mapa de nivel isocerámico que representa la cantidad de tormentas eléctricas que suceden por año, producidas en la región del caso de estudio durante un cierto período de tiempo.

- Área Equivalente de Descargas de una Estructura

El área equivalente de descargas de una estructura se define como la superficie de terreno que tendría el mismo número anual de descargas directas que la estructura objeto del caso de estudio.

$$A_e = LW + 6H(L+W) + \pi 9H^2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

En una estructura rectangular de longitud L, ancho W y altura H la superficie de captura se calcula mediante la siguiente expresión.

- Coeficiente del Entorno de la Estructura

Este coeficiente debe ser seleccionado considerando la topografía del lugar y las alturas de las estructuras cercanas, que se encuentren a una distancia inferior a tres veces la altura de la estructura a estudiar. El valor se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 6.

Factor de localización.

Localización de Estructuras	C1
Estructura localizada en un área donde existen otras estructuras o árboles con igual o mayor altura	0,25
Estructura localizada en un área donde existen otras con menor altura	0,5
Estructura aislada (no hay otra estructura a una distancia inferior a tres veces la altura de la estructura)	1
Estructura aislada en una colina	2

Nota. Tomado de: NFPA 780.

- Número de Descargas Esperadas en la Estructura

Para el cálculo de la frecuencia esperada de rayos directos a la estructura se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_d = (N_g)(A_e)(C_1)(10^{-6}) \left(\frac{\text{Descargas}}{\text{año}} \right) \text{ Ecuación (4)}$$

- Número de Descargas Soportadas por la Estructura

Representa el valor de las descargas que puede soportar la estructura sin causar daños considerables. Este valor se establece teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de construcción.
- Presencia de sustancias inflamables y explosivas.
- Medidas previstas para reducir las consecuencias de los efectos del rayo.
- Número de personas involucradas por el daño.
- Tipo e importancia de servicios públicos involucrados.
- Valor de daños importantes padecidos.
- Pérdidas irremplazables del patrimonio cultural.
- Perdidas no involucradas humanas, de valor cultural y social.

La frecuencia aceptada de rayos por la estructura se calcula mediante la siguiente formula:

$$N_c = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{C} \left(\frac{\text{Eventos}}{\text{año}} \right) \text{ Ecuación (5)}$$

El valor de C se obtiene de la siguiente formula:

$$C = (C_2)(C_3)(C_4)(C_5)$$

Ecuación (6)

Y el valor de cada uno de los coeficientes C2, C3, C4, C5, se obtiene de las siguientes tablas teniendo en cuenta el material con el cual se fabrica la estructura, el contenido de la misma, su uso y su importancia y afectación sobre instalaciones cercanas e impacto sobre el medio ambiente:

Tabla 7.

Determinación del coeficiente de construcción C2.

Estructura	Techo Metálico	Techo Común	Techo Inflamable
Metálica	0,5	1	2
Común	1	1	2,5
Inflamable	2	2,5	3

Nota. Tomado de: NFPA 780.

Tabla 8.

Determinación del coeficiente por contenido de la estructura C3.

Contenido de la estructura	C3
Sin valor o no inflamable	0,5
Valor común o no inflamable	1
Gran valor o moderadamente inflamable	2
Valor excepcional, muy inflamable o explosivo	3
Valor excepcional, irremplazable, patrimonio histórico	4

Tabla 9.

Determinación del coeficiente por contenido de la estructura C4.

Contenido de la estructura	C4
No ocupada	0,5
Normalmente ocupada	1
De difícil evacuación o riesgo de pánico	3

Nota. Tomado de: NFPA 780.

Tabla 10.

Determinación del coeficiente de consecuencias por descargas atmosféricas C5.

Contenido de la estructura	C5
Continuidad de los centros de servicio no necesaria, sin impacto ambiental	1
Continuidad de los centros de servicio necesaria, sin impacto ambiental	5
Consecuencias para el medio ambiente	10

Nota. Tomado de: NFPA 780.

- Determinación del Requerimiento de un Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas

Una vez calculado el valor de las descargas en la estructura (N_d) y el valor estimado de las descargas soportadas por la estructura (N_c) se debe definir la necesidad de realizar la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas en función de las siguientes relaciones:

- Si $N_d \leq N_c$, se define que no es necesario la instalación de un sistema de protección contra rayos, debido a que la cantidad de descargas atmosféricas que se espera caigan en la estructura son inferiores a las que la misma soporta sin sufrir daños.

- Si $N_d > N_c$, se define que es necesario la instalación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

- Conductores

Los conductores principales deberán conectar todos los dispositivos entre sí y formar dos o más trayectorias descendentes desde cada dispositivo, ya sea horizontalmente o subiendo con una pendiente de 1/4 a las conexiones con terminales de tierra.

3.3.6.2 Conductores. Los conductores principales deberán conectar todos los dispositivos entre sí y formar dos o más trayectorias descendentes desde cada dispositivo, ya sea horizontalmente o subiendo con una pendiente de 1/4 a las conexiones con terminales de tierra.

- Sustitución de Metales

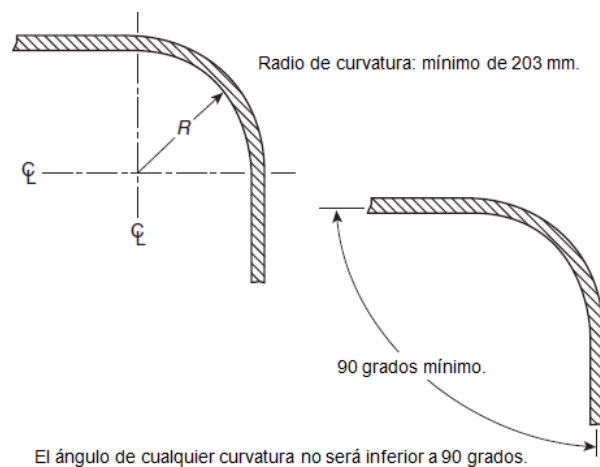
Las partes metálicas de una estructura, tales como las canales, las bajadas de aguas pluviales, las escaleras, los ductos y otras partes metálicas no deberán considerarse sustitutos del conductor principal de protección contra descargas eléctricas atmosféricas. Asimismo, los techos de lámina o revestimientos metálicos de fachada, que tengan menos de 4,8 mm de grosor tampoco podrán servir como sustitutos de dichos conductores.

- Curvatura del Conductor

Ninguna curvatura del conductor deberá formar un ángulo comprendido menor de 90 grados, ni tener un radio de curvatura inferior a 203 mm, tal como se muestra en la Figura 12.

Figura 12.

Curvatura de conductores.



Nota. Tomado de: NFPA 780.

- Soporte de Conductores

Se permitirá tender los conductores por el aire sin soportes a lo largo de una distancia menor o igual a 0,9 m. Aquellos conductores que tengan que atravesar mayores distancias por aire deberán estar provistos de un medio de apoyo adecuado que impida el daño o desplazamiento de los mismos.

- Conductores en Techo

Los conductores en techos deberán tenderse cruzando la superficie de los techos planos o ligeramente inclinados, de tal manera que todos los dispositivos queden conectados entre sí. Los conductores deberán atravesar o rodear las obstrucciones que se encuentren en un plano horizontal con el conductor principal.

- Conductores Transversales

Los conductores transversales (conductores principales) deberán conectar entre sí los dispositivos que se encuentren en los techos planos o ligeramente inclinados, que tengan más de 15 m de ancho. Por ejemplo, los techos que tengan de 15 a 30 m de ancho requerirán un solo conductor transversal; los techos que tengan de 30 a 46 m de ancho requerirán dos conductores transversales, y así sucesivamente. Los conductores transversales deberán conectarse al cable principal del perímetro a intervalos no mayores de 46 m, tal como se muestra en la Figura 10.

- Conductores Descendentes

Los conductores descendentes deberán colocarse lo más distanciados posibles. Su ubicación dependerá de factores tales como:

- La ubicación de los dispositivos.
- La trayectoria más directa de los conductores.
- Las condiciones del suelo.

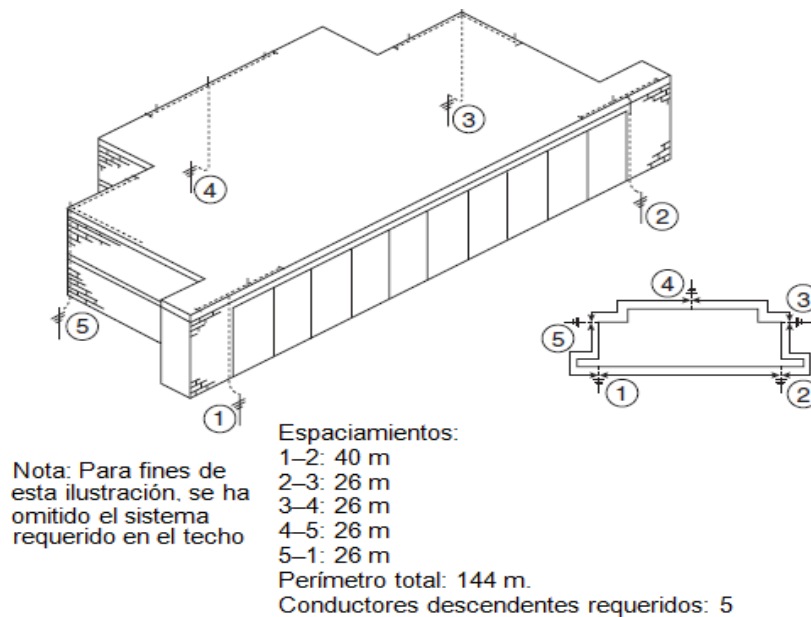
- Las formas en que habrán de sujetarse para evitar desplazamientos.
- La ubicación de grandes cuerpos metálicos.
- La ubicación de tuberías metálicas subterráneas.
- Número de Conductores Descendentes

Deberá haber, por lo menos, dos conductores descendentes en cualquier tipo de estructura.

Las estructuras con un perímetro mayor de 76 m deberán llevar un conductor descendente por cada 30 m de perímetro o fracción del mismo. El número total de conductores descendentes en las estructuras con techo plano o ligeramente inclinado deberá ser tal que la distancia promedio entre todos los conductores descendentes no sea mayor de 30 m.

Figura 13.

Número de conductores descendentes.



Nota. Tomado de: NFPA 780.

Para el caso de estudio se tiene un perímetro de 124 metros, teniendo en cuenta que la máxima separación entre bajantes de acuerdo a la norma NFPA 780 (Artículo 4.9.10) es de 30mts, con lo cual el número de conductores descendentes requeridos es 4.13, realizando una aproximación se deben instalar 4 bajantes.

- Accesorios para Sujeción de Conductores.

Los conductores deberán estar firmemente sujetos a la estructura sobre la cual vayan colocados, a intervalos no mayores de 1 m, mediante clavos, tornillos, pernos o adhesivos, según sea el caso, que no sean susceptibles de roturas, y que sean del mismo material que el conductor, o de uno tan anticorrosivo como éste. No deberá usarse ninguna combinación de materiales que forme un acople electrolítico de una naturaleza tal que vaya a acelerar la corrosión, en presencia de humedad (no se debe presentar par galvánico entre el metal de la estructura, el metal del conductor y el metal del accesorio de sujeción).

- Accesorios de Conexión

Los accesorios de conexión que se usen en todos los empalmes de punta a punta, en forma de T o Y de los conductores de protección contra descargas atmosféricas, deberán poder resistir una prueba de estiramiento de 890 N. Los accesorios utilizados para las conexiones requeridas a los cuerpos metálicos dentro y sobre una estructura, se afianzarán al cuerpo metálico con pernos, con soldadura, con soldadura en fuerte, o con conectores de alta compresión recomendados para dicho fin. Las conexiones de los conductores deberán ser del tipo empernado, soldado, o de alta compresión.

3.3.6.3 Parámetros De Diseño. El diseño del sistema de protección contra el rayo será acorde con la geometría y las características constructivas de la estructura a proteger.

La utilización de partes metálicas de la estructura como partes del sistema de protección (componentes naturales), debe tenerse en cuenta en el diseño de la propia estructura, el tipo de uso, los materiales que contiene dentro de ella y la rigidez y dimensión propia del material que compone la estructura metálica.

El sistema de protección contra rayos incluye:

➤ Instalación externa contra descargas atmosféricas, la cual protegerá contra el impacto del rayo.

➤ Instalación interna contra descargas atmosféricas, la cual evitará el peligro dentro de la estructura.

- Premisas del Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas

➤ La densidad promedio de descargas a tierra es aproximadamente 7.

➤ El nivel isocerámico es de aproximadamente de 130 días por año.

➤ Se utilizara el método electrogeométrico (esfera rodante) para indicar el número de puntas captoras a instalar.

➤ Los equipos y estructuras metálicas que contengan un espesor mayor a 4,8 mm serán consideradas como autoprotegidas y son consideradas componentes naturales del sistema de protección externa. Dichas estructuras deben estar conectadas al sistema de puesta a tierra general de la instalación. Garantizando que todas las superficies metálicas intrínsecas y extrínsecas estén conectadas debidamente a tierra con el fin de garantizar equipotencialidad y la mitigación de efectos de tensiones de contacto y de paso.

- Sistema de Protección Externa

Se plantea realizar un sistema de protección externa contra descargas eléctricas atmosféricas basado en la norma NFPA 780 “Standard for the Installation of Lightning Protection Systems”.

El diseño contempla la selección y ubicación de puntas captoras (puntas franklin) en el techo del nuevo centro de atención a conductores, mediante el método electrogeométrico (esfera rodante), también se tendrán en cuenta la cantidad necesaria de bajantes del sistema de protección externa para su conexión con el sistema de puesta a tierra.

- Sistema de Protección Interna

El sistema interno de protección contra descargas atmosféricas evitará la formación de chispas peligrosas en la estructura a ser protegida, debido a la corriente de descarga de un rayo por el sistema externo de protección.

Las chispas o arcos deberán evitarse, utilizándose los métodos siguientes:

- Realizando conexiones equipotenciales entre todas las partes.
- Por aislamiento entre las partes.

Se logrará equipotencialidad conectando el sistema de protección contra descargas atmosféricas externas a la estructura metálica del edificio, con las instalaciones metálicas, con las partes conductoras externas y con las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones de la estructura a ser protegida

Esta interconexión debe realizarse mediante:

- Conductores equipotenciales, donde la continuidad eléctrica no esté asegurada por medios naturales. Los conductores serán de cobre, su sección será adecuada para corriente de descarga, con una sección mínima de 2/0 AWG.

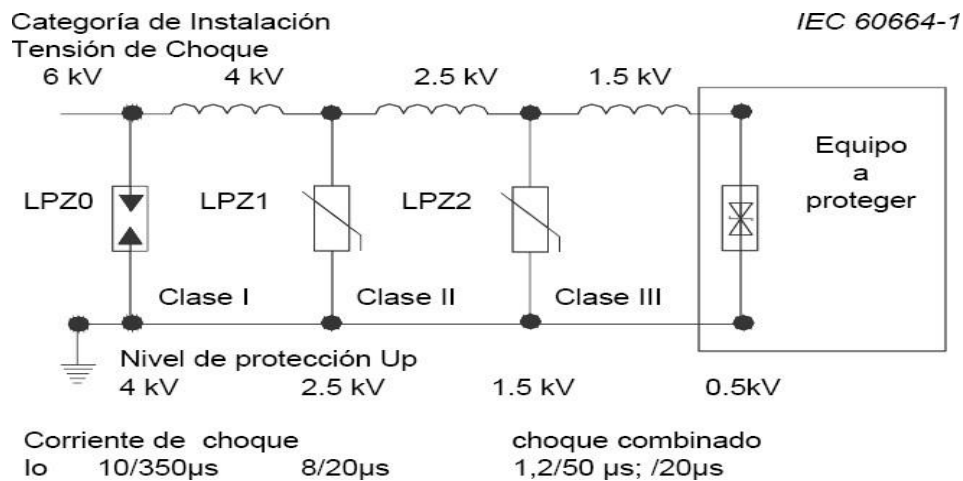
➤ Limitadores de sobretensiones, se utilizarán donde no sean permitidas las conexiones equipotenciales directas. Se instalarán de tal modo que se puedan inspeccionar fácilmente.

Las conexiones equipotenciales se realizarán a nivel del suelo. Se instalará como mínimo una barra colectora de conexión con fácil acceso, que a su vez se conectará a tierra. A estas barras colectoras se conectarán los conductores que unen las bajadas a nivel del suelo.

Vía de chispas (gaps) son los descargadores a gas o chisperos, los cuales pueden estar diseñados para operar en un amplio rango de tensión. Estos DPS permiten la disrupción o formación de arcos dentro de ellos, una vez se supere la rigidez dieléctrica del material que usen como aislante (que puede ser aire u otro).

Figura 14.

Instalación de los DPS's de distinta clase según las zonas de protección y requerimientos del equipo.



Nota. Tomado de: RETIE.

3.3.6.4 Datos de Entrada.

- Estructuras Autoprotegidas

En el presente estudio no se tiene ninguna estructura que se pueda considerar autoprotegida de acuerdo a lo indicado por la norma NFPA 780.

- Estructuras A Proteger

En la siguiente tabla se encuentra la estructura a proteger y su relación con los equipos de protección cercanos:

Tabla 11.

Estructura a proteger.

Equipo/estructura a proteger	Equipos cercanos	Protegido por estructura cercana
Nueva Torre C Clínica Magdalena	SI	NO

- Método de Protección

Para la estructura de la nueva torre C de la Clínica Magdalena se utilizará el método electrogeométrico (esfera rodante) como se indica en el numeral 4.7.3 de la NFPA-780, para así garantizar que la estructura estará protegida ante la presencia de descargas atmosféricas.

3.3.7 Coordinación de las protecciones internas.

Se realizó el estudio de coordinación de las protecciones internas en media y baja tensión del complejo de la Unidad Clínica La Magdalena (UCM), por otra parte, el estudio de coordinación de protecciones de alta tensión fue a cargo del operador de red (Electrificadora de Santander).

El software para el cálculo de la coordinación de protecciones internas que se uso fue XL PRO³ CALCUL. Este software es implementado para cálculos de baja tensión en instalaciones eléctricas internas según el estándar seleccionado, los estándares bajo el cual se realizan los cálculos son:

- máxima corriente de operación
- sección transversal de los conductores
- dispositivos de protección contra sobre carga y cortocircuito
- dispositivos de protección adicionales para proteger a personas
- esfuerzos térmicos
- caídas de tensión

La capacidad de cada protección fue calculada de acuerdo con las cargas en el diseño eléctrico, el tipo de protección se seleccionó de acuerdo con la selectividad y la filiación que hay entre ellas con el fin de que se dispare primero la que esta mas cerca a la carga y en secuencia, según la distancia que se encuentran ubicadas de la carga hasta llegar a la protección principal en el transformador.

La coordinación de protección se realizó por ramales bajo la norma europea IEC porque las protecciones que usaron son de fabricación francesa y el software usa la norma IEC.

Los resultados de la coordinación de protecciones son mostrados en la sección 4.2

3.3.8 Construcción de la Subestación.

Para la construcción de la subestación se socializa con el arquitecto los puntos más adecuados dentro de la Torre C para realizar dicha construcción teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Espacio de trabajo
- Puntos más cercanos a la red eléctrica.
- Operador de Red (ESSA)
- RETIE.

3.3.9 Calibración del Transformador.

La calibración del Transformador se hizo por parte del Operador de Red en su centro de calibración ubicada en la ciudad de Bucaramanga y posteriormente, este envía un informe de Calibración y Coordinación para Parametrizar las condiciones que deben cumplirse y llevar con éxito la conexión a la Red Nacional.

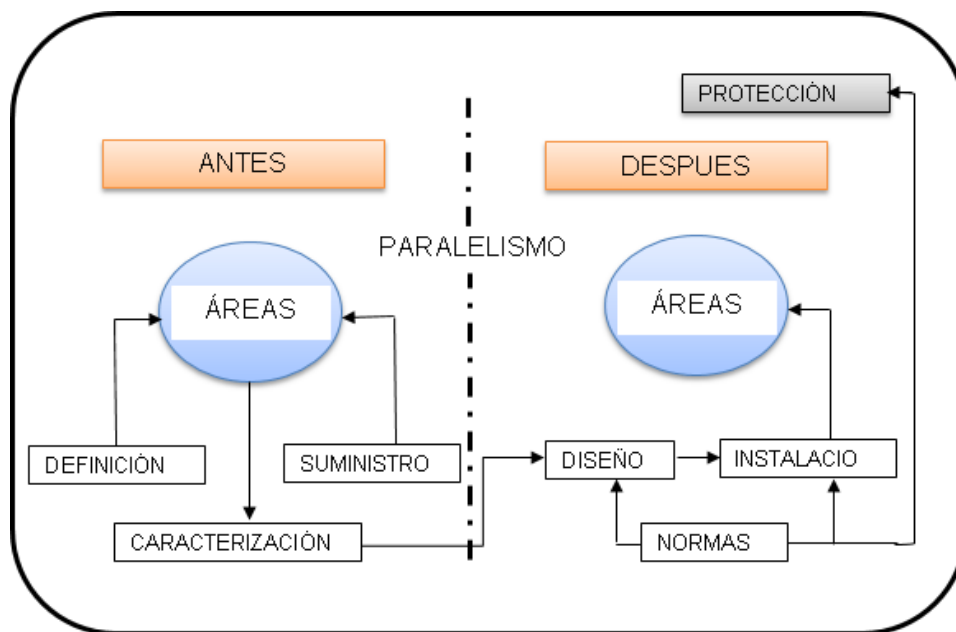
3.4 Identificación de las deficiencias más comunes en el sistema eléctrico de las instalaciones hospitalarias del entorno nacional

En el desarrollo de todo el proyecto de la clínica se identificaron deficiencias en el cumplimiento de la normatividad las cuales se detallan en el numeral 4.3, estas son muy comunes en estos centros hospitalarios, ya sea por la falta de recursos, personal de servicio o inversiones

del estado, que de manera u otra desatienden la importancia en la delgada línea de los servicios de salud. Gracias al trabajo realizado se pueden ejemplificar y recomendar para futuras gestiones de coordinación de protecciones en instalaciones eléctricas hospitalarias a lo largo del país y se logró atendiendo el siguiente esquema.

Figura 15.

Ruta para el establecimiento de parámetros en las deficiencias.



En el anterior esquema se resume de forma general todo lo que se hizo en el proyecto, había un área por definir al igual que sus suministros de energía y posteriormente su caracterización de líneas, cargas, cometidas y demás, se realizó de manera global un diseño y subyacentemente una instalación regido por la normas colombianas, a todo el trabajo se realizó un sistema de protección de las redes eléctricas instaladas para proporcionar las garantías en la estabilidad del suministro de energía y la seguridad de las mismas igualmente atendiendo a las normas colombianas, y por el

paralelismo que se puede hacer entre el antes y después de los eventos ejecutados, se evidencian las deficiencias que se estaban pasando por alto o que tenían poca atención. Gracias al estado del arte se puede proyectar que son errores muy comunes, ya que la demanda energética es cada vez mayor, entre otros factores que se explicaran en el siguiente capítulo.

4. Resultados del proceso de diseño y coordinación de protecciones.

Gracias a la información recibida y a la depuración de la misma se pudo obtener los planos iniciales que dieron como punto de partida el presente proyecto sobre las áreas a tratar, los equipos a manejar, la definición del suministro de energía y el sistema de protección implementado, así como el sistema de coordinación de las protecciones de las redes eléctricas.

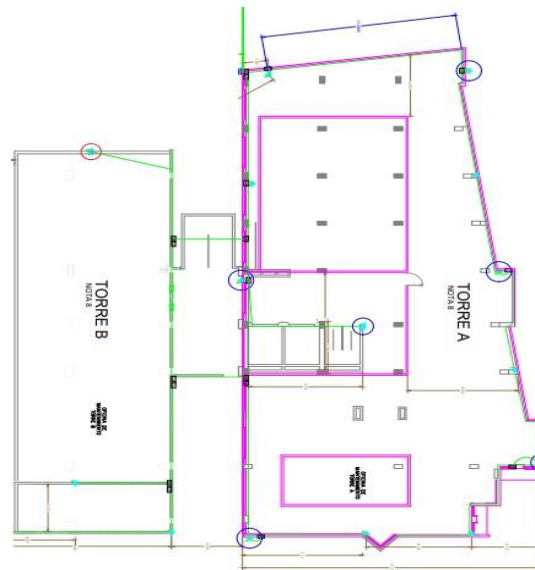
4.1 Identificación de las distintas áreas y procesos que se desarrollan en la unidad clínica

4.1.1 Áreas y procesos de la Unidad Clínica La Magdalena.

La Unidad Clínica La Magdalena constaba inicialmente de dos torres; torre A y torre B respectivamente, como se puede apreciar en la Figura 16.

Figura 16.

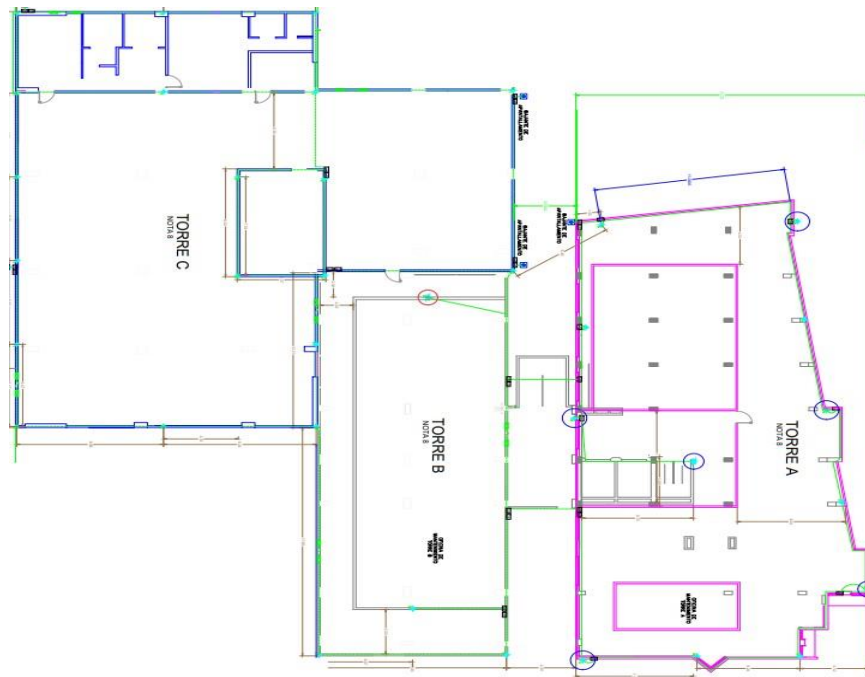
Torre A y B de la Unidad Clínica La Magdalena.



Al pasar los años y frente a la demanda y la expansión de la asistencia con el desarrollo paralelo de la ciudad se construyó una tercera torre denominada Torre C, como se puede apreciar en la Figura 18, formando así el complejo de la Unidad Clínica La Magdalena que hoy se encuentra activo.

Figura 17.

Torre A, B y C Unidad Clínica Magdalena.



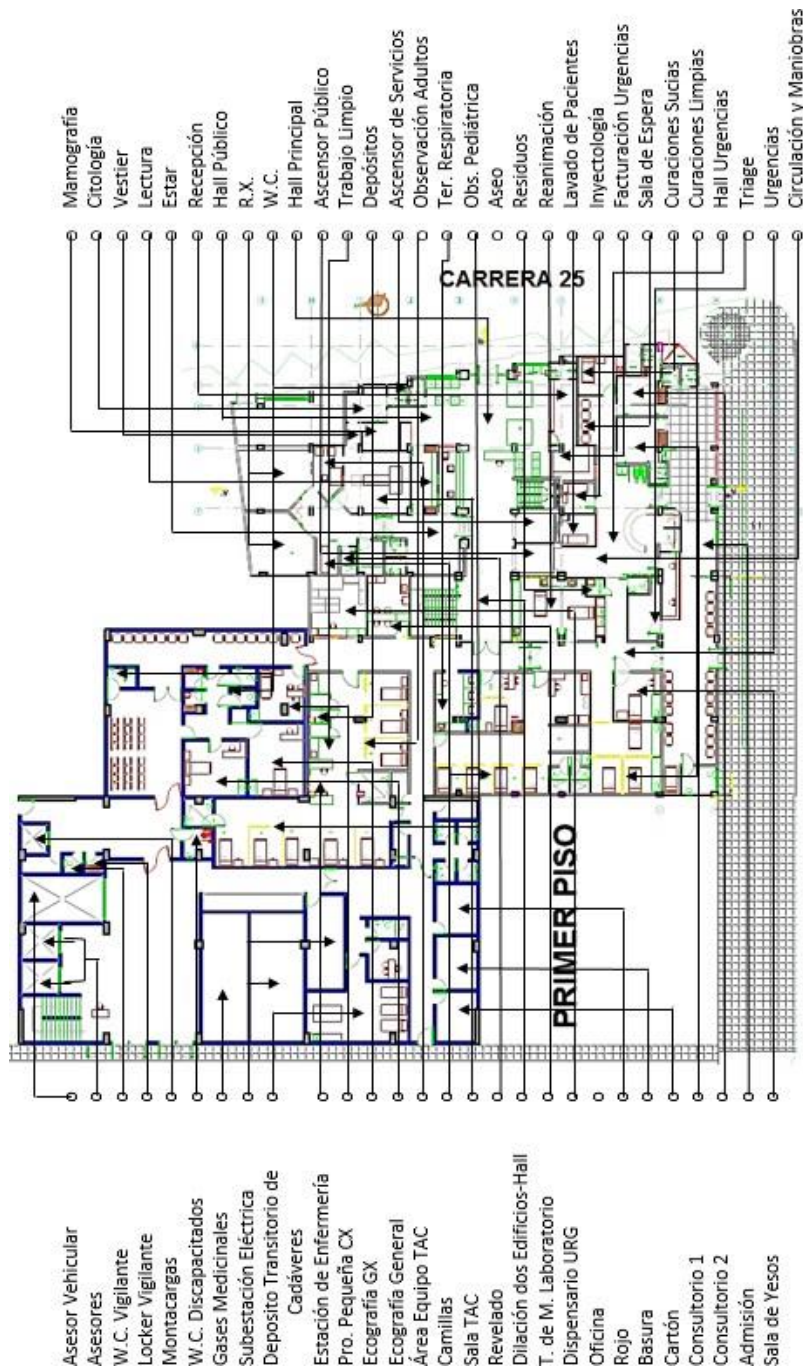
El reto del proyecto de expansión consistió en el diseño de la red eléctrica hospitalaria de la Torre C, así como su integración con la torre A y B, además de la caracterización de las cargas de las torres A y B, debido al grado de desorden que presentaba y los sistemas de protección que esto conlleva, finalmente la integración de toda La Coordinación del Sistema de Protección del complejo, el cual es el objetivo principal en esta documentación. Cada torre tiene sus áreas definidas identificadas así:

- Primer piso

A continuación, se describe las áreas y las dependencias que se encuentran ubicadas en el primer piso de las tres torres de la Unidad Clínica La Magdalena en la figura 18, obtenida en la depuración de la información suministrada por la administración.

Figura 18.

Primer Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.



Según la distribución anteriormente descrita en la Figura 19, las áreas más importantes en el primer piso de la Unidad Clínica La Magdalena son; en la torre A, es la sala de urgencias, Rayos

X, zona TAC, mamografía y citología, en la Torre B, es la zona de terapia respiratoria y urgencias, en la Torre C, se encuentra la subestación eléctrica, la zona de gases medicinales y ecografía GX, se realizó una lista de los equipos a tratar y las áreas que se consideran vitales y críticas para proceder con la caracterización de las cargas y estas fueron:

- TAC
- Rayos X
- Ecografía
- Compresor
- Bomba de Vacío
- Digitalizador
- Segundo Piso

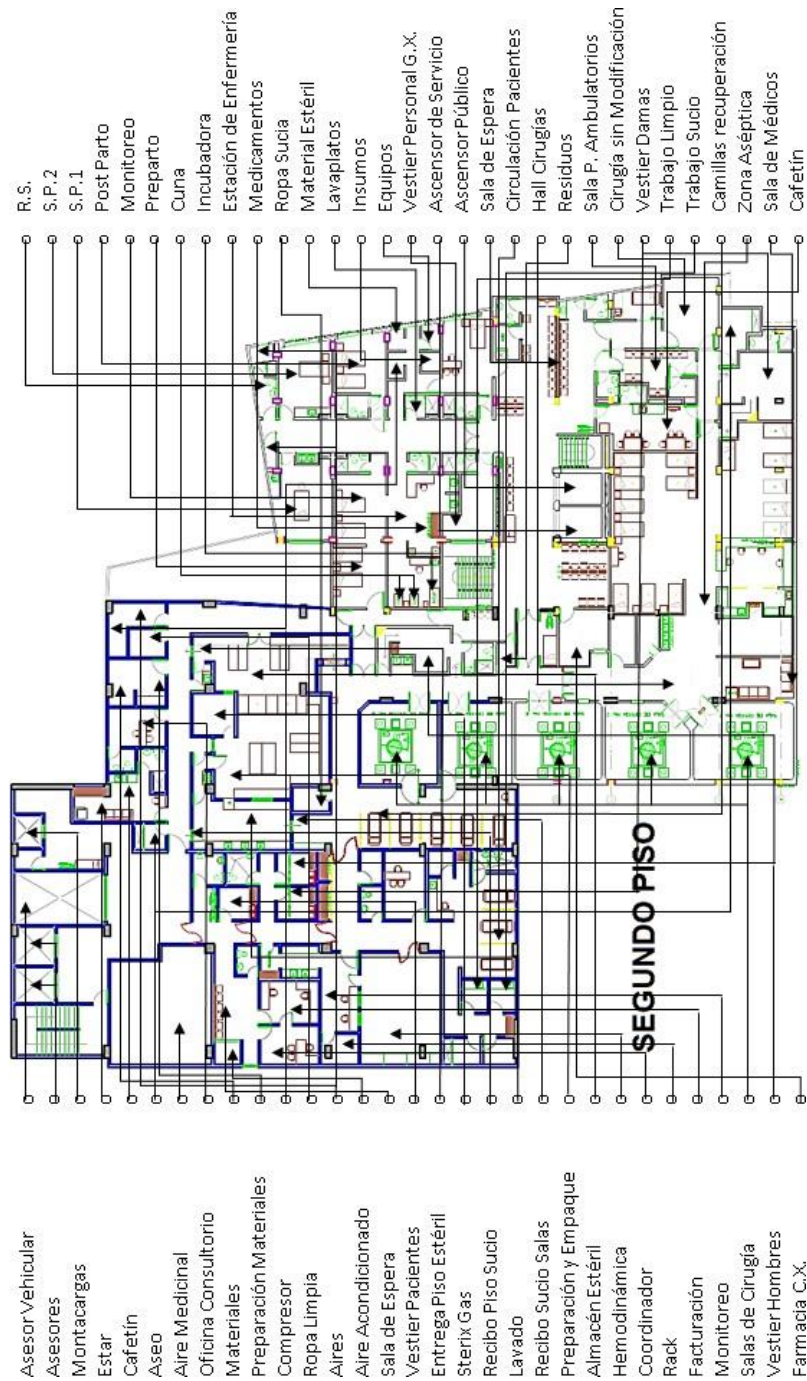
El segundo piso comprende de dos zonas importantes Esterilización y Hemodinámica, aquí se desarrollan procesos de procedimientos mínimamente invasivos, lo que significa que no requieren de heridas extensas para realizar los procedimientos, sino que se ayudan por medio de instrumental pequeño para que las incisiones o cortes sean milimétrico y la esterilización de herramientas quirúrgicas, estas están distribuidas en la Torre C, adicionalmente se encuentran las salas de cirugía, zonas asépticas y demás como se puede describir en la Figura 19. En este piso los equipos más importantes son:

- Lámparas Cielíticas
- Equipo Desintometria
- Incubadoras
- Equipos de Monitoreo
- Aires Acondicionados

- Iluminación

Figura 19.

Segundo Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.

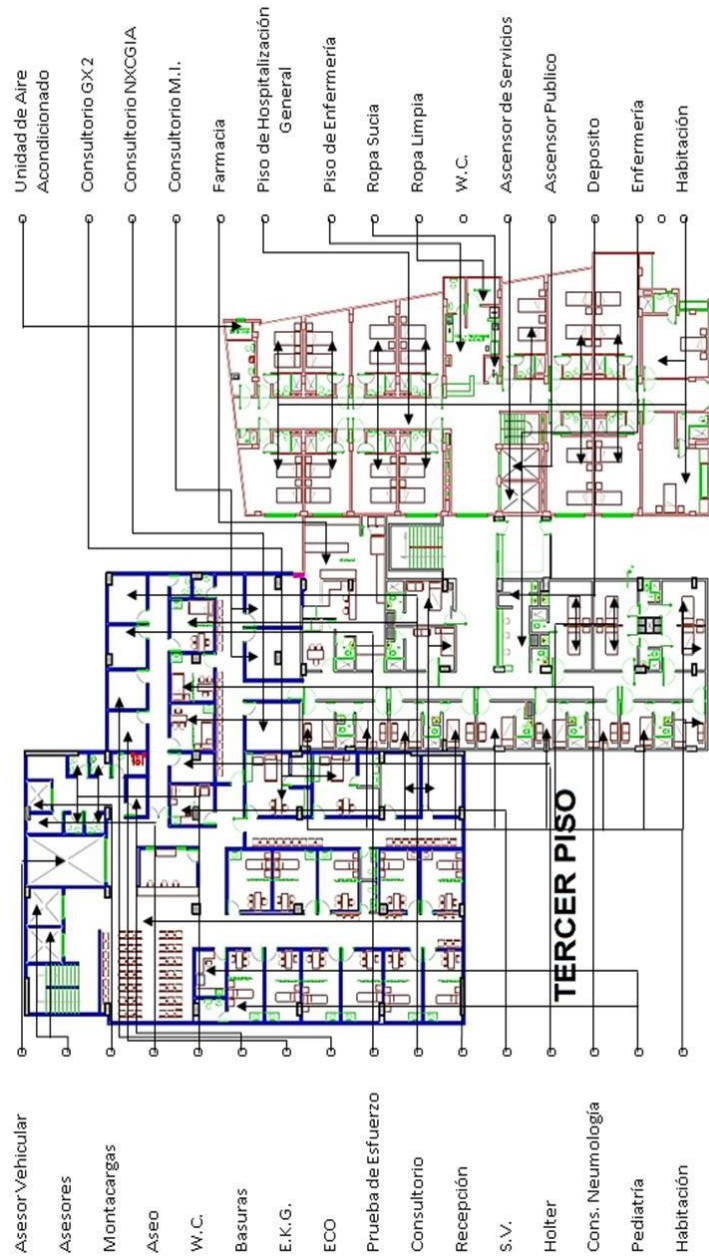


- Tercer Piso.

En el tercer piso se encuentra la zona de hospitalización, consultorios, enfermería y habitaciones como se describe en la figura 20.

Figura 20.

Tercer Piso Torre A, B y C Unidad Clínica La Magdalena.



Como se puede apreciar en la Figura 20, los procesos que se manejan en este piso básicamente son de recepción de consulta de pacientes de las diferentes ramas de la medicina y asignación de habitaciones ya sea de enfermería o hospitalización, limpieza y cuidado de pacientes que requieren de asistencia médica constante, así como el monitoreo rutinario que se ejerce sobre la aplicación de los medicamentos.

Se realizó la lista de equipos pertinentes a considerar en la integración de la red eléctrica como el diseño de la torre C descritos a continuación.

- Equipos de monitoreo
- Computadores
- Aires acondicionados
- Iluminación
- Cuarto Piso,

En el cuarto piso de la Unidad Clínica La Magdalena las áreas más relevantes es la UCI, UCI Pediátrica, autoclave, estación de enfermería, Oficina de Jefe Médico y Terapia Respiratoria, aquí se reciben los pacientes que se encuentran en remisión, pacientes que necesitan de la asistencia de respiradores y ventiladores en las UCI por covid 19, despacho de medicinas, limpieza de pacientes, se realizan labores de cocina y servicio de restaurante para el personal y pacientes que se encuentran en las diferentes unidades; como se puede apreciar en la Figura 21.

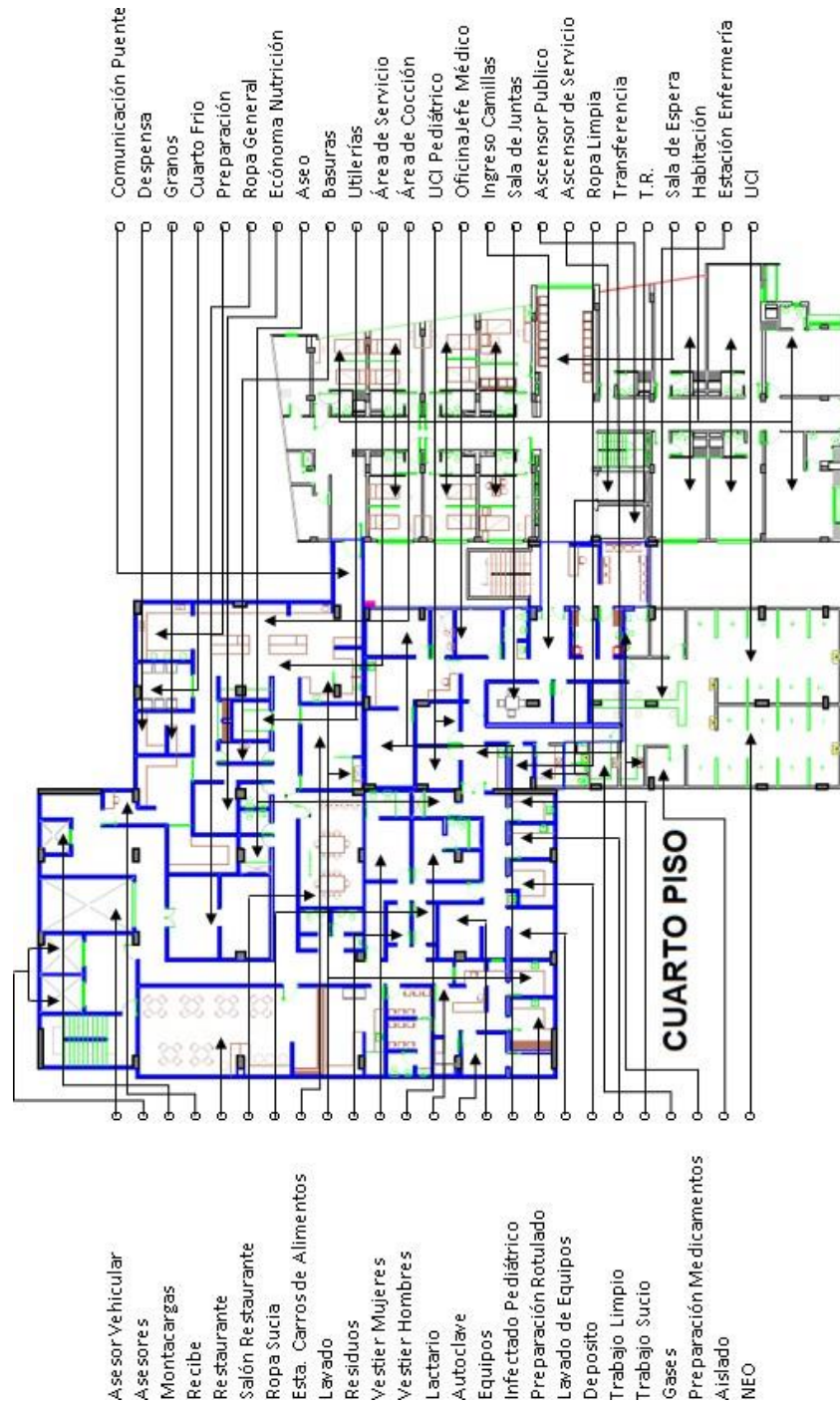
Los equipos más importantes son:

- Equipos de monitoreo
- Equipos de control
- Computadores de las oficinas de servicio
- Aires acondicionados

- Respiradores

Figura 21.

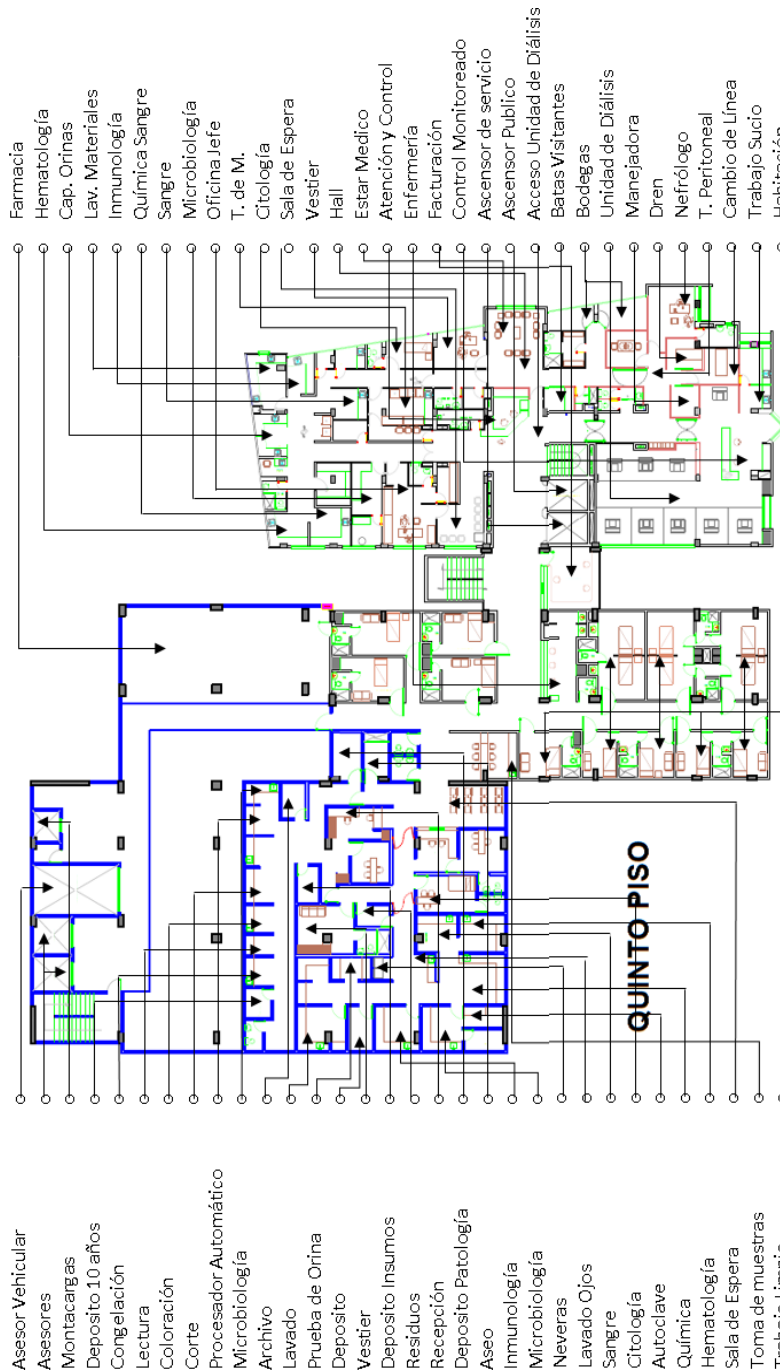
Cuarto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.



- Quinto Piso

Figura 22.

Quinto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.



En la Figura 22 se puede observar las áreas que componen el quinto piso de la torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena; en este piso se desarrollan labores de limpieza, diálisis para pacientes con insuficiencia renal, la eliminación de sustancias dañinas, consultorio del nefrólogo especialista en función renal y en síntesis todo lo relacionado en la Nefrología así como las unidades, equipos y talento humano para la asistencia en la atención al cliente, aquí también se encuentran las bodegas y depósitos de almacenamiento de las diferentes áreas de atención del complejo, los equipos más importantes que se encuentran en este piso son:

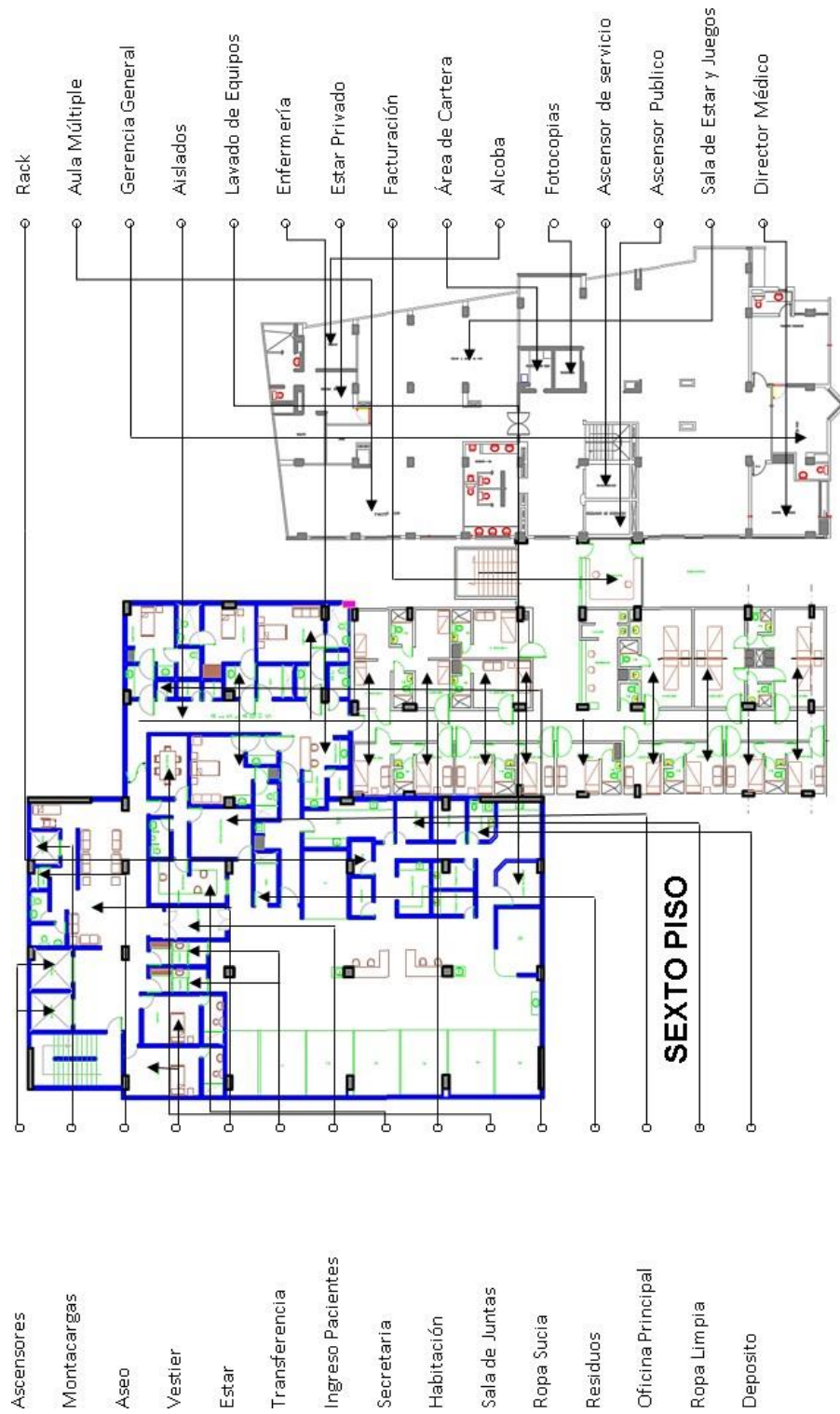
- Equipo de Diálisis
- Equipos de computo
- Aires acondicionados
- Equipos de monitoreo
- Iluminación
- Sexto Piso

El sexto piso de la torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena está compuesto por las oficinas de los altos mandos del complejo hospitalario tales como; gerencia general y director médico, además cuenta con amplios de espacio para sala de juegos y aulas múltiples para eventos, cuenta con múltiples habitaciones para el monitoreo de pacientes, salas de juntas y zonas para el tratamiento de ropa sucia, limpia y aseo, como se puede ver en la figura 23 los equipos más importantes que se manejan en este piso son:

- Equipos de computo
- Aires acondicionados
- Equipos de monitoreo
- Iluminación

Figura 23.

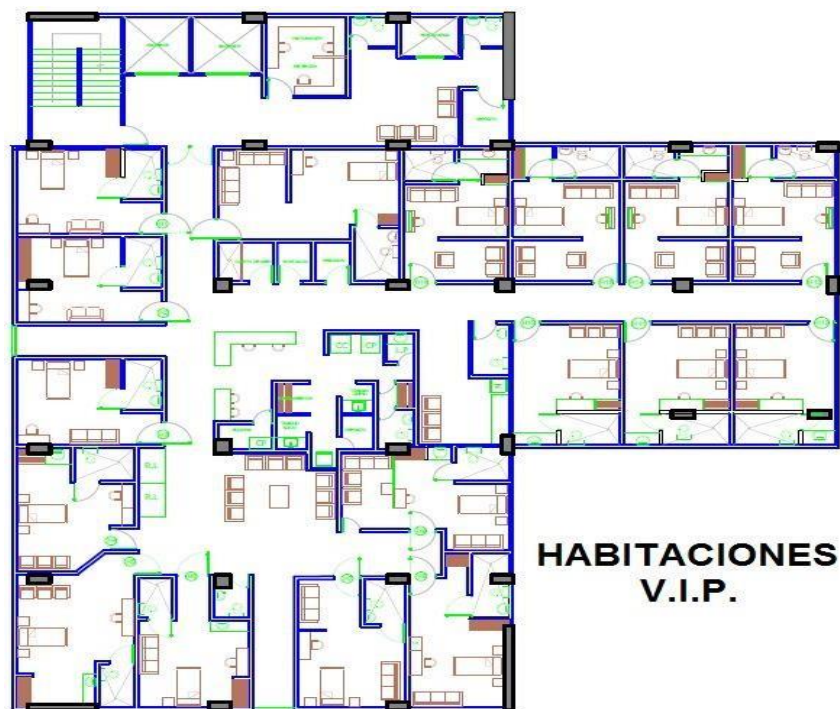
Sexto Piso Torre A, B y C de la Unidad Clínica La Magdalena.



- Séptimo y Octavo Piso

Figura 24.

Sexto y Séptimo Piso Torre C de la Unidad Clínica La Magdalena.



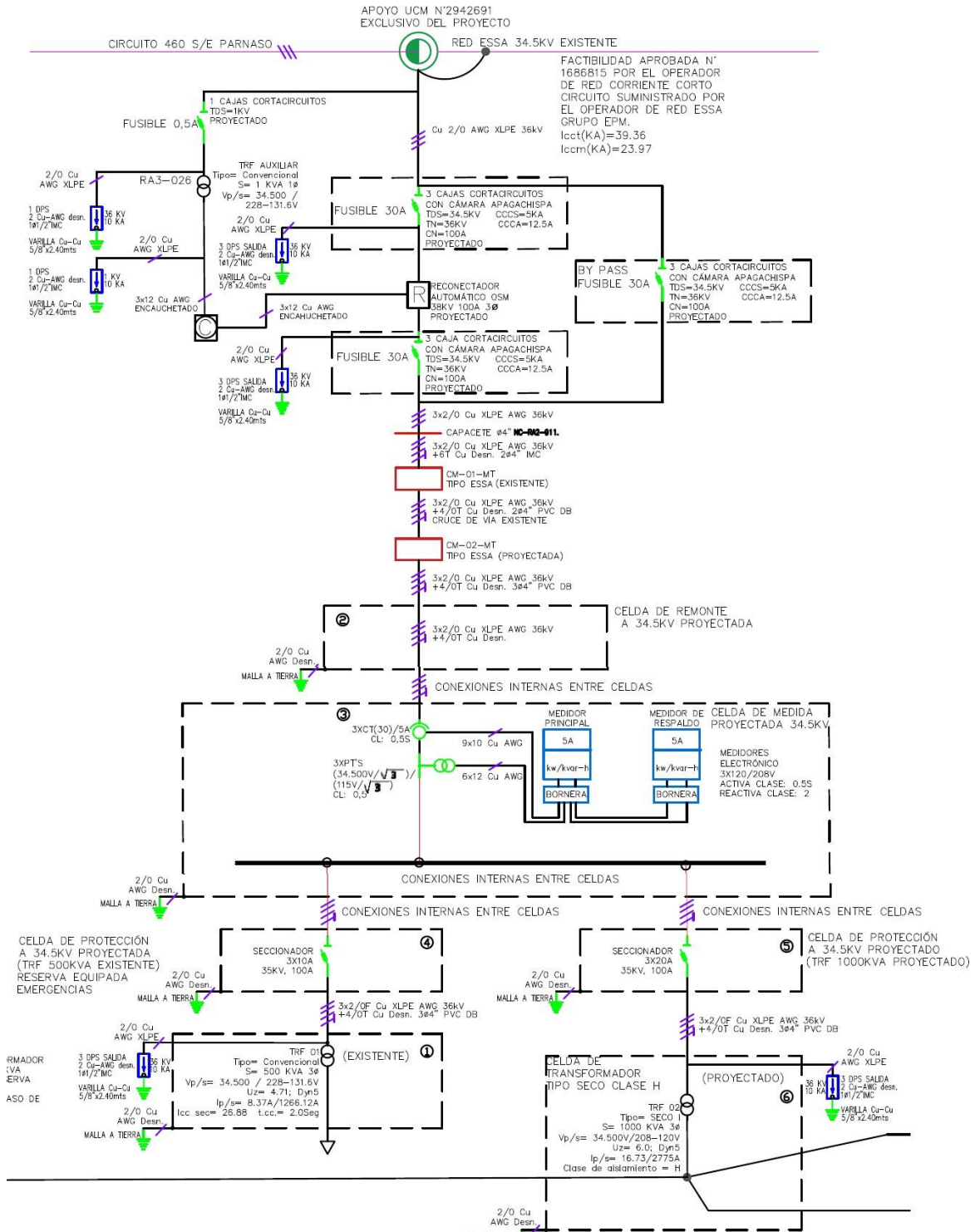
El sexto y el séptimo de la Unidad Clínica La Magdalena se componen de habitaciones V.I.P. como se puede apreciar en la Figura 24 y poseen el mismo arquetipo, es decir el mismo diseño, son habitaciones para personas que poseen un servicio especial o prepagado, estos dos pisos son exclusivos de la Torre C, por ende, la torre C es la más alta de todo el complejo, los equipos que se manejan en estos dos últimos pisos son de monitoreo, aires acondicionados e iluminación.

4.1.2 Suministro de energía.

La potencia a cubrir de la Unidad Clínica La Magdalena es de 1000 KVa, se seleccionó un transformador tipo seco que cubriera esta demanda y se dejó el transformador anterior de 500 KVa, en la Figura 25 se expresa el diagrama que se siguió y el suministro de energía por parte del operador de red.

Figura 25.

Diagrama del Suministro de Energía.



La Figura anterior muestra la conexión del suministro de energía, tomado del circuito 460 S/E Parnaso para cubrir la Red ESSA 34.5 KV, conectadas a una celda de remonte, una celda de medida y una celda de protección y posteriormente se conectan a un transformador tipo seco de 1000 KVa, igualmente al transformador de 500 KVa como respaldo.

4.2 Documentación del papel del sistema de protecciones eléctricas de la unidad clínica

Se presenta el diseño de la red eléctrica y sus protecciones de la Torre C de la unidad Clínica La Magdalena, dicha red se integrará con las existentes de la Torre A y B, además de la construcción de la subestación y los tramites que se requieren.

4.2.1 Instalaciones Internas.

Para las instalaciones internas se tuvieron en cuenta los planos de iluminación, aires acondicionados y toma corrientes de todo el complejo, dichos planos de mapearon en el programa de Diseño Autocad, se presentaron al operador de red Electrificadora de Santander (ESSA) para su aprobación, teniendo en cuenta las normativas que se requieren para el diseño construido, estos planos se presentaran en el anexo A del presente proyecto, y se tuvo en cuenta las siguientes convenciones:

Figura 26.

Convenciones.

CONVENCIONES			
	INTERRUPTOR SENCILLO		EXTRACTOR 18W 120V
	INTERRUPTOR DOBLE		DUCTO QUE SUBE
	INTERRUPTOR TRIPLE		DUCTO QUE BAJA
	INTERRUPTOR CONMUTABLE SENCILLO		CONTROL INTERRUPTOR
	LED INCRUSTAR SQ 40W		TABLERO GENERAL DE MEDIDA
	PANEL LED 24W		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	PANEL LED REDONDO 12W		LAMPARA DE EMERGENCIA 2.6W TOMA 220VAC
	LED SPOT 5W		TOMA TRIFÁSICO 220VAC
	LED APLIQUE PARED 6.5W		TOMA RED REGULADA 120VAC
	CONDUCTOR FASE		TOMA RED NORMAL GFCI 120VAC
	CONDUCTOR NEUTRO		TUBERIA POR PARED O TECHO
	CONDUCTOR TIERRA		TUBERIA SUBTERRÁNEA
	CAJA DE PASO		LUMINARIA LED 2x18W
	TOMA RED NORMA 120VAC		

Se presentaron en los planos un tablero de convenciones que resume de manera general la simbología que se hace presente, tal como se muestra en la figura 26.

Se realizaron las siguientes Notas y Especificaciones en cuanto a la normativa existente para regular el diseño de la red eléctrica y se expresó lo siguiente:

1. Las partes de canalizaciones que estén expuestas o las partes de canalizaciones que estén expuestas o a la vista, deben marcarse en franjas de color naranja de 10cm de ancho.
2. Cumplir con las normas ESSA, RETIE, NTC2050 y RETILAP
3. Cumplir con el artículo 15, sistema de puesta a tierra.
4. Cable de control para energizar la planta de emergencia
5. Cable de control para apagar la planta de emergencia cuando se Energicen
6. Lo proyectado es del alcance de este proyecto, lo existente es representativo.
7. Para mayor confiabilidad en el suministro de energía en la unidad clínica magdalena cuenta con dos seccionadores de cuchilla en la línea de 34.5kv por un lado está la subestación Parnaso y por el otro está la subestación Buenos Aires

4.2.2 Resultados de los Cálculos eléctricos.

Para el diseño eléctrico se presentan los cálculos necesarios y se presentan en las siguientes tablas.

Figura 27.

Cálculo de Cargas de Acometidas.

EQUIPO	TRAMO		LON G (MT)	CARGAS CONTINUAS (KVA)		CARGAS NO CONTINUAS (KVA)				CARGA INSTALADA (KVA)	CARGA Demandada (KVA)	F.P. DEL EQUIPO	F.P. DE LA CARGA	MOMENTO (KVA.M)	TENSION (V)	CORRIENTE DE LA CARGA (AMP)	
	DE	HASTA		ALUMBRADO	VENTILADOR	TOMAS COMUNES	TOMAS ESPECIALES										SD
							Salida especiales	Aire Acond	UPS 3KV								
TTA-SC-03-TC - TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATIA DE SISTEMA DE CONTRAINCENDIO TORRE C - 3F-N-T - 150- 220/127VAC - TORRE C																	
TABLERO DE PROTECCION DEL SISTEMA DE CONTRAINCENDIO TORRE C	TBG-SC	TP-SC03-TC	25					26,10			26,10	0,80	0,80	652,75	220	63,00	86,25
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TP-SC03-TC	TTA-SC-03-TC (B)	3					26,10			26,10	0,80	0,80	78,33	220	63,00	86,25
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA C DE LA TORRE C	TP-PE03-TC	TTA-SC-03-TC (C)	25					26,10			26,10	0,80	0,80	652,75	220	63,00	86,25
SISTEMA DE CONTRAINCENDIO 03 TORRE C - 25HP Y 3HP - 3F-N-T - 220/127VAC																	
TABLERO DE BOMBA DE CONTRAINCENDIO	TTA-SC-03-TC (A)	TDE-SBC-TC-25HP	25					23,313			23,313	0,80	0,80	662,81	220	61,00	76,25
BOMBA DE CONTRAINCENDIO	TDE-SBC-TC-25HP	BC-TC-25HP	5					23,313			23,313	0,80	0,80	116,56	220	61,00	76,25
TABLERO DE BOMBA JOCKEY	TTA-SC-03-TC (A)	TDE-SBJ-TC-3HP	5					2,798			2,798	0,80	0,80	13,99	220	7,00	8,75
BOMBA JOCKEY	TDE-SBJ-TC-3HP	B-J-TC-3HP	5					2,798			2,798	0,80	0,80	13,99	220	7,00	8,75
TDGP-03-TC - TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL PRINCIPAL 03 - 3F-N-T - 220/127VAC - TORRE C																	
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL PRINCIPAL 03 TORRE C	TRF-01-500-220V	TDGP-03-TC-Q00	15								497,77	0,75	0,80	6724,05	220	1176,00	1470,00
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TTA-03-TC (B)	14								113,00	0,85	0,85	1582,00	220	297,00	371,25
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 1 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P1-TC	20								10,830	0,85	0,85	216,60	220	28,00	35,00
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 02 PISO 2 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA2-P1-TC	20								22,060	0,85	0,85	837,90	220	58,00	72,50
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 3 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P2-TC	43								31,020	0,85	0,85	619,98	220	81,00	101,25
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 3 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P3-TC	52								24,540	0,80	0,80	1276,08	220	64,00	80,00
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA AUTOCLAVE 01 PISO 2 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AUI-P2-TC	25								43,000	1,00	1,00	1075,00	220	112,86	141,06
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILUMINACION Y TOMAS 01 PISO 3 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-ITI-P3-TC	21	5		28					33,000	0,95	0,95	367,50	220	45,93	57,41
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILUMINACION Y TOMAS 01 PISO 3 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	LUPS-REI-P3-TC	21								3,000	0,95	0,95	63,00	220	13,64	17,05
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILUMINACION Y TOMAS 01 PISO 4 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-ITI-P4-TC	24	10		9					19,000	0,95	0,95	312,00	220	34,12	42,85

EQUIPO	TRAMO		LONG (MT)	CARGAS CONTINUAS (KVA)		CARGAS NO CONTINUAS (KVA)				CARGA INSTALADA S NTC2050 (KVA)	CARGA Demandada SD NTC2050 (KVA)	F.P. DEL EQUIPO	F.P. DE LA ESSE	MOMENTO (KVA.M)	TENSION (V)	CORRIENTE CALCULADA DE LA CARGA	
	DE	HASTA		ALUMBRADO	VENTILADOR	TOMAS COMUNES	TOMAS ESPECIALES									I (AMP)	I ^{1,25} (AMP)
							Salidas especiales	Aire Acond	UPS 3KV A								
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 5 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P5-TC	59					36,300			36,300	0,85	2105,40	220	95,00	118,75	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P6-TC	61					22,050			22,050	0,85	1345,05	220	58,00	72,50	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 7 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P7-TC	64					22,500			22,500	0,85	1440,00	220	59,00	73,75	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 8 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P8-TC	67					24,540			24,540	0,85	1844,18	220	64,00	80,00	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 7 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDN-IT1-P7-TC	33	12	22						21,500	0,95	709,50	220	56,42	70,63	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL REGULADO 01 PISO 7 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	UPS-REI-P7-TC	33						5,00		5,000	0,95	185,00	220	22,73	28,41	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 8 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDN-IT1-P8-TC	36	5	28						17,500	0,95	630,00	220	45,93	57,41	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL REGULADO 01 PISO 8 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	UPS-REI-P8-TC	36						3		3,000	0,95	108,00	220	13,64	17,05	
RESERVA EQUIPADA																	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 3 TORRE C	UPS-REI-P3-TC	TDE-REI-P3-TC	3						3		3,000	0,95	9,00	220	13,64	17,05	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL REGULADO 01 PISO 7 TORRE C	UPS-REI-P7-TC	TDN-REI-P7-TC	36							5,00	5,000	0,95	180,00	220	22,73	28,41	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE NORMAL REGULADO 01 PISO 8 TORRE C	UPS-REI-P8-TC	TDN-REI-P8-TC	3						3		3,000	0,95	9,00	220	13,64	17,05	
PLANTA DE EMERGENCIA 03 - 150KVA - 3F-N-T - 220127VAC - TORRE C																	
PLANTA DE EMERGENCIA 28KV DE LTORRE C	PE03-TC-150KVA	TP-PE03-TC-150KVA	6								150,00	0,80	900,00	220	394,00	492,50	
TTA-03-TC: TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA 03 - 3F-N-T - 400A - 220127VAC - TORRE C																	
TABLERO DE PROTECCIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA DE LA TORRE C	TTA-03-TC (C)	TP-PE03-TC-150KVA	39								150,00	0,80	5950,00	220	394,00	492,50	
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TTA-03-TC (B)	TDGP-03-TC	14								150,00	0,80	2100,00	220	394,00	492,50	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL EMERGENCIA 03 TORRE C	TTA-03-TC (A)	TDGE-03-TC-Q00	15								150,00	0,80	2250,00	220	394,00	492,50	

EQUIPO	TRAMO		LONG (MT)	CARGAS CONTINUAS (KVA)		CARGAS NO CONTINUAS (KVA)				CARGA INSTALADA S NTC2050 (KVA)	CARGA Demandada SD NTC2050 (KVA)	F.P. DEL EQUIPO (%)	F.P. DE LA ESS (%)	MOMENTO (KVA.M)	TENSION (V)	CORRIENTE CALCULADA DE LA CARGA		
	DE	HASTA		ALUMBRADO	VENTILADOR	TOMAS COMUNES	Salida especiales	Aire Acond	UPS 3KVA							UPS 10KVA	I (AMP)	I'1,25 (AMP)
TDGE-03-TC - TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL EMERGENCIA 03 - 3F-N+T - 220V/27VAC - TORRE C																		
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL EMERGENCIA 03 TORRE C	TTA-03-TC (A)	TDGE-03-TC-Q000	15							180,53	143,03	0,95	0,95	2145,50	220	375,37	469,21	
TABLERO DE ASCENSOR DE PERSONAS 01 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-AP01-P9-TC	79			14,420				14,420	14,42	0,75	0,80	1838,18	220	37,84	47,30	
TABLERO DE ASCENSOR DE PERSONAS 02 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-AP02-P9-TC	76			14,420				14,420	14,42	0,75	0,80	1095,92	220	37,84	47,30	
TABLERO DE ASCENSOR DE VEHICULOS 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-AV01-P1-TC	37			19,940				19,940	19,94	0,850	0,85	737,79	220	52,33	65,41	
TABLERO DE ASCENSOR DE MONTACARGA 01 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-AM01-P9-TC	84			12,000				12,000	12,00	0,75	0,80	1008,00	220	31,49	39,36	
TABLERO DE DISTRIBUCION BOMBA DE AGUA 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-BA1-P1-TC	15			2,753				2,753	2,75	0,85	0,85	41,30	220	12,52	15,64	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILLUMINACION Y TOMAS 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-IT1-P1-TC	15	3	5					8,000	4,000	0,95	0,95	60,00	220	10,50	13,12	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	UPS-RE1-P1-TC	15					3		3,000	3,000	0,95	0,95	45,00	220	13,64	17,05	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILLUMINACION Y TOMAS 01 PISO 2 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-IT1-P2-TC	18	6	10					16,000	9,500	0,95	0,95	171,00	220	24,93	31,16	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	UPS-RE1-P2-TC	18					3		3,000	3,000	0,95	0,95	54,00	220	13,64	17,05	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE C (MEMORIA)	TDGE-03-TC-Q000	UPS-AI1-P2-TC	21						10,00	10,000	7,000	0,95	0,95	147,00	220	31,82	39,77	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 02 PISO 2 TORRE B (SALA DE SERVIDORES)	TDGE-03-TC-Q000	UPS-AI2-P2-TB	21						10,00	10,000	7,000	0,95	0,95	147,00	220	31,82	39,77	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 02 PISO 2 TORRE B (SALA DE SERVIDORES)	TDGE-03-TC-Q000	UPS-AI3-P2-TB	24						10,00	10,000	7,000	0,95	0,95	168,00	220	31,82	39,77	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILLUMINACION Y TOMAS 01 PISO 5 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-IT1-P5-TC	27	10	12					22,000	13,000	0,95	0,95	351,00	220	34,12	42,65	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILLUMINACION Y TOMAS 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	TDE-IT1-P6-TC	30	10	12					22,000	13,000	0,95	0,95	390,00	220	34,12	42,65	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	UPS-RE1-P2-TC	30					3		3,000	3,00	0,95	0,95	90,00	220	13,64	17,05	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-Q000	UPS-AI1-P6-TC	33						10,00	10,000	10,000	0,95	0,95	330,00	220	45,45	56,82	

EQUIPO	TRAMO		CARGAS CONTINUAS (KVA)		CARGAS NO CONTINUAS (KVA)				CARGA Demandada (KVA)	F.P. DEL EQUIPO	F.P. DE LA ESSA	MOMENTO (KVA.MT)	TENSION (V)	CORRIENTE CALCULADA DE LA CARGA		
	DE	HASTA	LONG (MT)	ALUMBRADO	VENTILADOR	TOMAS COMUNES	TOMAS ESPECIALES	CARGA INSTALADA (KVA)						CARGA INSTALADA (KVA)	I (AMP)	I'1,25 (AMP)
TABLEROS REGULADOS DE LA TORRE C - 2F-A+T - 220/127VAC																
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 1 TORRE C	UPS-RE1-P1-TC	TDE-RE1-P1-TC	15					3	3,000	0,95	0,95	45,00	220	13,64	17,05	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE C	UPS-RE1-P2-TC	TDE-RE1-P2-TC	33					3	3,000	0,95	0,95	99,00	220	13,64	17,05	
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 3 TORRE C	UPS-RE1-P3-TC	TDE-RE1-P3-TC	3					3	3,000	0,95	0,95	9,00	220	13,64	17,05	

NOTAS:

1. La distribución de los circuitos de las cargas continuas y no continuas se encuentra en el cuadro de cargas del tablero de distribución.

DESCRIPCION	CARGA (VA)	FACTOR DE DEMANDA (%)	
		CARGAS (en KVA)	FACTOR DE DEMANDA (%)
USUARIO - INDUSTRIAL - CENTRO DE CONDUCTORES	CARGA ALUMBRADO		100%
	CARGA VENTILADORES		100%
	CARGA ESPECIAL COMPUTADOR	Primeros 5KVA al 100%	100%
	CARGA TOMAS COMUNES	Primeros 3KVA al 100%	50%
	CARGA ESPECIAL		100%

En la tabla 12, se presentan los resultados de las cargas de los tableros de distribución de la torre C para el diseño de la red eléctrica de dicha torre. En la tabla 13, se presentan los resultados de los cálculos de las protecciones de la torre C de la Unidad Clínica la Magdalena.

Figura 28.

Resultados de los cálculos de las protecciones de las acometidas de la Torre C.

EQUIPO	TRAMO		PROTECCION										DATOS DEL CONDUCTOR SELECCIONADO									
	DE	HASTA	IDENTIFICACION BREAKER	POLO	A.F: AMPERIOS	A.D: AMPERIOS DE DISPARO	No. CONDUCTORES	No. FASE	FASE	CALIBRE AVG / MCM			TIPO MATERIAL	DISEÑO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR	AISLAMIENTO	CORRIENTE DEL CONDUCTOR (AMPS)	TEMPERATURA AMBIENTE	FACT CORREC POR TEMP	No. DE CONDUCTORES POR DUCTO	FACT CORREC POR GRUP (%)	COR TOTAL DEL CONDUCTOR (AMPS)	
										TERRA	NEUTRO	TERRA CALCULADO										
SISTEMA DE CONTRAINCENDIO 03 TORRE C - 25HP Y 3HP - 3F-N-T - 220V/127																						
TTA-SC-03-TC - TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE SISTEMA DE CONTRAINCENDIO TORRE C																						
TABLERO DE PROTECCION DEL SISTEMA DE CONTRAINCENDIO TORRE C	TP-S03-TC	TP-S03-TC	Q01	3	(70-100)A - 25KA	86	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TP-S03-TC	TTA-SC-03-TC (B)	TAB	3	125A	86	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA C DE LA TORRE C	TP-PE03-TC	TTA-SC-03-TC (C)	TAC	3	125A	86	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
SISTEMA DE CONTRAINCENDIO 03 TORRE C - 25HP Y 3HP - 3F-N-T - 220V/127																						
TABLERO DE BOMBA DE CONTRAINCENDIO																						
TABLERO DE BOMBA DE CONTRAINCENDIO	TTA-SC-03-TC (A)	TDE-SBC-TC-25HP	Q01	3	80A	76	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
BOMBA DE CONTRAINCENDIO																						
BOMBA DE CONTRAINCENDIO	TDE-SBC-TC-25HP	BC-TC-25HP	-	3	-	76	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE BOMBA JOCKEY																						
TABLERO DE BOMBA JOCKEY	TTA-SC-03-TC (A)	TDE-SBJ-TC-3HP	Q01	3	15A	9	1	3	10	10	14,0	10	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	30	31-35	0,91	1,3,3	100	27	
BOMBA JOCKEY																						
BOMBA JOCKEY	TDE-SBJ-TC-3HP	BJ-TC-3HP	-	3	-	9	1	3	10	10	14,0	10	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	30	31-35	0,91	1,3,3	100	27	
TDGP-03-TC - TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL PRINCIPAL 03 - 3F-N-T																						
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL PRINCIPAL 03 TORREC																						
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL PRINCIPAL 03 TORREC	TDF-01-500-220V	TDGP-03-TC-Q00	Q00	3	(640-1600)A - 85KA	1176	4	3	500	500	0,3	210	COBRE	75C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	360	31-35	0,94	1,3,3	100	1429	
TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TTA-03-TC (B)	Q01	3	(224-320)A - 25KA	237	1	3	350	350	4,0	210	COBRE	90C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	350	31-35	0,96	1,3,3	100	336	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 1 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P1-TC	Q03	3	(95-50)A - 25KA	35	1	3	4	4	10,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	70	31-35	0,91	1,3,3	100	64	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 02 PISO 1 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA2-P1-TC	Q05	3	(70-100)A - 25KA	73	1	3	100	100	8,0	6	COBRE	75C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	150	31-35	0,94	1,3,3	100	141	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 2 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P2-TC	Q07	3	(87,5-125)A - 25KA	101	1	3	100	100	6,0	6	COBRE	75C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	150	31-35	0,94	1,3,3	100	141	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 3 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P3-TC	Q09	3	(70-100)A - 25KA	80	1	3	2	2	8,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA AUTOCUCLAVE 01 PISO 2 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AU1-P2-TC	Q11	3	(70-100)A - 25KA	141	1	3	2	2	6,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILUMINACION Y TOMAS 01 PISO 3 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDE-IT1-P3-TC	Q13	3	(95-50)A - 25KA	57	1	3	6	6	10,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	55	31-35	0,91	1,3,3	100	50	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 3 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	LUPS-RE1-P3-TC	Q15	2	(22,4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	40	31-35	0,91	1,3,3	100	36	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA ILUMINACION Y TOMAS 01 PISO 4 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDE-IT1-P4-TC	Q17	3	(95-50)A - 25KA	43	1	3	6	6	10,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	55	31-35	0,91	1,3,3	100	50	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 4 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P4-TC	Q02	3	(96-80)A - 25KA	59	1	3	2	2	10,0	8	COBRE	60C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	95	31-35	0,91	1,3,3	100	86	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 5 TORREC	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P5-TC	Q04	3	(87,5-125)A - 25KA	119	1	3	100	100	6,0	6	COBRE	75C	SINTOX-800C 750W PE HF FRLS CT -CENTELSA	150	31-35	0,94	1,3,3	100	141	

EQUIPO	TRAMO		PROTECCION				DATOS DEL CONDUCTOR SELECCIONADO														
	DE	HASTA	IDENTIFICACION BREAKER	POLO	A.F. AMPERIOS FRAME	A.D. AMPERIOS DE DISPARO	No. CONDUCTORES	No. FASE	CALIBRE AVG / MCM			TIPO MATERIAL	DISEÑO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR	AISLAMIENTO	CORRIENTE DEL CONDUCTOR (AMPS)	TEMPERATURA AMBIENTE	FACT CORREC POR TEMP	No. DE CONDUCTORES POR DUCTO	FACT CORREC POR GRUP (%)	COR. TOTAL DEL CONDUCTOR AMPS	
									FASE	NEUTRO	TERRA CALCULADO										
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL/AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P6-TC	Q06	3	(56-80)A - 25KA	73	1	3	2	8.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	95	31-35	0.91	1x3	100	86	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL/AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 7 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P7-TC	Q08	3	(70-100)A - 25KA	74	1	3	10	8.0	6	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	150	31-35	0.94	1x3	100	141	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL/AIRE ACONDICIONADO 01 PISO 8 TORRE C	TDGP-03-TC-Q00	TDN-AA1-P8-TC	Q10	3	(70-100)A - 25KA	80	1	3	10	8.0	6	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	150	31-35	0.94	1x3	100	141	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL LUMINACION Y TOMAS 01 PISO 7 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDN-HT1-P7-TC	Q12	3	(35-50)A - 25KA	71	1	3	6	8.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	55	31-35	0.91	1x3	100	50	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL REGULADO 01 PISO 7 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	UPS-RE1-P7-TC	Q14	2	(22.4-32)A - 25KA	28	1	2	8	10.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	40	31-35	0.91	1x3	100	36	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL LUMINACION Y TOMAS 01 PISO 8 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDN-HT1-P8-TC	Q16	3	(35-50)A - 25KA	57	1	3	6	10.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	55	31-35	0.91	1x3	100	50	
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL REGULADO 01 PISO 8 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	UPS-RE1-P8-TC	Q18	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	12.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	40	31-35	0.91	1x3	100	36	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 3 TORRE C	UPS-RE1-P3-TC	TDE-RE1-P3-TC	Q15	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	12.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	40	31-35	0.91	1x3	100	36	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL REGULADO 01 PISO 7 TORRE C	UPS-RE1-P7-TC	TDN-RE1-P7-TC	Q14	2	(22.4-32)A - 25KA	28	1	2	8	10.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	40	31-35	0.91	1x3	100	36	
TABLERO DE DISTRIBUCION DE NORMAL REGULADO 01 PISO 8 TORRE C	UPS-RE1-P8-TC	TDN-RE1-P8-TC	Q18	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	12.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	40	31-35	0.91	1x3	100	36	
PLANTA DE EMERGENCIA 03 - 150KVA - 3F-N-I-T - 220/127VAC - TORRE C																					
PLANTA DE EMERGENCIA 126KVA DEL TORRE C	PE03-TC-150KVA	TP-PE03-TC-150KVA	Q01	3	(240-800)A - 150KA	394	2	3	4	4.0	2.0	2	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	230	31-35	0.94	1x3	100	432
TTA-03-TC - TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA 03 - 3F-N-I-T - 400A																					
TABLERO DE PROTECCION DE PLANTA DE EMERGENCIA DE LA TORRE C	TTA-03-TC (C)	TP-PE03-TC-150KVA	C	3	500A	394	2	3	4	4.0	2.0	2	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	230	31-35	0.94	1x3	100	432
TABLERO DE TRANSFERENCIA-AUTOMATICA 03 ENTRADA B DE LA TORRE C	TTA-03-TC (B)	TDGP-03-TC	B	3	500A	394	2	3	4	4.0	2.0	2	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	230	31-35	0.94	1x3	100	432
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL EMERGENCIA 03 TORRE C	TTA-03-TC (A)	TDGE-03-TC-Q00	A	3	500A	394	2	3	4	4.0	2.0	2	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	230	31-35	0.94	1x3	100	432
TDGE-03-TC - TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL EMERGENCIA 03 - 3F-																					
TABLERO DE DISTRIBUCION GENERAL EMERGENCIA 03 TORRE C	TTA-03-TC (A)	TDGE-03-TC-Q00	A	3	(224-520)A - 25KA	375	1	3	350	8.0	2.0	20	COBRE	75C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	310	31-35	0.94	1x3	100	291
TABLERO DE ASCENSOR DE PERSONAS 01 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-AP01-P9-TC	Q01	3	(35-50)A - 25KA	42	1	3	4	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	70	31-35	0.91	1x3	100	64	
TABLERO DE ASCENSOR DE PERSONAS 01 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-AP01-P9-TC	Q01	3	(35-50)A - 25KA	42	1	3	4	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	70	31-35	0.91	1x3	100	64	
TABLERO DE ASCENSOR DE PERSONAS 02 PISO 9 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-AP02-P9-TC	Q03	3	(35-50)A - 25KA	42	1	3	4	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	70	31-35	0.91	1x3	100	64	
TABLERO DE ASCENSOR DE VEHICULOS 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-Q00	TDE-AV01-P1-TC	Q05	3	(44.1-63)A - 25KA	60	1	3	4	8.0	8	COBRE	80C	SINTOX 80C 750V PE HF FR LS CT -CENTELSA	70	31-35	0.91	1x3	100	64	

EQUIPO	TRAMO		PROTECCION				DATOS DEL CONDUCTOR SELECCIONADO														
	DE	HASTA	IDENTIFICACION BREAKER	POLO	A.F. AMPERIOS FRAME	A.D. AMPERIOS DE DISPARO	No. CONDUCTORES	FASE	CALIBRE AVG / MCM			TIPO MATERIAL	DISEÑO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR	AISLAMIENTO	CORRIENTE DEL CONDUCTOR (AMPS)	TEMPERATURA AMBIENTE	FACT CORREC POR TEMP	No. DE CONDUCTORES POR DUCTO	FACT CORREC POR AGRUP (%)	COR. TOTAL DEL CONDUCTOR AMPS	
									FASE	NEUTRO	TERRA CALCULADO										TERRA
TABLERO DE ASCENSOR DE MONTACARGA 01 PISO 3 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-AM01-P3-TC	Q07	3	(35-50)A - 25KA	39	1	3	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN BOMBA DE AGUA 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-BA1-P1-TC	Q09	2	20A	16	1	2	10	10	12.0	10	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	30	3135	0.91	1 a 3	100	27
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-IT1-P1-TC	Q11	3	(35-50)A - 25KA	13	1	3	6	6	14.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 1 TORRE C	TDGE-03-TC-000	UPS-RE1-P1-TC	Q13	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 2 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-IT1-P2-TC	Q15	3	(35-50)A - 25KA	31	1	3	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 8 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDN-HT1-P8-TC	Q16	3	(35-50)A - 25KA	57	1	3	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 3 TORRE C	UPS-RE1-P3-TC	TDE-RE1-P3-TC	Q15	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 7 TORRE C	UPS-RE1-P7-TC	TDN-RE1-P7-TC	Q14	2	(22.4-32)A - 25KA	28	1	2	8	8	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE C	TDGE-03-TC-000	UPS-RE1-P2-TC	Q02	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE B (SALA DE SERVIDORES)	TDGE-03-TC-000	UPS-A11-P2-TC	Q04	2	(35-50)A - 25KA	40	1	2	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE B (SALA DE SERVIDORES)	TDGE-03-TC-000	UPS-A12-P2-TB	Q06	2	(35-50)A - 25KA	40	1	2	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE B (SALA DE SERVIDORES)	TDGE-03-TC-000	UPS-A13-P2-TB	Q08	2	(35-50)A - 25KA	40	1	2	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 5 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-IT1-P5-TC	Q10	3	(35-50)A - 25KA	43	1	3	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA ILUMINACIÓN Y TOMAS 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-000	TDE-IT1-P6-TC	Q12	3	(35-50)A - 25KA	43	1	3	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-000	UPS-RE1-P2-TC	Q14	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
UPS PARA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 6 TORRE C	TDGE-03-TC-000	UPS-A11-P6-TC	Q16	2	(35-50)A - 25KA	57	1	2	6	6	10.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	55	3135	0.91	1 a 3	100	50
TABLEROS REGULADOS DE LA TORRE C - 2F-A1-T - 220V127VAC																					
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 1 TORRE C	UPS-RE1-P1-TC	TDE-RE1-P1-TC	Q13	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 2 TORRE C	UPS-RE1-P2-TC	TDE-RE1-P2-TC	Q02	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EMERGENCIA REGULADO 01 PISO 6 TORRE C	UPS-RE1-P2-TC	TDE-RE1-P6-TC	Q14	2	(22.4-32)A - 25KA	17	1	2	8	8	12.0	8	COBRE	60C	SINTOX 800C 750V PEHF FRLS CT -CENTELSA	40	3135	0.91	1 a 3	100	36

4.2.3 Sistema de Puesta a Tierra (SPT)

Se obtuvo como resultado teniendo en cuenta la ecuación 1 los criterios para el cálculo de la malla de puesta a tierra y se expresan a continuación.

$$\begin{array}{ll} I = & 26.8 \text{ kA.} & \rho r = & 1,72 \text{ } \mu\Omega \text{ cm.} \\ T_m = & 1083 \text{ [}^\circ\text{C]}. & K_0 = & 234 \text{ }^\circ\text{C.} \\ T_a = & 20 \text{ }^\circ\text{C.} & t_c = & 0,5 \text{ s.} \\ \alpha_c = & 0,00393 \text{ 1/}^\circ\text{C.} & TCAP = & 3,42 \text{ J/(cm}^3 \text{ }^\circ\text{C)}. \end{array}$$

Con el fin de realizar un cálculo conservativo se asumió un tiempo de despeje (duración de la corriente de falla por actuación de las protecciones) de 500 ms. El cálculo indica que para el dimensionamiento de la malla de puesta a tierra se requiere un conductor con un área aproximada de 38,7645 mm², siguiendo las prácticas recomendadas por la IEEE 80 el conductor de tierra mínimo a utilizar es el calibre 1/0. Del catálogo del fabricante Centelsa, el calibre seleccionado que se utilizara para el presente diseño es 2/0 AWG que es el calibre de mayor uso comercial.

Figura 29.

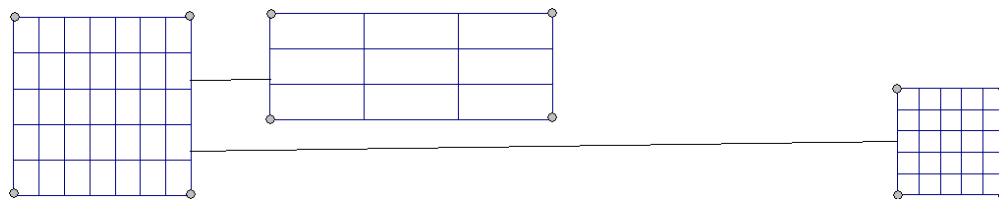
Características conductoras de cobre desnudo suave.

Calibre AWG o kcmil	No. Hilos	Clase de cableado	Diámetro hilo (mm)	Área (mm ²)	Diámetro conductor (mm)	Peso conductor (mm)	Resistencia DC a 20 °C (ohm/km)			Carga a la rotura nominal (kg)		Capacidad de Corriente (A)	Radio medio Geométrico	Reactancia Inductiva	Reactancia Capacitiva
							Suave	Semiduro	Duro	Semiduro	Duro				
1/0	7	A	3.120	53.51	9.36	485.2	0.3287	0.3400	0.3418	1916	2161	276	3.40	0.3390	0.1994
1/0	19	B	1.894	53.51	9.47	485.2	0.3287	0.3400	0.3418	1916	2235	276	3.59	0.3349	0.1988
2/0	7	A	3.503	67.44	10.51	611.6	0.2608	0.2698	0.2712	2415	2693	318	3.81	0.3303	0.1938
2/0	19	B	2.126	67.44	10.63	611.6	0.2608	0.2698	0.2712	2415	2786	319	4.03	0.3262	0.1933
3/0	7	A	3.933	85.03	11.80	771.0	0.2608	0.2140	0.2151	3044	3356	368	4.28	0.3216	0.1883
3/0	19	B	2.388	85.03	11.94	771.0	0.2608	0.2140	0.2151	3046	3514	369	4.53	0.3174	0.1877
4/0	7	A	4.417	107.2	13.25	972.2	0.1640	0.1697	0.1706	3840	4134	426	4.81	0.3128	0.1828
4/0	19	B	2.681	107.2	13.41	972.2	0.1640	0.1697	0.1706	3840	4380	427	5.08	0.3087	0.1822
250	37	B	2.088	126.7	14.62	1149	0.1388	0.1436	0.1444	4535	5232	474	5.61	0.3012	0.1781
300	37	B	2.288	152.0	16.02	1378	0.1157	0.1197	0.1203	5445	6283	531	6.15	0.2943	0.1737
350	37	B	2.471	177.3	17.30	1608	0.09916	0.1026	0.1031	6351	7246	584	6.64	0.2885	0.1700

Teniendo en cuenta las condiciones del terreno, la longitud de la malla planteada, el número de electrodos y las características del conductor de puesta a tierra se procede a realizar el cálculo de la resistencia general de la malla de la siguiente manera:

Figura 30.

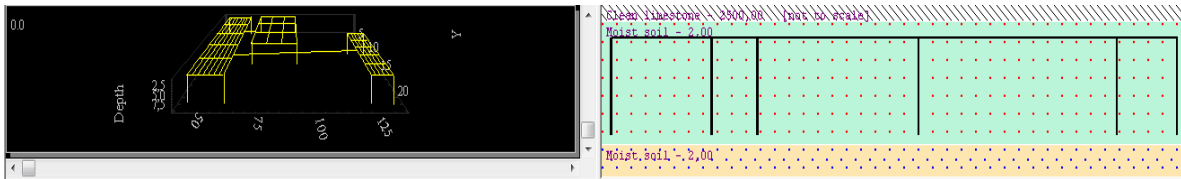
Diagrama de Maya a Emplear.



Dimensión de la maya, Izquierda (Nueva Malla 5x5mts 35 cuadrículas y 4 varillas de 5/8" 2,4mts), Centro (Malla de Puesta a Tierra existente 8x3mts 9 cuadrículas y 4 varillas de 5/8" 2.4mts), Derecha (Nueva Malla 3x3 mts 25 cuadrículas y 4 varillas de 5/8" 2.4mts).

Figura 31.

Caracterización del suelo para análisis de SPT.



Una vez modelado el sistema de la malla de puesta a tierra se encuentran los siguientes resultados para la tensión de paso, tensión de contacto y resistencia de malla de puesta a tierra:

Figura 32.

Resultado perfil de tensión de paso.

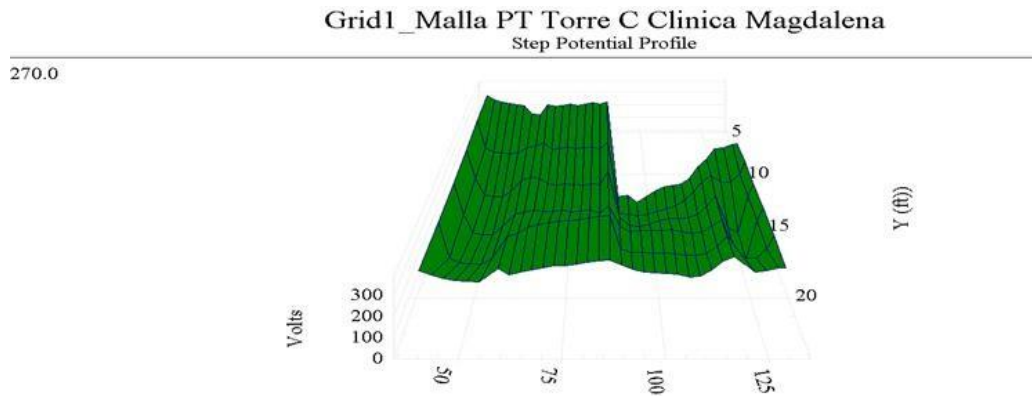


Figura 33.

Perfil de tensión de contacto.

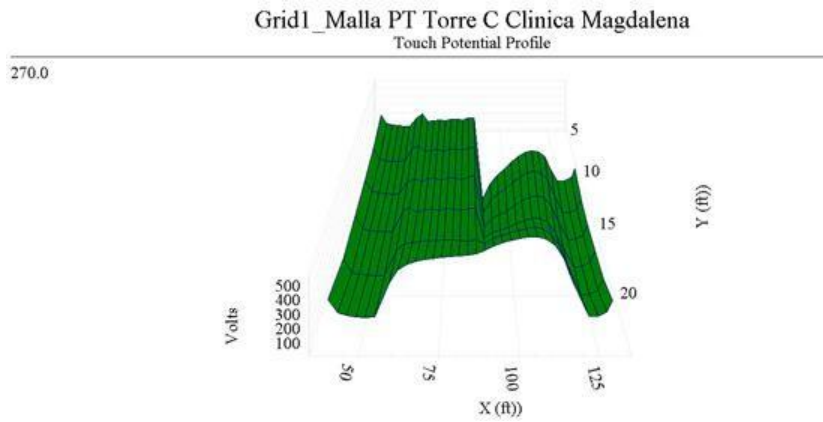
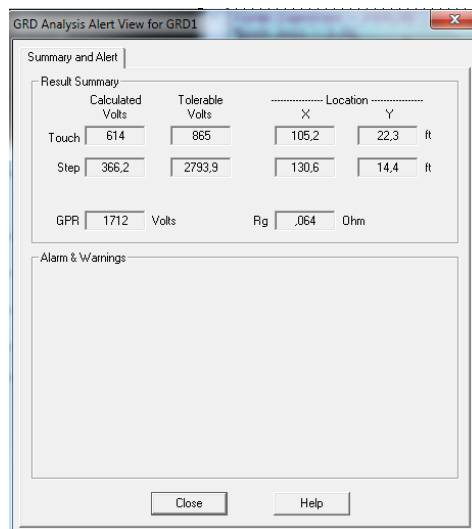


Figura 34.

Resultados de tensión de paso, tensión de contacto y Resistencia de Malla a Tierra



Se tuvo que construir dos mallas de puesta a tierra una de 5x5mts (35 cuadrículas) y otra de 3x3mts (25 cuadrículas) cada una con cuatro electrodos de 5/8” y 2,4mts de longitud. Estas nuevas mallas se deberán conectar a la malla de puesta a tierra existente.

Se tuvo que aplicar producto cementoso para disminuir la resistencia del terreno hasta un valor menor o igual a 2 ohmios. Con la configuración del Sistema de Puesta a Tierra propuesto para la nueva torre C de la Clínica Magdalena se obtiene una resistencia de puesta a tierra de $0,065\Omega$.

El cable desnudo 2/0 del sistema de puesta a tierra tuvo que ir enterrado a una profundidad de 400mm. Se recomienda que para las tensiones de toque se utilice un anillo en los equipos con el fin de evitar potenciales transferidos.

De acuerdo con estos resultados, el diseño del sistema de puesta a tierra propuesto para la Unidad Clínica La Magdalena, brinda una adecuada protección para los equipos, ofrece un camino de baja impedancia para el retorno de la corriente de falla a tierra y sobre todo un diseño seguro para el personal que se encuentra en la clínica.

Con el presente diseño la malla de puesta a tierra tiene la capacidad de soporta y amortiguar una corriente de falla igual a la limitada por la potencia del transformador de 1000kVA en este caso 26.8kA.

4.2.4 Sistema de Protección Atmosférica (Apantallamiento).

Tabla 12.

Resultados de Evaluación de Riesgos.

	Valores obtenidos	
Frecuencia aceptada de rayos	N_c	0.0001
Frecuencia esperada de rayos	N_d	0.2592
Relación N_d Vs N_c	$N_d > N_c$	Si

El nivel de riesgo calculado se valida mediante el uso del software libre de análisis de riesgo de Aplicaciones Tecnológicas, que utiliza como referencia la norma internacional IEC 62305-2, que es una de las bases de la NTC 4552.

Figura 35.

Datos de entrada Evaluación de Riesgos.

Edificio número: <input type="text" value="1"/> de <input type="text" value="1"/>	Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
Nombre del edificio <input type="text"/>	1		33,00	18,00	31,00	P

DIMENSIONES	PÉRDIDAS	LÍNEAS DE SERVICIOS
Longitud (L) <input type="text" value="33,00"/> m. Anchura (W) <input type="text" value="18,00"/> m. Altura tejado (H) <input type="text" value="31,00"/> m. Altura prominencia (Hp) <input type="text" value="31,00"/> m. Superficie exposición (Ad) <input type="text" value="37,251,64"/> m ² <input type="checkbox"/> Fijada manualmente	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas Por incendios <input type="text" value="C. Ocupadas regularmente."/> Por riesgo de pánico <input type="text" value="C. Medio (entre 100 y 1000)"/> Consecuencia de los daños <input type="text" value="A. Sin consecuencias."/> Por sobretensiones <input type="text" value="A. No aplica."/>	Suministro eléctrico Situación del cable <input type="text" value="B. Enterrado."/> Tipo de cable <input type="text" value="B. No apantallado."/> Transformador MT/BT <input type="text" value="A. Transformador."/>
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA Tipo de cubierta <input type="text" value="B. Hormigón."/> Tipo de estructura <input type="text" value="B. Hormigón."/> Riesgo de incendio <input type="text" value="B. Común."/> Tipo de cableado interno <input type="text" value="A. No apantallado."/>	Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales Pérdida de servicios <input type="text" value="B. Pérdida de servicios."/>	Otros servicios aéreos Número de servicios <input type="text" value="0"/> Tipo de cable <input type="text" value="B. No apantallado."/>
INFLUENCIAS AMBIENTALES Situación <input type="text" value="B. Altura similar."/> Factor ambiental <input type="text" value="B. Urbano."/> Días de tormenta <input type="text" value="60"/> Días / año Densidad anual impactos <input type="text" value="6,00"/> Impactos / km ² Tipo de terreno <input type="text" value="A. Limo, arcilla, arena semidensa."/>	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural Pérdida de patrimonio <input type="text" value="A. No aplica."/>	Otros servicios enterrados Número de servicios <input type="text" value="0"/> Tipo de cable <input type="text" value="B. No apantallado."/>
	Tipo 4. Pérdidas económicas Riesgos especiales <input type="text" value="A. Sin consecuencias."/> Por incendios <input type="text" value="A. Valor común."/> Por sobretensiones <input type="text" value="B. Valor común."/> Por tensión paso/contacto <input type="text" value="A. Sin riesgo de shock."/> Riesgo tolerable de pérdidas <input type="text" value="C. 1 en 1.000 años."/>	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES Clase SPCR <input type="text" value="E. Sin protección."/> Protección sobretensiones <input type="text" value="A. Sin protección."/>
	Factor de pérdidas por incendio - Lf1 Pérdida de vidas humanas debido a incendios. Factor que considera la ocupación de las estructura y las pérdidas de vidas que pueden ocurrir. - No ocupadas. Almacén, cantera, subestación eléctrica, huerto solar, estructura con equipos autónomos. (Lf1=0,01). - Ocupadas ocasionalmente. Estadio, iglesia, local de ocio. I (Lf1=0,02) - Ocupadas regularmente. Colegio, industria, comercio. I (Lf1=0,05). - Siempre ocupadas. Hospital, hotel, prisión, edificio de viviendas. I (Lf1=0,1).	

El valor obtenido del análisis de riesgo es nivel 1 de acuerdo con la sumatoria de los promedios de riesgo de afectación de pérdidas de vidas humanas, de pérdidas de servicios públicos, de pérdidas de patrimonio cultural y de pérdidas económicas.

Figura 36.

Datos de entrada Evaluación de Riesgos.

Edificio número: 1 de 1	Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
	1		33,00	18,00	31,00	P
Nombre del edificio						

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN SEGÚN LA NORMA UNE-EN 62305-2										
Ed.	Nombre	Superficie de captura	Riesgo de pérdida vidas humanas	Riesgo de pérdida de servicios públicos	Riesgo de pérdida de patrimonio	Riesgo de pérdidas económicas	Necesidad instalación SEPCR*	Nivel de protección	Necesidad instalación SIPCR**	Tipo SIPCR
1		37,251,64	6,00E-06	1,43E-04	0,00E+00	3,76E-06	Necesaria	Nivel I	Necesaria	IEC62305-4

ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PROTECCIÓN	
La protección se realizará mediante	<input checked="" type="radio"/> PDC <input type="radio"/> Malla
	* SEPCR = Sistema Externo de Protección Contra el Rayo ** SIPCR = Sistema Interno de Protección Contra el Rayo

Edificio: 1

PROTECCIÓN NECESARIA:
 La instalación de un sistema externo e interno es necesaria según la IEC 62305-2.

Para continuar es necesario:

En el apartado 'Proyecto':

- Indicar el nombre del lugar a proteger.
- Indicar la dirección del lugar a proteger.
- Indicar la población del lugar a proteger.
- Indicar si se trata de una obra nueva.

NIVEL DE PROTECCIÓN:
 Nivel de protección: Nivel I

De acuerdo con los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las consideraciones antes enunciadas, se establece que será necesaria la instalación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas en función de los requerimientos citados por la norma NTC-4552 y NFPA 780.

Es importante recalcar que la separación de las puntas colectoras tipo Franklin dependerá de la normativa que se use, para este caso la NFPA 780, que limita este cálculo colocando una distancia máxima entre terminales de 6 m cuando se usan terminales inferiores a 0.6 m de longitud y a partir de 0.6 m por encima del nivel de la estructura a proteger se permite que la separación entre terminales sea de 7.6 m. Con esta distancia se cumple con lo indicado en la norma NFPA

780 y a su vez se verifico que el radio de la esfera de 35 m de acuerdo a la norma NTC 4552 no tenga contacto con las estructuras a proteger.

Se determinó para el caso de estudio que de acuerdo a la máxima separación entre bajantes establecida en la norma NFPA 780 (Artículo 4.9.10 30mts), el número mínimo de conductores descendentes requeridos es 4.13, con lo cual realizando una aproximación se deben instalar 4 bajantes.

De acuerdo a la experiencia del cliente final en cuanto a protección de sus equipos, se recomienda que el DPS instalado en el tablero de alimentación general sea seleccionado por el fabricante del tablero teniendo en cuenta el BIL del transformador reductor, la forma de onda de impulso tipo rayo 8/20us y la corriente nominal de descarga por fase de acuerdo a las tablas E3 y E4 de la norma NTC 4552-1, los planos de apantallamiento se muestran El Anexo B del presente proyecto.

4.2.5 Estudio de coordinación de protecciones de la Unidad Clínica.

El estudio de la coordinación de media y baja se tensión se presentan en el anexo C y las curvas de calibración se presentan en el anexo D. El estudio de coordinación de alta tensión se presentó por parte del Operador de red, el cual entrego un informe relacionado a continuación:

- Información del Estudio

Figura 37.

Información del Estudio.

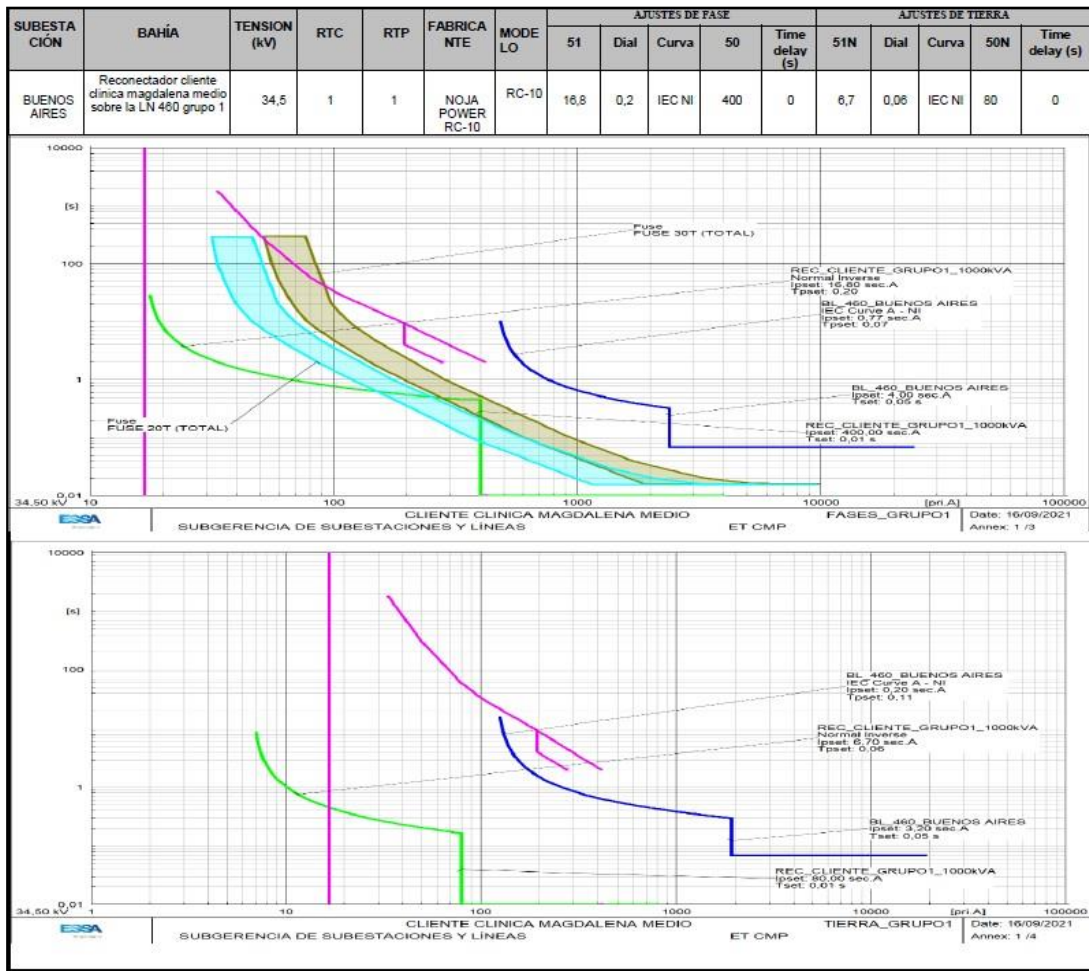
ACTIVO	SUBESTACIÓN	ZONA	FECHA	CLIENTE	
LN 460	BUENOS AIRES	NORTE	23/08/2021	CLINICA MAGDALENA	
EQUIVALENTE DE RED					
PUNTO DE CONEXIÓN	Equivalente Trifásico		Equivalente Monofásico		
	Icc 3Φ [kA]	R/X	Icc 1Φ [kA]	X0/X1	R0/X0
2942691	11,0613	0,2673	6,8707	2,9205	0,2418

Nota. Tomado de: Electrificadora de Santander.

- Ajustes Coordinación Protecciones

Figura 38.

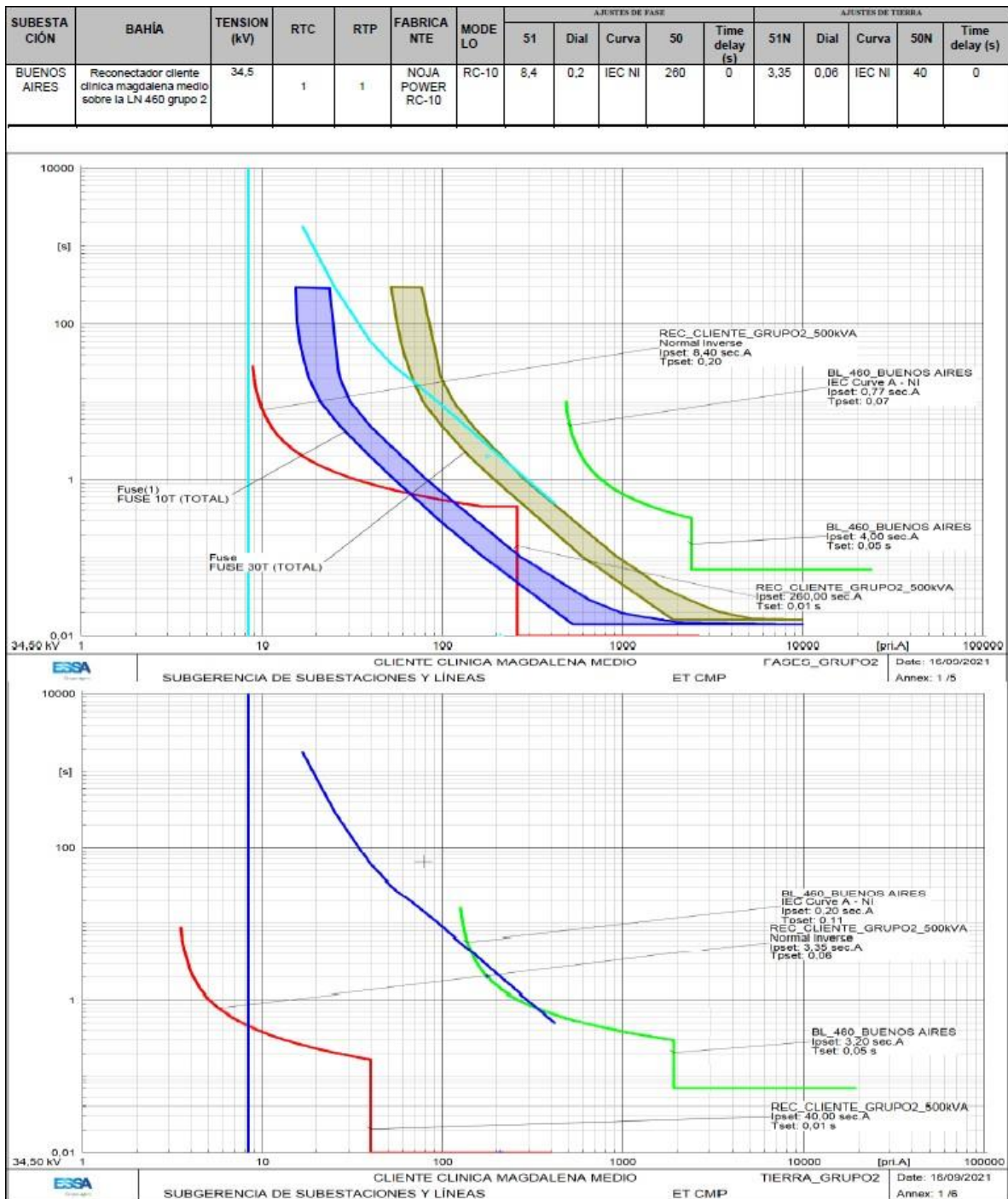
Ajustes y graficas de coordinación - Capacidad instalada 1 MVA.



Nota. Tomado de: ESSA.

Figura 39.

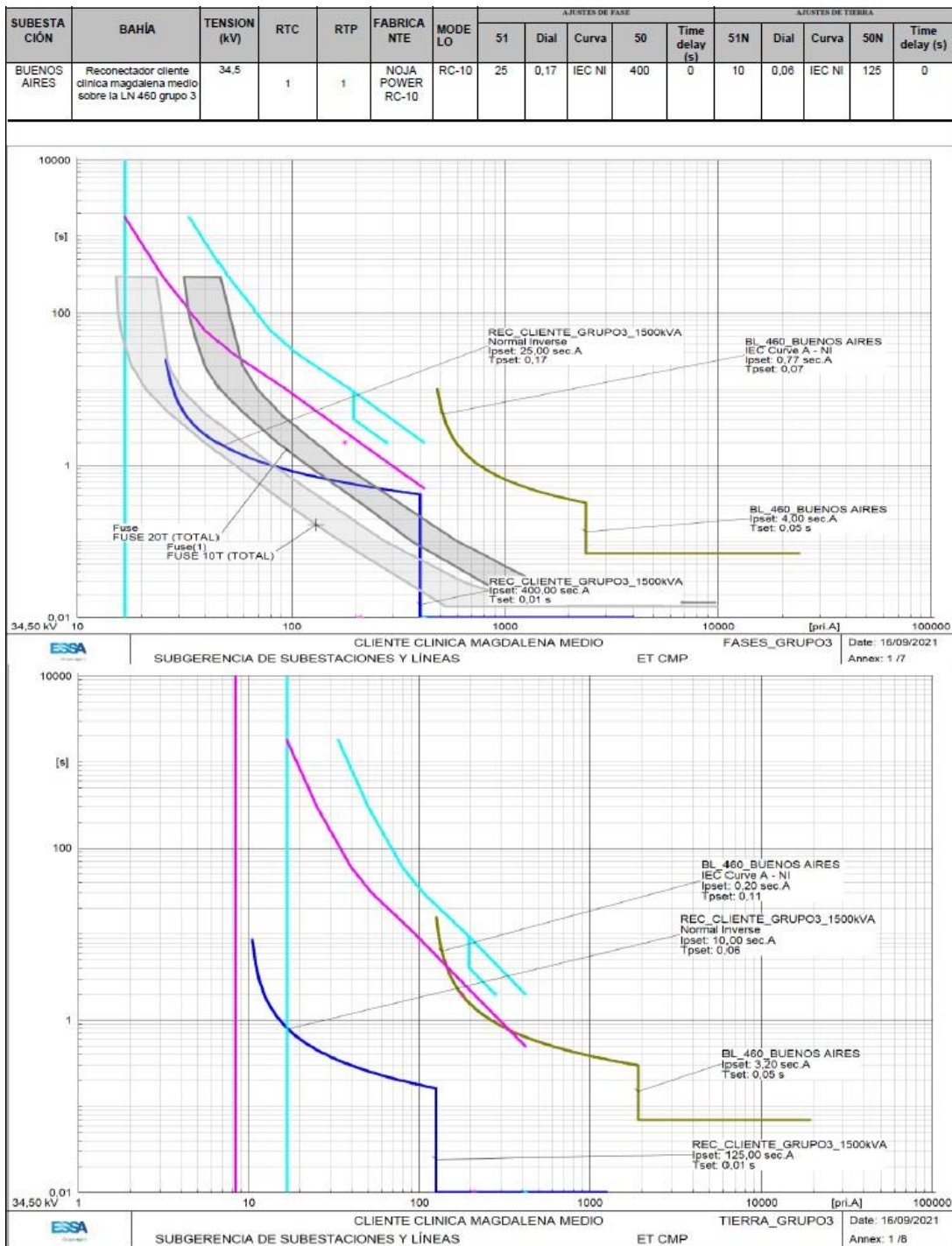
Ajustes y graficas de coordinación - Capacidad instalada 0.5 MVA.



Nota. Tomado de: ESSA.

Figura 40.

Ajustes y gráficas de coordinación - Capacidad instalada 1.5 MVA.



Nota. Tomado de: ESSA.

- Análisis de Coordinación de Protecciones

Para el análisis de coordinación de protecciones se tuvo en cuenta la información suministrados por el cliente (unifilar, datos de placa, condiciones de operación) y las corrientes de cortocircuito más críticas presentadas en el punto de instalación del equipo; lo anterior con el fin de asegurar una correcta coordinación con los equipos de protección instalados aguas arriba y aguas abajo del reconectador.

Como se puede observar en las gráficas de coordinación, con los ajustes seleccionados se busca una operación selectiva del reconectador con los fusibles de cada transformador por el lado de AT (500kVA y 1000kVA), sin embargo, no se puede lograr total coordinación con los fusibles en algunos tramos de fallas: [0- 50.3] ohm con el fusible de 20 A y de [0-80] ohm con el fusible de 10 A, es decir , para una falla en media tensión que involucre dichos equipos en estos rangos de operación pueden generarse disparos, ya sean simultáneos o la apertura de uno de los dos.

Para las fallas en el lado de BT de cada transformador con su respectivo fusible y reconectador del lado del AT se garantiza coordinación. El diagrama unifilar de toda la red se presentará en el anexo E.

- Recomendación.

Se recomienda eliminar las cajas cortacircuitos de 30 A ubicados a la entrada y salida del reconectador ya que pueden llegar a operar simultáneamente con el reconectador lo cual estaría subutilizando el equipo de reconexión automática. El by pass es viable siempre y cuando sea utilizado para emergencias (daño del reconectador) o mantenimientos temporales del reconectador.

4.2.6 Construcción de la subestación.

La construcción de la subestación se realizó en el primer piso de la torre C, debido a los criterios de evaluación en los factores ponderados de ubicación, accesibilidad por parte del operador de red y puntos más cercanos a la red eléctrica.

Figura 41.

Ubicación de la Construcción de la Subestación Eléctrica.

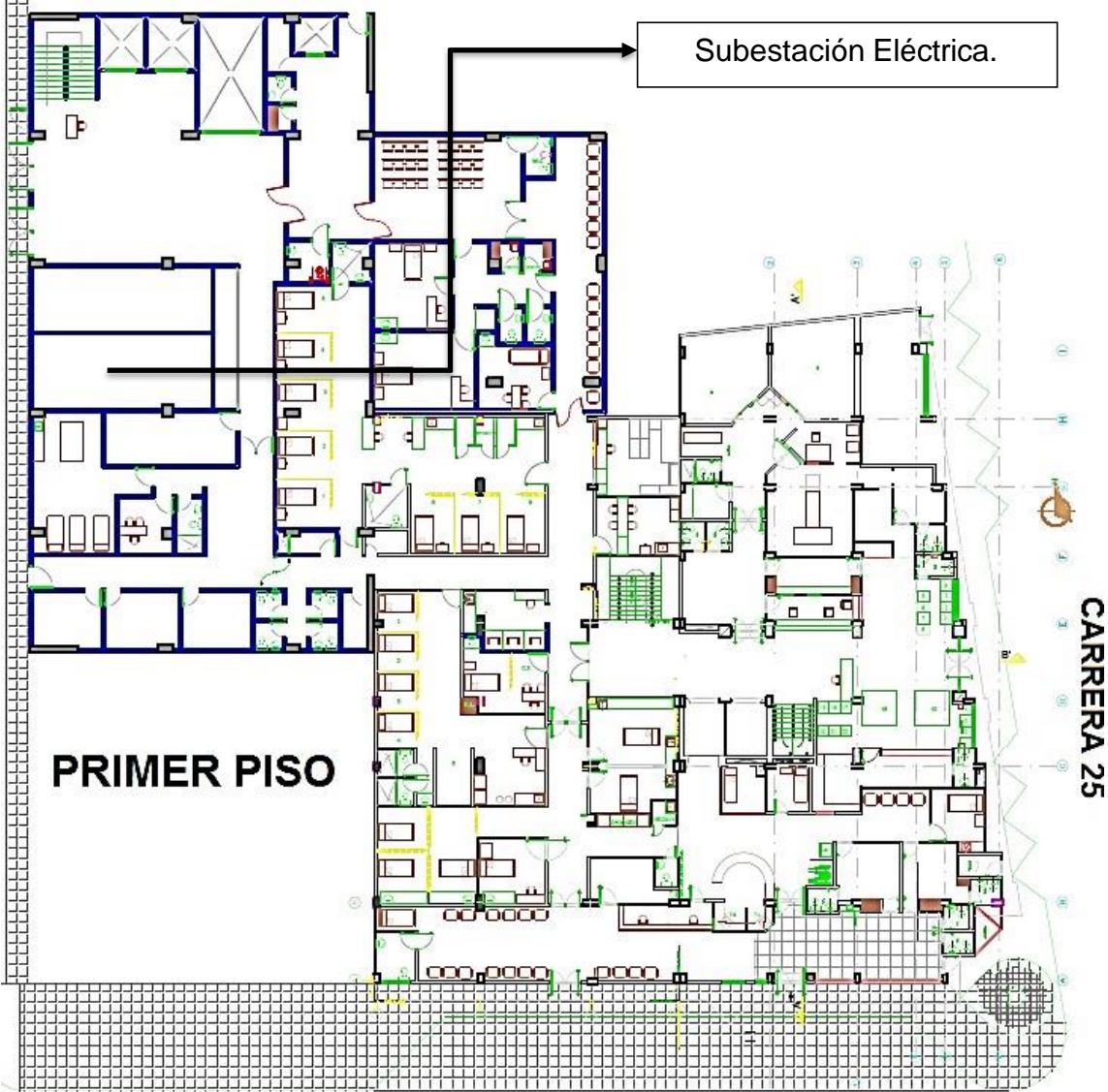


Figura 42.

Construcción de la Subestación Eléctrica.



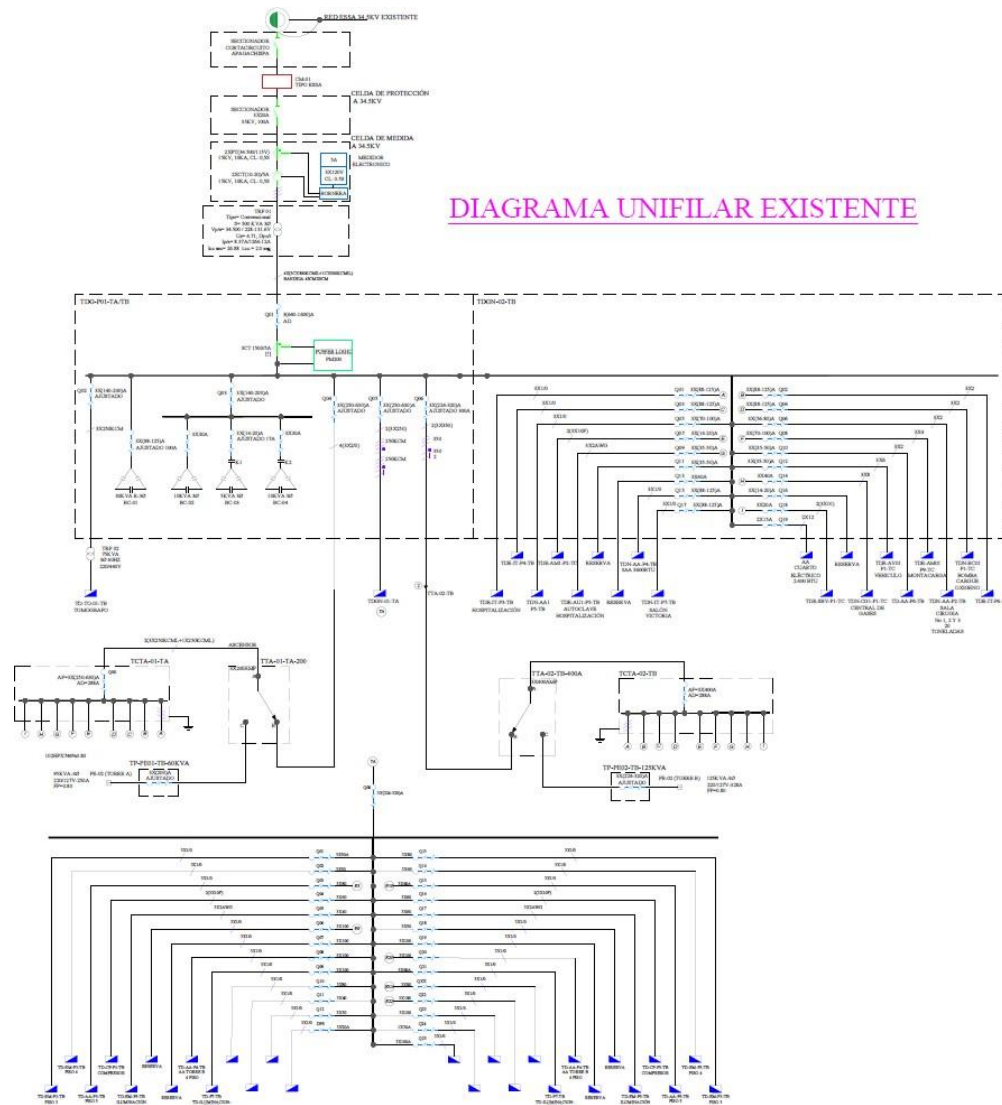
La subestación eléctrica se realizó de acuerdo al proyecto emitido al operador de red ESSA para la aprobación del reconector, el cual se presentará en el anexo F del proyecto.

4.3 Deficiencias más comunes en el sistema eléctrico de las instalaciones hospitalarias del entorno nacional

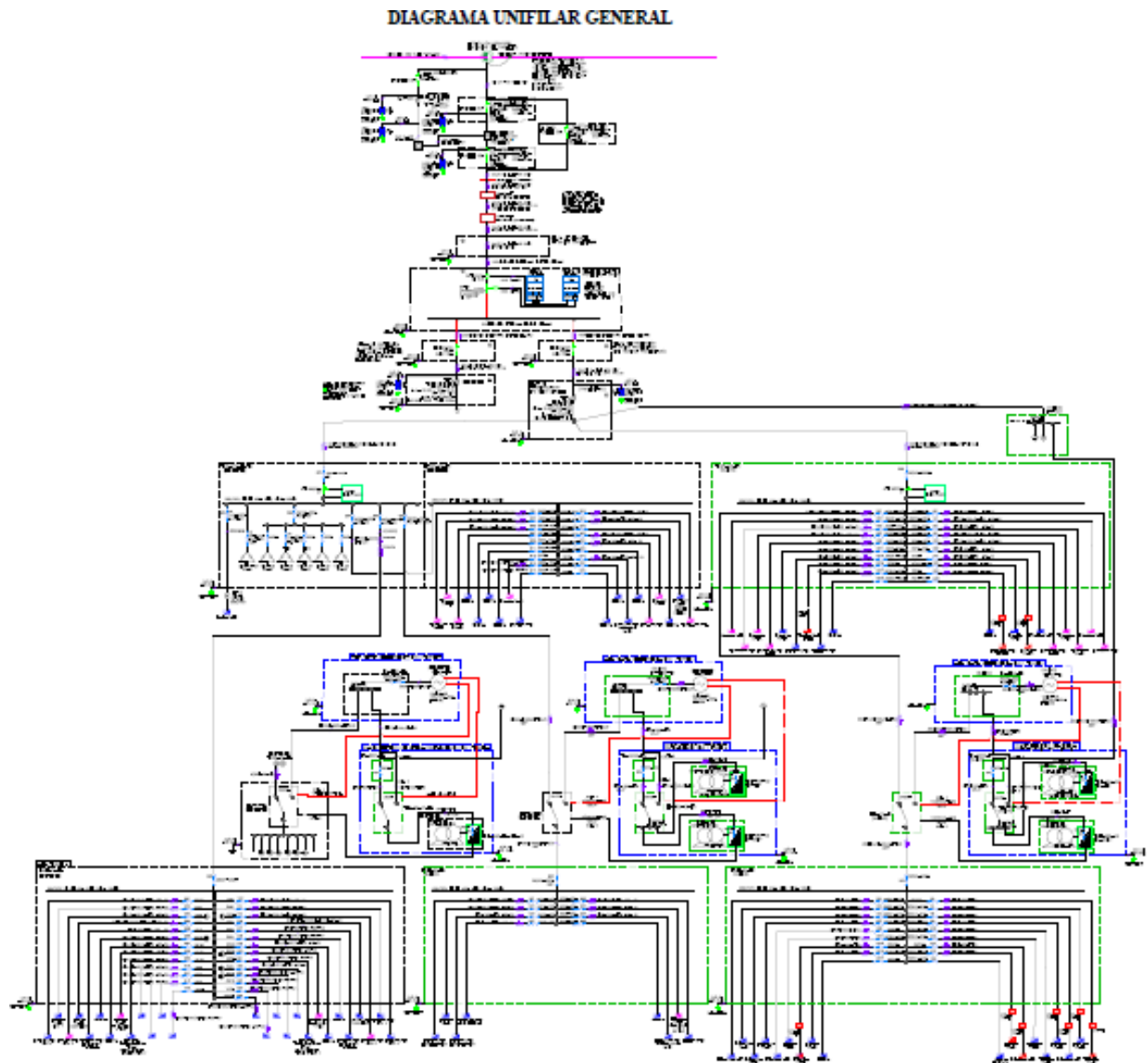
Las deficiencias más comunes se pueden ilustrar desde el Diagrama Unifilar, se hace un paralelismo de lo que se entregó y el desarrollo del proyecto como resultado final.

Figura 43.

Diagrama Unifilar Original.



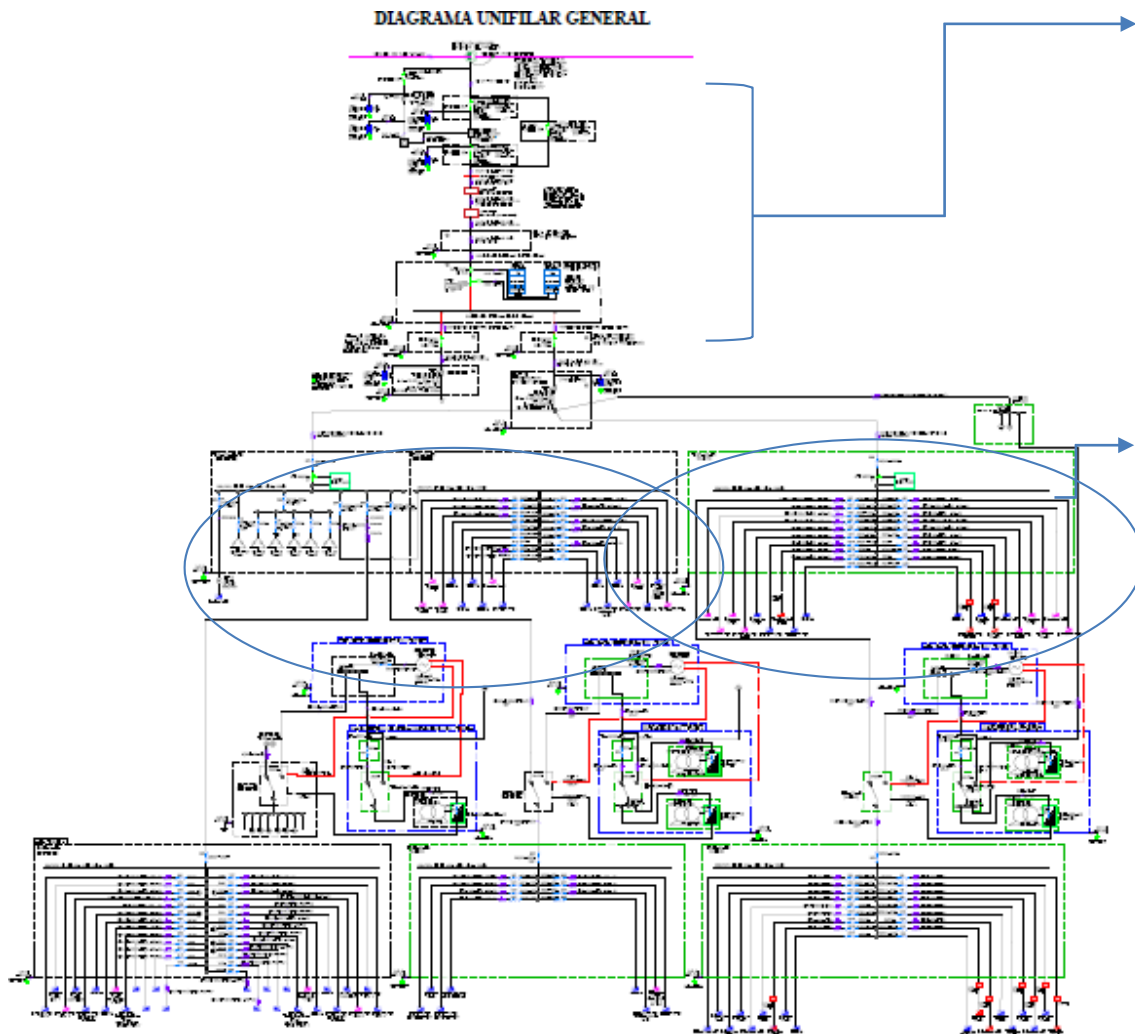
Partiendo del Diagrama Unifilar anterior, se trató de conciliar toda la información necesaria, pero por el grado de desorden fue necesario estructurar uno nuevo que permitiera tanto la integración de la torre C, como la identificación de las cometidas existentes de las torres A y B como se presenta a continuación:

Figura 44.*Diagrama Unifilar Final.*

Gracias al contraste de la información y el trabajo realizado se pudo evidenciar las falencias más comunes de la clínica magdalena y con estas mencionar las deficiencias que se pueden presentar en los centros asistenciales de salud, Hospitales, Unidades Clínicas, Etc., en todo el territorio Nacional y se resumirá de grosso modo en el diagrama siguiente ejemplificando el Diagrama Unifilar Final.

Figura 45.

Diagrama de Falencias más comunes en los centros asistenciales.



Primero: Sistema de Celdas.

La mayoría de los centros asistenciales en el país no cuentan con un sistema de tres celdas las cuales ayudan a brindar una protección en el suministro de energía y el reconectar.

Segundo: Sistema de Respaldo.

La mayoría de los centros asistenciales no cuentan con un sistema de respaldo que cubra de manera eficiente la demanda energética mayor a un 70%.

Tercero: Identificación de cometidas. La mayoría de los centros asistenciales por su grado de vejez posee un desorden en sus planos, lo cual hace muy difícil tener planes de acción en caso de emergencia

Todas estas deficiencias trascienden por diferentes fuentes y factores que contribuyen a una mala prestación de servicio de los centros asistenciales de salud, tales como:

Longevidad del instalación: los más importantes hospitales, centros médicos, unidades clínicas y demás en Colombia, ya llevan una trayectoria de funcionamiento en el país, sobre estos ya se han realizado un sinnúmero de reformas y proyectos de renovación y, debido al avance tecnológico pasaron de una era contemporánea a una era moderna, es decir, se tuvo que partir de cero obviando la información existente para proseguir con dichas reformas, por ende, las cometidas son antiguas, carentes de información y sobre todo distinción de las mismas.

La capacidad instalada: para cubrir la demanda: algunos funcionan en el tope de su capacidad instalada, no se tiene un control de las proyecciones para cubrir ampliaciones, debido a la mala regulación de los gestores encargados de estos centros asistenciales, lo cual repercute significativamente en el momento de iniciar una obra de ampliación por la demanda que cada vez es más necesaria, llevando así a reformas que se pudieron haber evitado, sobre costos, y limitación de equipos adoptados a la red.

Normativa y legislaciones colombianas: en el marco legal de los centros asistenciales de salud, se deben realizar reformas que permitan una integración de las diferentes normas, tanto nacionales como internacionales para lograr una convergencia; tanto de los requisitos fundamentales como de los procedimientos en las instalaciones eléctricas hospitalarias. En el momento de aplicar las normas RETIE se es necesario acudir a las normas NTC 2050 del 25 de noviembre de 1998 y particularmente su sección 517, igualmente la norma IEC 60364-7-710, y esta a su vez

a las normas NFPA, todo en cuanto en un solo reglamento no hay recopilación de las mismas de manera sistematizadas.

5. Conclusiones

Se hizo un mapeo completo del complejo de la Unidad Clínica La Magdalena (UCM), de las torres existentes y la torre nueva construida, gracias a los informes entregados; se pudo completar la información necesaria para la elaboración de la simulación en Autocad y de esta manera tener una idea clara de las áreas y el dimensionamiento de las mismas, la identificación de los procesos y sumado a ello la identificación de las acometidas, los equipos que se creen pertinentes con la finalidad de establecer la carga total que soportara el transformador, el estudio del suministro de energía por parte del operador de red ESSA y las implicaciones que esto conlleva, para proceder con el diseño de la red eléctrica y sus protecciones.

Se realizó el diseño de toda la red eléctrica de la torre C y sus protecciones, así como el estudio de coordinación de alta, media y baja tensión, para asegurar los protocolos de funcionamiento en caso de fallas, siguiendo la metodología planteada, en el establecimiento de la carga a soportar por el transformador, los cálculos de los tableros de las acometidas en toda la extensa red, los sistemas de puesta a tierra y de protección atmosférica y consecuentemente las respuestas de la coordinación de protecciones.

Las deficiencias más comunes pueden partir primordialmente por la mala gestión de proyectos a la hora de realizar las instalaciones eléctricas, atribuidas al cambio generacional de las

tecnologías de instalación y la mala gestión documental de las instalaciones hospitalarias, se pudo constatar que con una buena gestión como realizo en el presente proyecto, el objetivo practico de la instalación es evidente junto con su gestión documental, asumiendo a su vez proyecciones de ampliación de la capacidad sobre la demanda que se requiera en la Unidad Clínica.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, J. A. (2007) *Estudio de diseño de instalaciones eléctricas del hospital San Rafael de Leticia mediante la aplicación del RETIE. Trabajo de grado ingeniero eléctrico.* Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería.
- Casazza, J., & Delea, F. (2003) *Understanding Electric Power Systems.* New Jersey, EU: IEEE Press.
- Davila Posada, H. & Villa Castaño. M.. (2008) *Manual de código eléctrico colombiano (NTC 2050) Métodos y materiales de las instalaciones secciones (300-324).* Trabajo de grado ingeniería eléctrica. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología.
- Fuentes Estrada, C. (2012). *La implementación de la norma IEC 61850 en CFE: Trazando la ruta de la innovación en la automatización de subestaciones.* México, D.F.
- González, C. (2017) *Guía Técnica Para El Diseño De Instalaciones Eléctricas En Instituciones De Asistencia Médica En Colombia.* Trabajo de grado ingeniero eléctrico. Barranquilla.: Universidad De La Costa. Facultad De Ingeniería. 162 p.
- Gonzalez, G. (2011) *Selección y Coordinación de Protecciones para Baja Tensión.* Trabajo de grado ingeniero eléctrico. Guatemala.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería..
- Grupo de investigación orca. Semillero de investigación Barión. (2020) *Caracterización De Subestaciones Eléctricas.* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. 105 p.

ICONTEC. (2002) *Norma técnica colombiana NTC2050, código eléctrico colombiano*. Bogotá, 1998. 847 p. 4

IEC. (2002) *Requerimientos para instalaciones especiales o locaciones médicas*. IEC 60364-7-710 Suiza. IEC.,. 633 p.

IEC. (2002) *Requerimientos para instalaciones especiales o locaciones médicas*. IEC 60364-7-710 Suiza. IEC.,. 633 p.

Leon, M. Palau, C y Sánchez, V. (2015) *Diseño y Construcción de un Banco de Protecciones de Sobrecorriente, para Alimentadores de Media Tensión*. Trabajo de grado ingeniero eléctrico. Guayaquil. Ecuador.: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad De Ingeniería. 252 p.

NORMA IEC 61850 EN CFE: Trazando la Ruta de la Innovación en la Automatización de Subestaciones.

Pansini, A. (2005). *Guide To Electrical Power Distribution Systems*. 3 ed.: The Fairmont Press. EU.

Rada, J.. Martinez, A. (2016) *Metodología para el desarrollo de cálculos en diseños de redes eléctricas hospitalarias, Informe de pasantía*. Bogota D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. 51 p.

Sinha S. (2016) *Electrónica Unicrom* <http://unicrom.com/ups-off-lineups-on-line-configuraciones-ups/>.