

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**



**PROYECTO EJECUTIVO DE DIAGNÓSTICO Y MEJORA DE LAS  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO DE SALUD DE LA  
CIUDAD DE SAN JOSÉ DE LOS ARROYOS DEL DEPARTAMENTO  
DE CAAGUAZÚ**

**NÉSTOR FABIÁN CÁCERES OJEDA**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**PROYECTO EJECUTIVO DE DIAGNÓSTICO Y MEJORA DE LAS  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO DE SALUD DE LA  
CIUDAD DE SAN JOSÉ DE LOS ARROYOS DEL DEPARTAMENTO  
DE CAAGUAZÚ**

**Elaborado por**

**NÉSTOR FABIÁN CÁCERES OJEDA**

Tutor

**Ing. Alfredo Moreno Sosa**

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y  
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,  
como requisito para la obtención del título de Ingeniero en  
Electricidad

Coronel Oviedo - Paraguay  
Año 2022

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

Acta:

Fecha:

Calificación:

**Dedicado a:**

*Dedico este trabajo a Dios, por guiarme y darme fortaleza en todos los aspectos de mi vida. A mi compañera de vida por su amor y apoyo incondicional en todos mis proyectos. A mis padres por formarme y por dirigirme para culminar mis estudios profesionales.*

### **Agradecimientos:**

*Agradecer el apoyo y esfuerzo ofrecido por mi familia, en especial a mis padres y hermanos, que me han dado ánimos en cada momento. También agradezco a mis amigos y compañeros de la universidad.*

# PROYECTO EJECUTIVO DE DIAGNÓSTICO Y MEJORA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO DE SALUD DE LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE LOS ARROYOS DEL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ

NÉSTOR FABIÁN CÁCERES OJEDA

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un proyecto de mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la Ciudad de San José de los arroyos según procedimientos de instalaciones eléctricas basado en la norma RETIE y la norma paraguaya de baja tensión.

Se recabó datos de la condición actual de las instalaciones eléctricas del nosocomio para luego diseñar una instalación en el software AutoCAD, también se realizó un estudio de coordinación de protecciones y selectividad con el software Ecodial, el diseño de puesta a tierra para esquemas IT y TN-S utilizando el método de elementos finitos y el cálculo de luminotecnica utilizando el software DIALux.

Finalmente, se realizó un presupuesto económico del presente proyecto ejecutivo. Las soluciones presentadas en este trabajo mejorarán la seguridad ante riesgos eléctricos.

**Palabras claves:** Hospital, Instalaciones eléctricas, Salud y seguridad

# **EXECUTIVE PROJECT FOR THE DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF THE ELECTRICAL FACILITIES OF THE HEALTH CENTER OF THE CITY OF SAN JOSÉ DE LOS ARROYOS IN THE DEPARTMENT OF CAAGUAZÚ**

**NÉSTOR FABIÁN CÁCERES OJEDA**

## **ABSTRACT**

In the present work, a project was carried out to improve the electrical installations of the Health Center of the City of San José de los Arroyos according to electrical installation procedures based on the RETIE standard and the Paraguayan low voltage standard.

Data was collected on the current condition of the hospital's electrical installations in order to later design an installation in AutoCAD software, a study of coordination of protections and selectivity was also carried out with the Ecodial software, the commissioning design ground for IT and TN-S schemes using the finite element method and lighting calculation using DIALux software.

Finally, an economic budget of the present executive project was made. The solutions presented in this work will improve safety against electrical risks.

**Key Words:** Hospital, Health and safety, Electrical installations.

## CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN</b>	1
<i>Dedicado a:</i>	2
<i>Agradecimientos:</i>	3
<b>CONTENIDO</b>	6
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	10
<b>LISTA DE TABLAS</b>	11
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	12
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	3
<b>CAPÍTULO 1</b>	3
<b>1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b>	3
<b>1.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b>	3
<b>1.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	4
<b>1.3.1. Objetivos de la instalación</b>	4
<b>1.3.1.1. Seguridad Contra Accidente e Incendio</b>	4
<b>1.3.1.2. Eficiencia y Economía</b>	4
<b>1.3.1.3. Mantenimiento</b>	5
<b>CAPITULO 2</b>	6
<b>2.1. EcoStruxure Power Design – Ecodial</b>	6
<b>2.1.1. Características del software Ecodial</b>	6
<b>2.1.2. Dispositivos de protección contra sobretensiones</b>	6
<b>2.1.3. Implantación de las protecciones diferenciales de corriente residual</b>	7
<b>2.1.4. Selectividad de las protecciones</b>	7
<b>2.1.4.1. Principio de verificación</b>	7
<b>2.2. DIALux</b>	8
<b>2.2.1. Características DIALux</b>	8
<b>2.3. ETAP</b>	9
<b>2.3.1. Sistemas de Malla de Tierras</b>	9
<b>CAPÍTULO 3</b>	10
<b>3.1. Requisitos para lugares de atención médica.</b>	10
<b>3.2. Servicios de seguridad</b>	13
<b>3.2.1. División de la instalación</b>	13
<b>3.2.2. Mantenimiento</b>	14

<b>3.3. Protección contra choques eléctricos</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1. Principio fundamental</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2. Regla general</b>	<b>15</b>
<b>3.3.3. Protección adicional</b>	<b>15</b>
<b>3.4.1. Equipotencialización y seccionamiento automático de la alimentación</b>	<b>16</b>
<b>3.4.1.1. Equipotencialización</b>	<b>16</b>
<b>3.5.1. Protección contra sobretensiones transitorias</b>	<b>17</b>
<b>3.5.1.1. Protección contra sobretensiones transitorias en líneas de energía</b>	<b>17</b>
<b>3.5.1.2. Protección en líneas de energía</b>	<b>18</b>
<b>3.5.1.2.1. Uso y localización de los DPS</b>	<b>18</b>
<b>3.5.1.2.2. Instalación de los DPS en el punto de entrada o en el tablero de distribución principal</b>	<b>18</b>
<b>3.6. Fuentes de alimentación.</b>	<b>19</b>
<b>3.7. Diseño de Iluminación.</b>	<b>20</b>
<b>3.7.1. Instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación.</b>	<b>21</b>
<b>3.8. Desarrollo de lista de chequeo para instalaciones de asistencia médica.</b>	<b>23</b>
<b>III. RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>25</b>
<b>CAPITULO 4</b>	<b>25</b>
<b>4.1. Descripción del trabajo</b>	<b>25</b>
<b>4.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Justificación</b>	<b>27</b>
<b>4.3. Finalidad del proyecto</b>	<b>28</b>
<b>4.4. Metas</b>	<b>28</b>
<b>4.5. Objetivos</b>	<b>28</b>
<b>4.5.1. Objetivos generales</b>	<b>28</b>
<b>4.5.2. Objetivos específicos</b>	<b>28</b>
<b>4.6. Beneficiarios</b>	<b>29</b>
<b>4.7. Localización física y cobertura espacial</b>	<b>29</b>
<b>4.8. Especificaciones de actividades y tareas realizadas</b>	<b>30</b>
<b>4.9. Recursos necesarios</b>	<b>30</b>
<b>4.9.1. Recursos humanos</b>	<b>30</b>
<b>4.9.2. Recursos materiales</b>	<b>31</b>
<b>4.10. Factibilidad técnica</b>	<b>31</b>
<b>4.11. Factibilidad económica</b>	<b>32</b>

4.11.1.	Beneficios	32
4.11.2.	Costos	32
4.11.2.1.	Costo de implementación del proyecto de mejora de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud	32
IV.	INGENIERÍA DE DISEÑO	33
	CAPÍTULO 5	33
5.1.	Memoria descriptiva arquitectónica	33
5.2.	Memoria de cálculo del sistema de iluminación	34
5.2.1.	Local 1: Quirófano	34
5.2.2.	Local 2: Internado	36
5.2.3.	Local 3: Consultorio	37
5.2.4.	Local 4: Laboratorio 1	39
5.2.5.	Local 5: Laboratorio 2	40
5.2.6.	Local 6: Laboratorio de Rayos X	42
5.2.7.	Local 7: Sala de Parto	43
5.2.8.	Local 8: Primeros Auxilios	44
5.3.	Dimensionamiento del transformador	46
5.4.	Dimensionamiento del generador	46
5.5.	Dimensionamiento de la alimentación general	47
5.6.	Dimensionamiento de la protección general	48
5.7.	Dimensionamiento de alimentación de tableros	48
5.7.1.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO COCINA	48
5.7.2.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO INTERNADOS	49
5.7.3.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO INTERNADOS CON TRANSFERENCIA	50
5.7.4.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO RAYOS X	51
5.7.5.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO QUIRÓFANO	52
5.7.6.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO PARTO	52
5.7.7.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO CONSULTORIOS	53
5.7.8.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO IT QUIRÓFANO	54
5.7.9.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO CAPILLA	55
5.7.10.	Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO NUEVO PABELLÓN	56

<b>5.8. Cálculo de puesta a tierra para esquema IT</b>	<b>57</b>
<b>5.9. Cálculo de puesta a tierra para esquema TN-S</b>	<b>59</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>63</b>
<b>VII. APÉNDICE</b>	<b>64</b>
<b>Apéndice A: Resumen ejecutivo</b>	<b>64</b>
<b>Apéndice A.1: Determinación de costos</b>	<b>64</b>
<b>Apéndice B: Ingeniería de diseño</b>	<b>68</b>
<b>Apéndice B.1: Coordinación de protecciones</b>	<b>68</b>
<b>Apéndice B.2: Dimensionamiento de limitador de sobretensión (DPS)</b>	<b>82</b>
<b>Apéndice B.4: Corrección de factor de potencia</b>	<b>85</b>
<b>Apéndice B.4: Dimensionamiento por circuitos</b>	<b>86</b>
<b>Apéndice B.5: Cálculo de puesta a tierra</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO</b>	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquemas de conexión de los DPS en el punto de entrada de la línea de energía o en el tablero de distribución principal de la edificación [4]. .....	19
Figura 2. Ubicación del centro de salud de San José de los Arroyos .....	29
Figura 3. Ubicación de luminarias e isocurvas para quirófano.....	35
Figura 4. Ubicación de luminarias e isocurvas para internado.....	37
Figura 5. Ubicación de luminarias e isocurvas para consultorio .....	38
Figura 6. Ubicación de luminarias e isocurvas para Laboratorio 1 .....	40
Figura 7. Ubicación de luminarias e isocurvas para Laboratorio 2 .....	41
Figura 8. Ubicación de luminarias e isocurvas para Laboratorio de Rayos X.....	43
Figura 9. Ubicación de luminarias e isocurvas para sala de parto.....	44
Figura 10. Ubicación de luminarias e isocurvas para primeros auxilios.....	46
Figura 11. Malla de puesta a tierra para esquema IT .....	58
Figura 12. Malla de puesta a tierra para esquema TN-S.....	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades según RETIE [3].....	22
Tabla 2. Lista de chequeo para instalación eléctrica hospitalaria.....	23
Tabla 3. Costo de materiales.....	32
Tabla 4. Resumen del costo total del proyecto.....	33
Tabla 5. Tableros con sistemas de transferencia .....	47
Tabla 6. Medición de Resistividad del Suelo Centro de Salud .....	57
Tabla 7. Planilla de cómputo métrico y presupuesto .....	64
Tabla 8. Tablas de dimensionamiento por circuitos.....	86
Tabla 9. Materiales de la malla para esquema IT.....	90
Tabla 10. Datos de sistema esquema IT .....	90
Tabla 11. Datos de conductores IT.....	90
Tabla 12. Datos de jabalinas IT .....	91
Tabla 13. Materiales de la malla para esquema TN-S.....	92
Tabla 14. Datos de sistema esquema TN-S.....	92
Tabla 15. Datos de conductores TN-S.....	93
Tabla 16. Datos de Jabalinas TN-S.....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS

**kV:** Kilo Volts, unidad de medida de potencia eléctrica.

**kVA:** Kilo Volts Amper, unidad de medida de potencia eléctrica.

**kVAr:** Kilo Volts Amper reactivo, unidad de medida de potencia eléctrica reactiva.

**f.p.:** Factor de potencia.

**Ic:** Intensidad en el conductor.

**e%:** Caída de tensión en porcentaje.

**XLPE:** Polietileno Reticulado.

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.



## I. INTRODUCCIÓN

El centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos es una institución que atiende a una gran cantidad de personas anualmente, debido a esa situación es imprescindible contar con energía eléctrica constante.

El nosocomio es proveído de energía eléctrica en baja tensión por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). En la actualidad el centro asistencial no cuenta con un transformador exclusivo, como tampoco cuenta con energía alternativa de emergencia lo cual contraviene la reglamentación de baja tensión de la ANDE. Por otro lado, según relevamiento efectuado se pudo corroborar que la instalación eléctrica está deteriorada, mal distribuida, no cuenta con plano eléctrico ni con las protecciones adecuadas. Esta situación pone en riesgo medicamentos con la que cuenta la institución y también pone en riesgo la vida de las personas que acuden a dicho nosocomio.

Según se pudo comprobar la actual reglamentación en baja tensión de la ANDE no contemplaría todos los requerimientos que exigen las normativas técnicas vigentes en lo relativo a instalaciones hospitalarias, como por ejemplo la coordinación y protección de los equipos médicos, sistema de iluminación de emergencia, extractores de gases en los laboratorios, sistemas de puesta a tierra para los distintos sectores de un hospital.

Con este trabajo se pretende primeramente recopilar en un capítulo los procedimientos para la instalación eléctrica de un nosocomio considerando reglamentos y normas que rigen la materia de tal modo a contemplar todos los aspectos técnicos necesarios para una instalación segura y eficiente. Luego, a partir de dicha recopilación de procedimientos se

elaborará el proyecto ejecutivo para el mejoramiento de la instalación del Centro de Salud.

Por la criticidad e importancia del servicio prestado por un hospital, es fundamental que cuente con una instalación eléctrica segura, eficiente y de calidad. Este proyecto beneficiará a los funcionarios y a las personas que acuden a dicho organismo como también al Ministerio de Salud debido a que lograra una mejora del servicio a la población.

El tipo de investigación que se llevará a cabo en este proyecto será del tipo investigación aplicada, a su vez cuantitativa por el tipo de datos a ser utilizados y cualitativa por que se basa en la obtención de datos no cuantificables. Como técnicas de recolección de datos se recurrirán a la observación, encuesta y análisis del estado en que se encuentra la instalación, y como instrumentos se utilizarán planillas electrónicas para el procesamiento de datos, instrumentos de medición, etc.

La metodología adoptada para la realización del trabajo consta de varias fases que van desde la revisión de normativas y reglamentaciones, comparación de normativas y reglamentaciones, diagnóstico de la instalación del centro salud, elaboración del proyecto ejecutivo de la instalación eléctrica acorde a los procedimientos de instalaciones hospitalarias y por último la evaluación económica del proyecto ejecutivo de la instalación eléctrica.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### CAPÍTULO 1

#### CONCEPTOS GENERALES

##### 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el año 2007 Jesús Andrés Acosta en su trabajo “**Estudio de Diseño de la instalación eléctrica del hospital san Rafael de Leticia mediante la Aplicación del RETIE**” tuvo como objetivo diseñar una instalación eléctrica del hospital san Rafael de Leticia y como resultado se obtuvo [1]:

- La necesidad de una instalación eléctrica más segura para las personas y los equipos, lo cual minimiza los riesgos de origen eléctrico que puede causar algún tipo de electrocución.
- Cubrir las necesidades médicas en cada área especializada con la instalación adecuada, generando más confianza al personal médico y los pacientes.
- Un servicio ininterrumpido de energía a todas las áreas en las cuales una eventual suspensión del servicio resultaría de alto riesgo para la vida de los pacientes.

##### 1.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Tensión:** es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos [2].

**Energía alternativa:** energía provista por otra fuente (generalmente un generador eléctrico a combustión).

### **1.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Se entiende por instalación eléctrica al conjunto integrado por estructuras, canalizaciones, conductores, dispositivos y accesorios que permiten el suministro de energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta el centro de consumo, para alimentar a los aparatos y máquinas que la demanden para su correcto funcionamiento [3].

Para que la instalación eléctrica sea considerada como eficiente y segura se requiere que los materiales empleados en ella estén aprobados por las autoridades competentes, que esté diseñada para las tensiones nominales de trabajo, que los conductores y su aislamiento cumplan con lo especificado, que se considere el uso que se dará a la instalación y el tipo de ambiente en que se encontrará [3].

#### **1.3.1. Objetivos de la instalación**

Se puede decir que el propósito principal de la instalación eléctrica es cumplir con los requerimientos de su diseño, con el objetivo de brindar un servicio eficiente que satisfaga las necesidades de los equipos operados [3].

Para dar apoyo a lo anteriormente citado tendrán que conjuntarse los factores siguientes:

##### **1.3.1.1. Seguridad Contra Accidente e Incendio**

Dado que la presencia de energía eléctrica representa un riesgo para las personas, se debe brindar la mayor seguridad posible para proteger su integridad y la integridad de los bienes materiales [3].

##### **1.3.1.2. Eficiencia y Economía**

Es necesario ubicar adecuadamente cada parte integrante de la instalación eléctrica, sin perder de vista la funcionabilidad y la estética [3].

### **1.3.1.3. Mantenimiento**

Con el fin de que una instalación eléctrica aproveche al máximo su vida útil, resulta indispensable considerar una labor de mantenimiento preventivo adecuada [3].

## CAPITULO 2

### SOFTWARE DE CÁLCULO Y DISEÑO

#### 2.1. EcoStruxure Power Design – Ecodial

Schneider Electric dispone de un software llamado Ecodial que permite realizar cálculos para instalaciones eléctricas de baja tensión.

Es un software que lo ayuda a cumplir con las especificaciones de rendimiento mientras diseña sus proyectos de distribución eléctrica [4].

##### 2.1.1. Características del software Ecodial

El software Ecodial permite:

- El diseño de una red eléctrica de baja tensión.
- Realizar la selección de todos los parámetros de una red de baja tensión.
- Dimensionar la sección de los conductores de una red eléctrica.
- Dimensionar un banco de capacitores para una red eléctrica.
- Dimensionar un sistema UPS.
- Dimensionar un grupo electrogeno de emergencia.
- Exportar el proyecto a otros formatos (Autocad).

##### 2.1.2. Dispositivos de protección contra sobretensiones

El software EcoStruxure Power Design - Ecodial recomendará la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) en los tableros de distribución según la categoría de evaluación de riesgos establecida por el proyectista de la red eléctrica. Además, si hay equipos sensibles instalados, el programa recomendará la instalación de DPS adicionales en los tableros de distribución a los que se vayan a conectar estos equipos [4].

### 2.1.3. Implantación de las protecciones diferenciales de corriente residual

Las protecciones diferenciales pueden:

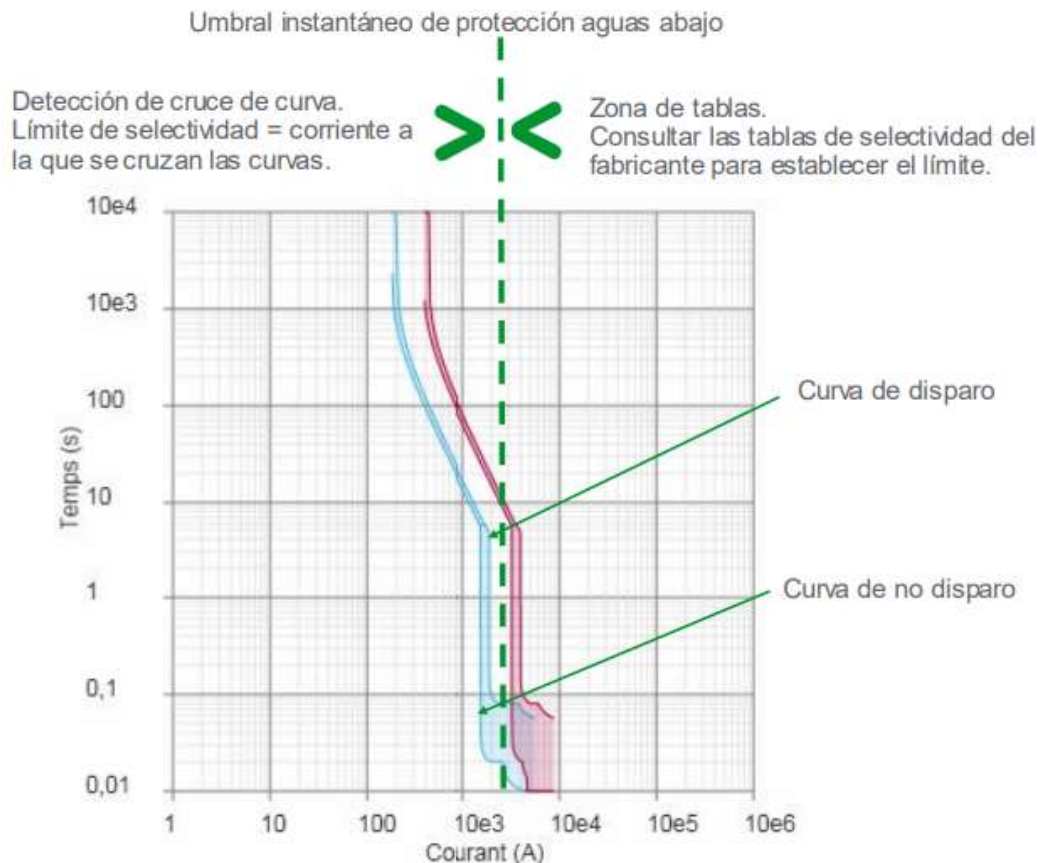
Integrarse en el aparato de corte, aplicarse mediante un relé diferencial separado asociado a un toroidal separado y a un disparador voltimétrico (MN o MX).

EcoStruxure Power Design - Ecodial permite elegir entre estas dos posibilidades.

En ausencia de precisión (valor indiferente), las soluciones propuestas serán a la vez soluciones integradas y separadas compatibles con el aparato de corte [4].

### 2.1.4. Selectividad de las protecciones

#### 2.1.4.1. Principio de verificación



#### 2.1.4.2. Selectividad parcial – Selectividad total

Si la curva de disparo de la protección aguas abajo cruza la curva de no disparo de la protección aguas arriba, la selectividad se denomina parcial y la corriente a la que se cruzan las curvas se denomina límite de selectividad.

Si el límite de selectividad es inferior a las corrientes de cortocircuito que pueden producirse en el circuito protegido por la protección aguas abajo, la selectividad se denomina parcial [4].

Si el límite de selectividad es superior a la corriente de cortocircuito más elevada que puede producirse en el circuito protegido por la protección aguas abajo, la selectividad se denomina total en el contexto de la instalación [4].

## **2.2. DIALux**

El DIALux es un programa tecnológico que es utilizado en diferentes partes del mundo y consiste en hacer cálculos de iluminación (nos facilita el cálculo) y también nos ayuda a realizar todos los proyectos que tengamos de alumbrado teniendo diferentes métodos que se usan en el momento de calcular la iluminación.

### **2.2.1. Características DIALux**

- Nos ayuda a planificar la iluminación interna como externa de nuestro proyecto como ser un edificio.
- Podemos realizar ajustes en tiempo real y podemos visualizar los resultados del proyecto de manera foto realista.
- Podemos ajustar, modificar y actualizar los datos del fabricante.
- Provee la manera de visualizar, monitorear y evaluar los resultados en AutoCAD.
- Podemos usar fuentes de luz, filtros y cualquier otro tipo de colores que deseemos.

Este programa nos ayudara a calcular la iluminación tanto externa como interna de alguna instalación eléctrica ya sea una casa, oficina, tienda, etc. Nos ayuda a calcular varias iluminaciones como, por ejemplo:

- Luz natural.
- Escenas de lux.
- iluminación de carreteras.
- Iluminación de edificios completos.
- Cálculo de consumo de energía anual.

### **2.3. ETAP**

ETAP es un potente y completo software de simulación de sistemas de potencia. Tiene muchos módulos que ayudan a diseñar, planificar y operar un sistema eléctrico en una variedad de industrias [5].

En respuesta a los comentarios y sugerencias continuos de sus clientes en todo el mundo, Operation Technology Inc. ha innovado aplicaciones para ser rápido y amigable al modelar sistemas eléctricos.

#### **2.3.1. Sistemas de Malla de Tierras**

Los ingenieros pueden diseñar y analizar de forma rápida y precisa la protección del suelo con el módulo de sistemas de rejilla de tierra. Es posible mostrar rápidamente plantillas de diseño propio. Las aplicaciones renovables irregulares a gran escala se pueden analizar rápidamente con computación paralela multinúcleo de alta eficiencia. Los gráficos proporcionan resultados impresionantes [5].

Las Herramientas de análisis de suelos permiten la generación automática de un modelo de suelo de dos capas a partir de los datos de medición del suelo, basado en el método de cuatro puntas de Wenner [5].

El método de Elementos Finitos permite diseñar interactivamente varillas y conductores en un espacio tridimensional y manejar configuraciones irregulares de cualquier forma [5].

## CAPÍTULO 3

# PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS

El objetivo principal de este capítulo es presentar el marco teórico definido para la protección de los pacientes y otras personas que trabajan o visitan los establecimientos de salud para reducir los riesgos eléctricos que pueden causar descargas eléctricas o quemaduras, así como incendios y explosiones [6].

### 3.1. Requisitos para lugares de atención médica.

Los requisitos para tales locales se aplican tanto a los edificios destinados a la atención de la salud de los pacientes como a los destinados a otros fines, pero en los que funcione al menos un área de diagnóstico y atención de la salud, independientemente de si es permanente o ambulatoria. Esto también se aplica a las clínicas dentales, los centros de salud y, en general, aquellos lugares donde los pacientes utilizan equipos médicos electrónicos para procedimientos invasivos [6].

Estas instalaciones de atención médica deben cumplir, además de los requisitos generales de las instalaciones de uso final que les aplique, los siguientes de carácter específico [6]:

- El diseño, la construcción, las pruebas, la operación y el mantenimiento de dicha instalación deben ser realizados por profesionales y se deben seguir las normas para tales instalaciones.
- Se debe instalar un sistema de extracción con suficiente ventilación en los laboratorios, para evacuar los gases, humos, vapores u otros como el óxido de etileno (elemento inflamable y tóxico).
- Se debe asegurar la continuidad del servicio con la coordinación de las protecciones eléctricas. Se deberá garantizar que el poder de corte de los interruptores sea igual a la corriente declarada de corte en servicio de acuerdo con la norma IEC 60947-2.

- Los hospitales, clínicas y centros de salud que cuenten con suministro eléctrico en media tensión, deben disponer de una transferencia automática que se conecte a otra fuente de alimentación.
- En los centros de atención hospitalaria debe instalarse una fuente alterna de suministro de energía eléctrica que entre en operación dentro de los 10 segundos siguientes al corte de energía del sistema normal. Además, debe proveerse un sistema de transferencia automática con interruptor de conmutador de red (by pass) que permita, en caso de falla, la conmutación de la carga eléctrica al sistema normal.
- En las áreas médicas críticas, es decir en quirófanos, unidades de cuidados intensivos, salas de cirugía o de neonatología, unidades de cuidados especiales, unidades de cuidados coronarios, salas de procedimientos intracardiacos, salas de partos, laboratorios de cateterismo cardíaco o laboratorios angiográficos, así como en áreas donde se manejen anestésicos inflamables (áreas peligrosas) o donde el paciente esté conectado a equipos que puedan introducir corrientes de fuga en su cuerpo y en otras áreas críticas donde se estime conveniente, debe proveerse un sistema de potencia aislado o no puesto a tierra (denominado IT), el cual debe conectarse a los circuitos derivados exclusivos del área crítica, que deben ser construidos con conductores eléctricos de muy bajas corrientes de fuga.
- El transformador de aislamiento del sistema de potencia aislado, no debe tener una potencia nominal inferior a 0,5 kVA ni superior a 10 kVA para áreas de cuidados críticos, la tensión en el secundario no debe exceder 250 V, con muy bajas corrientes de fuga (microamperios) de reconocimiento internacional como la UL1047, el transformador debe ser construido con un aislamiento tipo B o H y debe estar en capacidad de suministrar fácilmente potencia para cargas mayores a 150% de su capacidad nominal para abastecer

grandes cargas intermitentes, garantizando que en caso de una falla inicial de línea a tierra se pueda mantener en un valor tan bajo como 5 mA sin interrumpirse el suministro de energía.

- En todas las áreas de cuidado de pacientes, para dar protección contra electrocución, los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos deben estar conectados a un sistema de puesta a tierra redundante, conformado por un conductor de cobre aislado debidamente calculado, instalado junto con los conductores de suministro del circuito derivado (circuito ramal) correspondiente y conectado tanto al terminal de tierra del tomacorriente como al punto de tierra del panel de distribución.
- Los tableros de aislamiento para uso hospitalario en salas de cirugía, cuidados coronarios, cuidados intensivos, deben ser certificados para uso hospitalario y deben cumplir con los requerimientos de norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique, tales como la UL1047.
- Los tomacorrientes que alimenten áreas de pacientes críticos o generales, deben diseñarse para alimentar el máximo número de equipos que necesiten operar simultáneamente y deben derivarse desde al menos dos fuentes de energía diferentes o desde la fuente de energía de suplencia (planta de emergencia), mediante dos transferencias automáticas. Dichos tomacorrientes deben ser dobles del tipo grado hospitalario con polo a tierra. En áreas de pacientes generales debe instalarse un mínimo de cuatro tomacorrientes dobles y en áreas de pacientes críticos un mínimo de seis tomacorrientes dobles, todos conectados a tierra mediante un conductor de cobre aislado.
- La continuidad del servicio de energía es fundamental para preservar la vida y se debe instalar un sistema de alimentación ininterrumpida en línea (UPS) para equipos eléctricos en áreas médicas críticas.

- Puesta a tierra y conexión equipotencial en la cercanía de los pacientes (opcional). Se permite que en la cercanía de los pacientes haya un punto de puesta a tierra de los equipos utilizados en ella. El punto de puesta a tierra, cuando lo haya, debe contener uno o más conectores certificados para ese uso.
- En ningún caso se podrán utilizar extensiones eléctricas en salas de cirugía o en áreas de cuidados críticos.
- Las duchas eléctricas deben estar alimentadas por un circuito dedicado, protegidas por interruptores de protección de circuito de falla a tierra y conectadas para que sean impermeables.
- Los conductores de los sistemas normal, de emergencia y aislado no puesto a tierra, no podrán compartir las mismas canalizaciones.
- Deben proveerse un sistema de iluminación de emergencia por baterías donde sea conveniente para la seguridad de las personas y donde su instalación no cause riesgos.
- Los circuitos de tomacorrientes deben tener Interruptor diferencial instalado con una sensibilidad igual a 30 mA.

### **3.2. Servicios de seguridad**

Cuando fuese impuesta la necesidad de servicios de seguridad, las fuentes de alimentación para tales servicios deben poseer la confiabilidad, capacidad y disponibilidad adecuadas al funcionamiento especificado [7].

#### **3.2.1. División de la instalación**

- La instalación eléctrica debe ser dividida en tantos circuitos cuantos sean necesarios, cada circuito debe ser concebido de forma a poder ser seccionado sin riesgo de realimentación inadvertida a través de otro circuito [8].
- La división de la instalación en circuitos debe ser de modo a atender, entre otras, las siguientes exigencias [7] [8]:

- a) seguridad.
- b) conservación de energía.
- c) de producción.
- d) de mantenimiento.
  - Deben ser previstos circuitos independientes para partes de la instalación que requieran control específico, de tal forma que estos circuitos no sean afectados en caso de fallas de otros.
  - En la división de la instalación deben ser consideradas también las necesidades futuras. Las ampliaciones previsibles deben considerar la potencia de alimentación, así como en la tasa de ocupación de los conductos y de los tableros de distribución.
  - Los circuitos terminales deben ser individualizados por la función de los equipos de utilización que alimentan. En particular, deben ser previstos circuitos terminales distintos para puntos de tomacorrientes y para puntos de iluminación.
  - Para obtener el mayor equilibrio entre las fases las cargas deben ser distribuidas entre ellas.
  - Cuando la instalación tenga más de una fuente de alimentación (generación local, red pública u otras), la distribución asociada específicamente a cada una de ellas debe ser dispuesta separadamente y de forma claramente diferenciada de las demás

### **3.2.2. Mantenimiento**

Se deben estimar la calidad y la frecuencia del mantenimiento a ser realizado en la instalación, a lo largo de su vida útil. Ese dato debe ser tomado en cuenta de forma que [7] [8]:

- las verificaciones periódicas, las pruebas/ensayos, las reparaciones y el mantenimiento necesarios puedan ser realizados de forma segura y fácil;
- la efectividad de las medidas de protección sean garantizadas;
- la confiabilidad de los componentes, bajo el punto de vista del correcto funcionamiento de la instalación, sea compatible con la vida útil prevista de la misma.

### **3.3. Protección contra choques eléctricos**

#### **3.3.1. Principio fundamental**

El principio que fundamenta las medidas de protección contra choques especificadas en este capítulo puede ser resumido de la siguiente manera [7] [8]:

- partes activas peligrosas no deben ser accesibles; y
- masas o partes conductoras accesibles no deben ofrecer peligro, ya sea en condiciones normales, sea en condiciones en particular, en caso de alguna falla que las vuelvan accidentalmente activas.

De esta manera, la protección contra choques eléctricos comprende, en general, dos tipos de protección [7]:

- a) protección básica, y
- b) protección complementaria.

#### **NOTAS**

1. Los conceptos de "protección básica" y de "protección complementaria" corresponden, respectivamente, a los conceptos de "protección contra contactos directos" y de "protección contra contactos indirectos", anteriormente utilizados.

#### **3.3.2. Regla general**

La regla general de protección contra choques eléctricos es que el principio fundamental anteriormente enunciado sea garantizado, mínimamente, por la provisión conjunta de protección básica y de protección complementaria, mediante la combinación de medios independientes o mediante aplicación de una medida capaz de proveer ambas protecciones, simultáneamente [7] [8].

#### **3.3.3. Protección adicional**

Son ejemplos de protección adicional contra choques eléctricos la realización de equipotencialización complementaria y el uso de protección diferencial-residual de alta sensibilidad [7] [8].

### **3.4.1. Equipotencialización y seccionamiento automático de la alimentación**

- La precondition de protección básica debe ser garantizada por la aislación de las partes activas y/o por el uso de barreras o protecciones.
- La protección complementaria debe ser garantizada, conjuntamente, por la equipotencialización y por el seccionamiento automático de la alimentación.

#### **NOTAS**

1. La equipotencialización y el seccionamiento automático de la alimentación se complementan, de forma inseparable, porque cuando la equipotencialización no es suficiente para impedir la aparición de tensiones de contacto peligrosas, entra en acción el recurso del seccionamiento automático, originando la desconexión del circuito donde se manifiesta la tensión de contacto peligrosa.

#### **3.4.1.1. Equipotencialización**

##### **NOTA**

Todas las masas de una instalación deben estar conectadas a conductores de protección.

1. Partes conductoras accesibles de componentes que sean objeto de otra medida de protección contra choques eléctricos (de equipotencialización y de seccionamiento automático) no deben ser asociadas a conductores de protección, salvo que su puesta a tierra o equipotencialización fueran previstos por razones funcionales y esta no comprometa la seguridad proporcionada por la medida de protección de que son objeto.
  - En cada edificación debe ser realizada una equipotencialización principal y tantas equipotencializaciones complementarias como fuesen necesarias.
  - Todas las masas de la instalación situadas en una misma edificación deben estar vinculadas a la equipotencialización principal de la edificación y, de esta forma, a un mismo y único electrodo de puesta a

tierra. Esto sin perjuicio de equipotencializaciones adicionales que se sean necesarias, para fines de protección contra choques y/o de compatibilidad electromagnética.

- Masas simultáneamente accesibles deben estar vinculadas a un mismo electrodo de puesta a tierra, sin perjuicio de equipotencializaciones adicionales que sean necesarias, para fines de protección contra choques y/o de compatibilidad electromagnética.
- Masas protegidas contra choques eléctricos por un mismo dispositivo, dentro de las reglas de protección por seccionamiento automático de la alimentación, deben estar vinculadas a un mismo electrodo (jabalina) de puesta a tierra, sin perjuicio de equipotencializaciones adicionales que sean necesarias, para fines de protección contra choques y/o de compatibilidad electromagnética.

### **3.5.1. Protección contra sobretensiones transitorias**

#### **3.5.1.1. Protección contra sobretensiones transitorias en líneas de energía**

- Debe ser proveída protección contra sobretensiones transitorias, con el uso de los medios indicados, en los siguientes casos [7] [8]:

a) cuando la instalación fuera alimentada por línea parcial o totalmente aérea, o incluya en la misma línea aérea, y se sitúe en una región sobre condiciones de influencias externas (más de 25 días de tormentas eléctricas por año);

b) cuando la instalación está situada en una región con condiciones de influencias externas (Riesgos provenientes de la exposición de los componentes de la instalación).

- La protección contra sobretensiones requerida debe ser proveída [7]:

a) por dispositivos de protección contra sobretensiones (DPSs).

b) por otros medios que garanticen una atenuación de las sobretensiones como mínimo equivalente a aquella obtenida conforme el ítem a).

### **3.5.1.2. Protección en líneas de energía**

#### **3.5.1.2.1. Uso y localización de los DPS**

En los casos en que fuera necesario el uso de DPS, la disposición de los DPS debe respetar los siguientes criterios [7] [8]:

- a) si el objetivo fuera la protección contra sobretensiones de origen atmosférico transmitidas por la línea externa de la alimentación, así como la protección contra sobretensiones de maniobra, los DPS deben ser instalados en el tablero de distribución principal o junto al punto de entrada de la línea en la edificación, localizado lo más próximo posible del punto de entrada; o
- b) si el objetivo fuera la protección contra sobretensiones provocadas por descargas eléctricas atmosféricas directas sobre la edificación o en sus cercanías, los DPS deben ser instalados en el punto de entrada de la línea en la edificación.

#### **NOTAS**

1. Pueden ser necesarios la instalación de DPS adicionales, para proteger equipos sensibles. Estos DPS deben estar debidamente coordinados con los DPS de aguas arriba y de aguas abajo.
2. Cuando los DPS hicieran parte de la instalación fija y no estuvieran alojados en tableros de distribución, su presencia debe ser indicada por medio de etiqueta o de algún tipo de identificador similar, en el origen o lo más próximo posible del origen del circuito del cual forma parte.

#### **3.5.1.2.2. Instalación de los DPS en el punto de entrada o en el tablero de distribución principal**

Cuando los DPS fueran instalados junto al punto de entrada de la línea eléctrica en la edificación o en el tablero de distribución principal, lo más próximo posible del punto de entrada, ellos serán dispuestos mínimamente como se indica en la Figura 1 [7] [8].

#### **NOTAS 1.**

1. La disposición de los DPS conforme a la Figura 1 cubre esencialmente la protección de modo común, sin excluir, por tanto, una protección complementaria de modo diferencial (conexión de DPS entre conductores activos).
2. Cuando la edificación contenga más de una línea de energía externa, deben ser proveídos DPS como mínimo en el punto de entrada o de salida de cada línea.

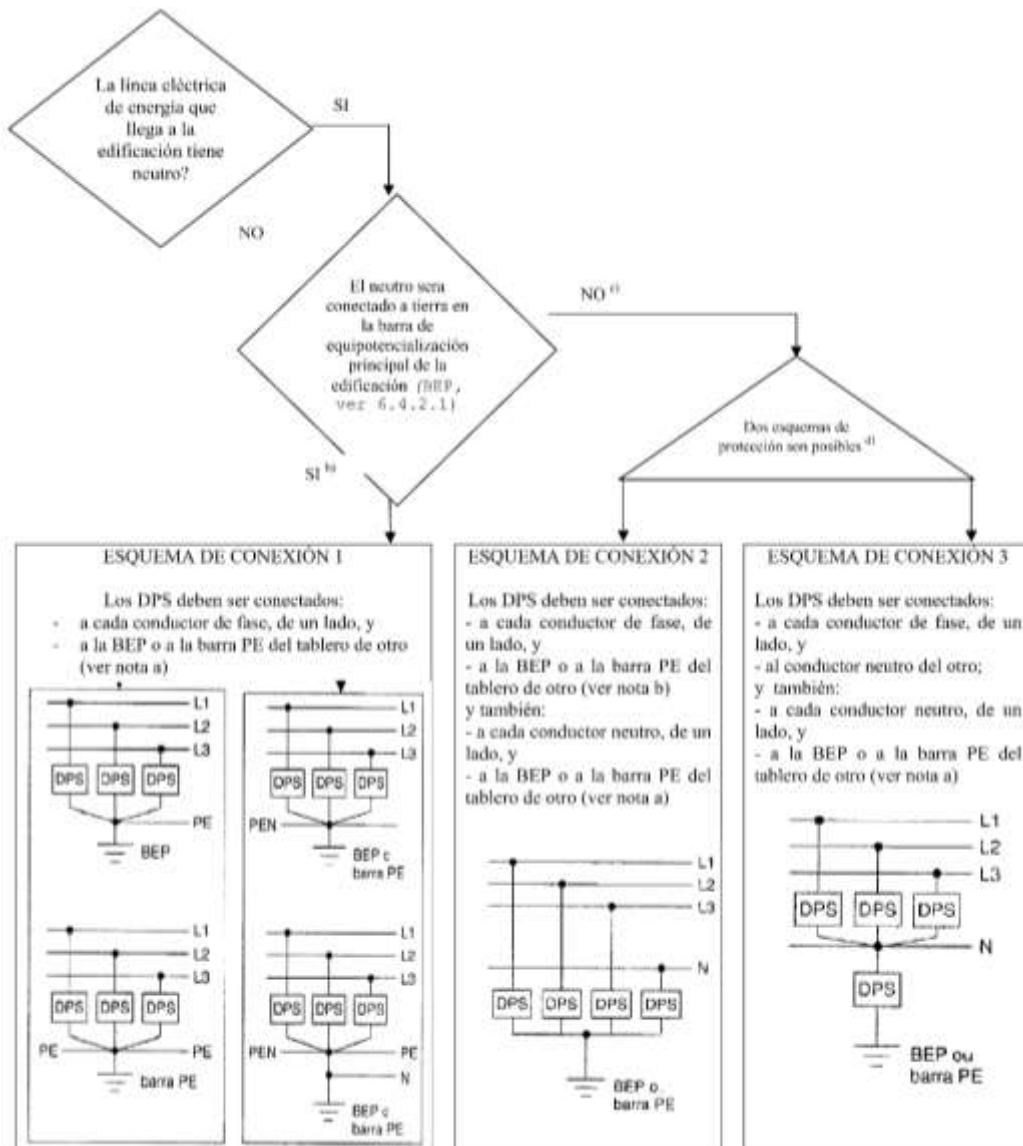


Figura 1. Esquemas de conexión de los DPS en el punto de entrada de la línea de energía o en el tablero de distribución principal de la edificación [7] [8].

### 3.6. Fuentes de alimentación.

Deben ser proveídas fuentes de alimentación de la siguiente manera [7] [9]:

a) Dos Fuentes de alimentación independientes. Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes de alimentación independientes, una normal de suministro que generalmente alimenta todo el sistema eléctrico y una o más fuentes alternativas que se utilizan cuando se produce una interrupción en sistema normal de suministro.

b) Fuente de alimentación alternativa. La fuente de alimentación alternativa debe ser una de las siguientes:

Uno o varios generadores movidos por uno o varios motores primarios y ubicados en el mismo predio.

Otra(s) unidad(es) de generación cuando la fuente normal consista de unidad(es) de generación ubicada en los predios.

Una acometida externa de la red pública de suministro cuando la fuente normal consista de unidad(es) de generación ubicadas en los predios.

c) Ubicación de los componentes del sistema eléctrico esencial. Hay que poner la máxima atención a la ubicación de los espacios en los que vayan a estar los componentes del sistema eléctrico esencial, para minimizar las interrupciones causadas por las fuerzas naturales que puedan actuar en la zona (tormentas, inundaciones, terremotos o riesgos creados por estructuras o actividades cercanos).

### **3.7. Diseño de Iluminación.**

El proyectista de una instalación eléctrica deberá tener en cuenta los requerimientos de iluminación de acuerdo con el uso y el espacio o área a ser iluminada que tenga la edificación objeto de la instalación eléctrica, el diseño de iluminación debe comprender las siguientes condiciones esenciales [6]:

- a) Se debe suministrar la suficiente cantidad de luz para el tipo de actividad que se desarrolle.
- b) Los criterios, el método de cálculo y diseño de la iluminación deben asegurar los valores de coeficiente de uniformidad adecuados para cada aplicación.
- c) Se debe controlar las causas de deslumbramiento.

- d) Prever la cantidad de fuentes, luminarias y tipo apropiado para cada caso particular teniendo en cuenta su vida útil y eficiencias lumínicas.
- e) Utilizar fuentes luminosas con reproducción del color y la temperatura adecuada a la necesidad.
- f) Posibilitar el uso eficiente y racional de la energía eléctrica requerida para iluminación, utilizando fuentes de alta eficiencia lumínica e iluminando los espacios que efectivamente requieran de iluminación.

### **3.7.1. Instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación.**

Los sistemas de iluminación deben cumplir los siguientes requisitos [6]:

- a) Debe existir suministro ininterrumpido para iluminación en áreas y lugares donde la falta de ésta pueda originar riesgos para la vida de las personas, como en los medios de egreso para evacuación de la edificación y en áreas críticas.
- b) No se permite la utilización de lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia.
- c) Los alumbrados de emergencia equipados con grupos de baterías deben garantizar su funcionamiento por lo menos 60 minutos después de que se interrumpa el servicio eléctrico normal.
- d) En lugares accesibles a personas donde se operen máquinas rotativas, la iluminación instalada debe diseñarse para controlar los riesgos asociados al efecto estroboscópico.
- e) Se deben atender las recomendaciones de mantenimiento y sustitución oportuna de las fuentes lumínicas cuando sus niveles de iluminación no garanticen los mínimos niveles requeridos.
- f) Para efectos del presente Reglamento, en lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los siguientes niveles de iluminancia, adoptados de la norma ISO 8995. El valor medio de iluminancia, relacionado en la Tabla 1 “Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades”, debe considerarse como el objetivo de diseño, pero el requisito exigible es que el valor medido a la altura del sitio de trabajo se encuentre entre el rango del valor mínimo y el valor máximo.

Tabla 1. Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades según RETIE [6]

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDADES	NIVEL DE ILUMINACION (lx)		
	Min.	Medio	Max.
Hospitales			
<b>Salas</b>			
Iluminación general	50	100	150
Examen	200	300	500
Lectura	150	200	300
Circulación nocturna	3	5	10
<b>Sala de examen</b>			
Iluminación General	300	500	750
Inspección local	750	1000	1500
<b>Terapia intensiva</b>			
Cabecera de la cama	30	50	100
Observación	200	300	500
Estación de enfermería	200	300	500
<b>Sala de operaciones</b>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	10000	15000	30000
<b>Sala de autopsia</b>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	5000	10000	15000
<b>Consultorios</b>			
Iluminación general	300	500	750
Iluminación local	500	750	1000
<b>Farmacia y laboratorio</b>			
Iluminación general	300	400	750
Iluminación local	500	750	1000

### 3.8. Desarrollo de lista de chequeo para instalaciones de asistencia médica.

A continuación se presenta una lista de chequeo de ítems que deben cumplir una instalación eléctrica hospitalaria.

Tabla 2. Lista de chequeo para instalación eléctrica hospitalaria

Ítem	Parámetros de diseño	Verificación		Comentarios
		Cumple	No cumple	
1	Coordinación de protecciones contra sobrecorrientes			
2	Protecciones contra sobretensiones			
3	Sistema ininterrumpido de potencia (UPS) en línea en áreas críticas			
4	Análisis del nivel de tensión requerido			
5	Cuenta con sistemas de transferencia automática.			
6	Dos fuentes de alimentación			
7	Dimensionamiento de transformadores y Generador			
8	Factor de potencia			
9	Conductor cobre aislado debidamente para puesta a tierra			

10	sistema de potencia aislado o no puesto a tierra (denominado IT) en quirófanos			
11	Cálculo del sistema de puesta a tierra			
12	Cuenta con iluminación de emergencia con baterías			
13	Mínimo de tomacorrientes en áreas de pacientes generales (4 tomacorrientes dobles)			
14	Mínimo de tomacorrientes en áreas de pacientes críticos (6 tomacorrientes dobles)			
15	Niveles de iluminancia adecuados			
16	Laboratorios con sistema de extracción			
17	Los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos están conectados a un sistema de puesta a tierra			
18	Las duchas eléctricas, se protege mediante interruptores de protección del circuito de falla a tierra			

### III. RESUMEN EJECUTIVO

#### CAPITULO 4

##### 4.1. Descripción del trabajo

El proyecto final de grado consistió en el diagnóstico y mejora de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos del Dpto. de Caaguazú mediante un proyecto ejecutivo, cumpliendo los procedimientos basado en normas y reglamentaciones nacionales e internacionales.

Durante el proceso de elaboración se realizaron visitas al Centro de Salud para realizar el levantamiento de datos de la condición actual del hospital, como nivel de iluminancia, resistividad de suelo y chequeo general de la instalación eléctrica.

Seguidamente se realizó un análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigar, análisis de riesgo por descargas eléctricas atmosféricas y medidas de protecciones, coordinación de protecciones. Para este fin se utilizó el software de Schneider Electric Ecodial.

También se realizó el dimensionamiento de malla de puesta a tierra para los esquemas IT y TN-S de la instalación propuesta utilizando el método de elementos finitos con la herramienta computacional ETAP. Además, se realizó un estudio de luminotecnica para mejorar los niveles de luminancia de algunos locales del hospital utilizando el software DIALux.

Por último se presupuestó el proyecto ejecutivo de mejoramiento de las instalaciones eléctricas.

#### **4.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas**

Se desarrollarán las siguientes fases metodológicas para encarar el logro de los objetivos perseguidos con este proyecto de fin de grado:

##### **Fase I: Revisión de Normativas y Reglamentaciones**

En esta fase se procederá a la revisión de reglamentaciones existente en el país, como así también Normativas Nacionales e internacionales sobre una instalación hospitalaria.

##### **Fase II: Comparación de Normativas y Reglamentaciones**

Se realizará un estudio de la Norma Técnica Nacional e internacional comparando con las Reglamentaciones vigentes en el país para contemplar los ajustes necesarios acorde a la instalación eléctrica de un centro hospitalario.

##### **Fase III: Recopilación de procedimientos para instalaciones hospitalarias**

En esta fase se recopilará los procedimientos según normativas y reglamentaciones de instalaciones eléctrica para el centro de salud que nos ocupa para así obtener una guía técnica que contemple todos los puntos de vital importancia para una instalación eléctrica segura y eficiente.

##### **Fase IV: Diagnóstico del estado del Centro Asistencial**

En esta fase se procederá a la revisión de la instalación de Centro de Salud con la finalidad de relevar datos para así obtener un diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra el centro asistencial.

##### **Fase V: Elaboración del proyecto ejecutivo**

Según el procedimiento de las instalaciones eléctricas se procederá la elaboración del proyecto ejecutivo para la instalación afectada.

La nueva instalación contemplaría la evaluación en análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigar, análisis de riesgo por descargas eléctricas atmosféricas y medidas de protecciones, coordinación de protecciones, entre otros aspectos que hacen a este tipo de instalación.

El software a ser utilizado para el trazado del plano eléctrico será AutoCAD y se efectuarán cálculos para el dimensionamiento del transformador, generador, sistemas de iluminación, sistemas de protecciones y sección de conductores, cálculo de factor de potencia, sistemas de puesta a tierra utilizando el software Ecodial (EcoStruxure Power Design). Se realizarán simulaciones de luminotecnica a través del software Dialux.

### **Fase VI: Evaluación económica**

La evaluación económica consistirá en la elaboración de un presupuesto del proyecto ejecutivo de la instalación eléctrica, considerando precios de mercado de los insumos requeridos y de la mano de obra.

#### **4.2. Justificación**

Las instalaciones eléctricas son parte esencial de nuestras vidas, pues a diario y cada hora estamos haciendo uso de equipos que funcionan gracias al suministro de energía que estas brindan, ya sea en nuestro hogar, centro de labores, locales públicos y hasta en la calle. Por tal, es muy importante que se realice un excelente trabajo al momento de hacer una instalación eléctrica, para obtener el mejor rendimiento en energía y sobre todo que nos brinde la seguridad óptima [7].

El Centro de Salud de la Ciudad de San José Arroyos es una Entidad muy importante debido a la cantidad de personas que acuden a dicho centro asistencial, por esa razón es necesario contar con energía constante y de calidad pues muchos procesos llevados a cabo en el centro de salud lo requieren, como por el ejemplo mantener la cadena de frío de los medicamentos y la realización de cirugías complejas. Cabe destacar la importancia de contar con alternativas

en el suministro de energía eléctrica debido a que se producen procedimientos quirúrgicos en donde es imprescindible contar con dicha fuente en el caso de que la red eléctrica suministrada por la ANDE sufra algunas anomalías dentro del sistema.

#### **4.3. Finalidad del proyecto**

Con la elaboración de este Proyecto Final de Grado se pretende mejorar la calidad y seguridad de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos.

#### **4.4. Metas**

Elaborar un proyecto ejecutivo para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos.

#### **4.5. Objetivos**

##### **4.5.1. Objetivos generales**

- Elaborar un proyecto ejecutivo para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos del Dpto. de Caaguazú.

##### **4.5.2. Objetivos específicos**

- Revisar reglamentaciones de la ANDE y Normativas internacionales de instalaciones eléctrica hospitalarias.
- Comparar las Normativas internacionales con las reglamentaciones vigentes del país sobre las instalaciones hospitalarias.
- Diagnosticar el estado en la que se encuentra la instalación eléctrica del centro de salud de la ciudad de San José de los Arroyos del Dpto. de Caaguazú.

- Elaborar el proyecto ejecutivo del mejoramiento de la instalación eléctrica para el Centro de Salud.

#### 4.6. Beneficiarios

El mejoramiento del centro salud beneficiará a los funcionarios y las personas que acuden a dicho organismo como también al Ministerio de Salud debido a que lograra una mejora del servicio a la población.

#### 4.7. Localización física y cobertura espacial

El proyecto final de grado está orientado a presentar una propuesta técnica y económica para la elaboración del proyecto de mejoramiento de las instalaciones eléctricas del centro de salud de la ciudad de San José de los Arroyos del Departamento de Caaguazú. El hospital está ubicado entre las calles 12 de Junio y Pedro Melo de Portugal.

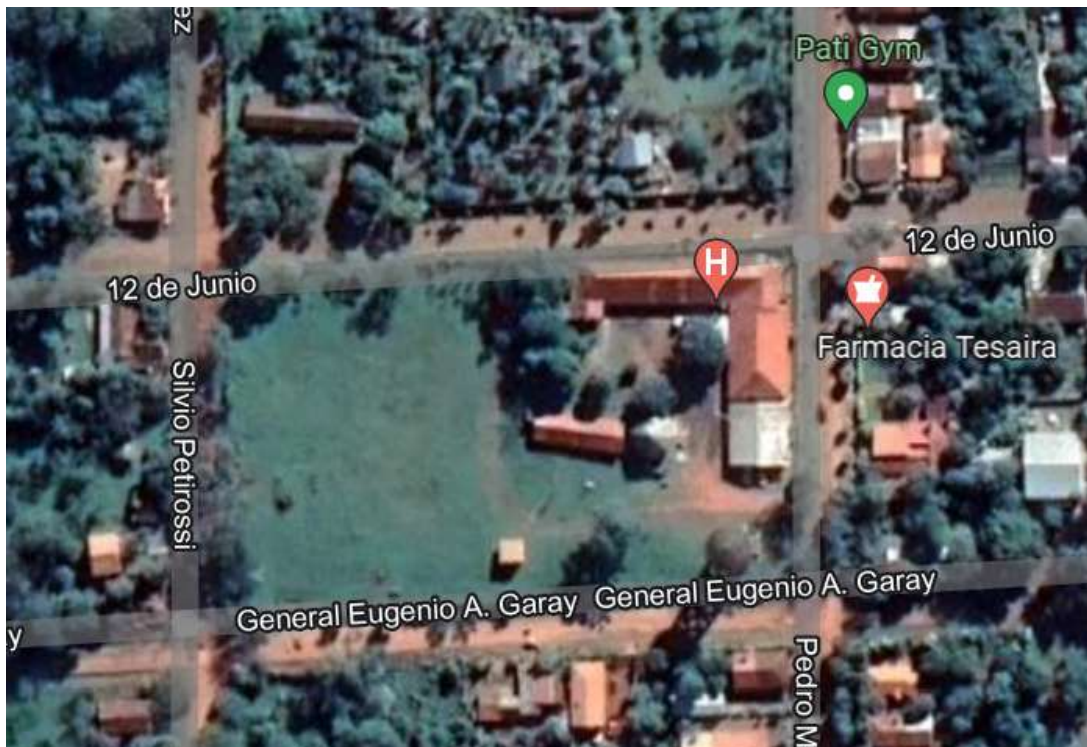


Figura 2. Ubicación del centro de salud de San José de los Arroyos

## **4.8. Especificaciones de actividades y tareas realizadas**

El proyecto de fin de grado dio inicio con una revisión bibliográfica acerca las teorías básicas sobre instalaciones eléctricas, software de diseño y calculo eléctrico, medidas de seguridad en instalaciones eléctricas y sistema de puesta a tierra. Para la recolección de datos se visitó el Centro de Salud en donde se recabaron datos acerca de la condición actual de las instalaciones eléctricas, además se realizaron mediciones de luminancia y de resistividad de suelo en el lugar.

Se realizó una revisión de las normativas sobre instalaciones eléctricas hospitalarias para luego redactar un guía de procedimientos de instalaciones eléctricas hospitalarias según normativas internacionales y nacionales.

Se establecieron criterios técnicos y económicos de tal forma a poder realizar un proyecto ejecutivo para el mejoramiento de la instalación eléctrica del Centro de Salud.

Una vez culminado el proyecto en su aspecto técnico, se realizó un análisis económico que permite resumir de manera anticipada el costo proyecto desde el punto de vista económico mediante un presupuesto.

## **4.9. Recursos necesarios**

### **4.9.1. Recursos humanos**

Los recursos humanos necesarios para la elaboración del proyecto de fin de grado son los siguientes:

- Alumno proyectista.
- Ingeniero tutor del Trabajo Final de Grado.
- Asistente del Trabajo Final de Grado.

#### **4.9.2. Recursos materiales**

Los recursos materiales necesarios para la elaboración del proyecto de fin de grado son los siguientes:

- Computadora (propio).
- Impresora.
- Cámara.
- Libros.
- Papel.
- Materiales de oficina.
- Transporte

#### **4.10. Factibilidad técnica**

Con la realización de este proyecto se pudo lograr una solución técnica que va a permitir:

- Obtener la selectividad de las protecciones por sectores.
- El correcto dimensionamiento de los conductores eléctricos.
- Mejora en los niveles de iluminación.
- La protección contra sobretensiones transitorias en líneas de energía.
- La protección contra choques eléctricos mediante sistemas de equipotencialización y el uso de protección diferencial-residual.
- El diseño de dos fuentes de alimentación independientes para los sistemas eléctricos esenciales.
- Implementación de una iluminación de emergencia por baterías donde sea conveniente para la seguridad de las personas.

#### **4.11. Factibilidad económica**

Esta parte se la Evaluación económica de las soluciones técnicas factibles que se encontraron en el Capítulo 6 correspondiente a Ingeniería de Diseño. De corresponder, se realiza las comparaciones pertinentes entre las alternativas.

##### **4.11.1. Beneficios**

Los beneficios que trae consigo la implementación del proyecto de instalación eléctrica son: la mejora en la seguridad de las personas ante riesgos eléctricos mediante la implementación del sistema de puesta a tierra e interruptores diferenciales.

Mediante la implementación del esquema IT en el quirófano es posible detectar potenciales corrientes de fuga a tierra que pueden ser peligrosas para el paciente. Para un paciente existe mayor riesgo debido a que puede estar en condición de indefensión y no manifestar inmediatamente alguna señal de peligro porque puede estar circulando a través de sus órganos muy pequeñas corrientes afectándolos gravemente.

##### **4.11.2. Costos**

###### **4.11.2.1. Costo de implementación del proyecto de mejora de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud**

Se analizaron varios factores para la implementación del proyecto de mejora de las instalaciones eléctricas del nosocomio tales como el costo de los materiales, costo de mano de obra para la instalación nueva correspondiente.

En la siguiente tabla se puede observar el costo total de los materiales a ser utilizados.

*Tabla 3. Costo de materiales*

Descripción	Total (Gs.)
Costo de materiales	210.272.900

En la tabla siguiente se resumen los costos totales de mano de obra para la instalación de la parte eléctrica que contempla el nuevo esquema de protección y alimentación, sistema de puesta a tierra, tablero de aislación, sistema de iluminación normal y de emergencia. El detalle de los costos se muestra en el Apéndice A.1.

*Tabla 4. Resumen del costo total del proyecto*

Descripción	Total (Gs.)
Costo de materiales	210.272.900
Mano de obra	68.362.000
<b>TOTAL (Gs.)</b>	<b>278.634.900</b>

## **IV. INGENIERÍA DE DISEÑO**

### **CAPÍTULO 5**

#### **5.1. Memoria descriptiva arquitectónica**

La instalación eléctrica que se proyecta está situada entre las calles 12 de Junio y Pedro Melo de Portugal de la ciudad de San José de Arroyos.

El hospital cuenta con 3 salas de internados, 1 sala de primeros auxilios, 1 sala de parto y pre-parto, 1 zona de desinfección (donde se tiene instalado un equipo autoclave hospitalario), 1 quirófano, 3 consultorios, 1 sala de espera, 1 oficina de estadísticas, 1 oficina de procedimiento y desarrollo, 1 dormitorio para el médico, 1 sala de inmunizaciones (PAI).

En una segunda edificación se tiene 1 sala de rayos x (donde se tiene instalado un equipo de rayos X modelo *MobileDiagnost Opta*) con su respectiva área de control, 1 sala de espera y 2 laboratorios.

El Hospital cuenta con una capilla. En otro pabellón se encuentran ubicados los comedores y cocinas. Además, está en construcción un nuevo pabellón dentro del terreno.

## 5.2. Memoria de cálculo del sistema de iluminación

Primeramente se realizó un relevamiento de datos de la condición actual de la iluminación del local utilizando el luxómetro digital Minipa modelo MLM-101. Seguidamente se utiliza el software DIALux para los cálculos de iluminancia en áreas específicas del centro hospitalario utilizando los valores propuestos en RETIE.

### 5.2.1. Local 1: Quirófano

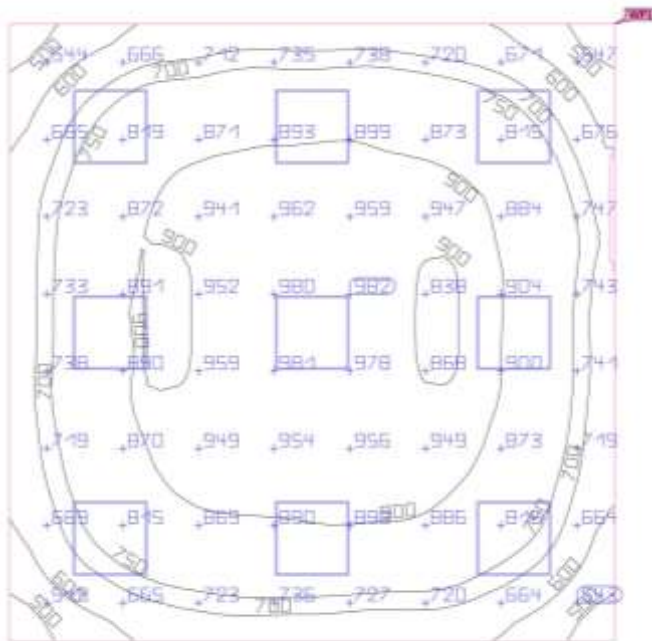
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 9 luminarias LED cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del articulo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
9	CR250B PSD W60L60 IP65	40 W	3498 lm	87.4 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Quirófano Altura útil: 0.80m	806 lx	500 lx	990 lx	0,53

En la siguiente figura se puede observar las isolíneas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.816 m	0.834 m	2.935 m	1
2.450 m	0.834 m	2.935 m	2
4.083 m	0.834 m	2.935 m	3
0.816 m	2.501 m	2.935 m	4
2.450 m	2.501 m	2.935 m	5
4.084 m	2.500 m	2.935 m	6
0.817 m	4.168 m	2.935 m	7
2.450 m	4.168 m	2.935 m	8
4.084 m	4.167 m	2.935 m	9

Figura 3. Ubicación de luminarias e isocuantas para quirófano

### 5.2.2. Local 2: Internado

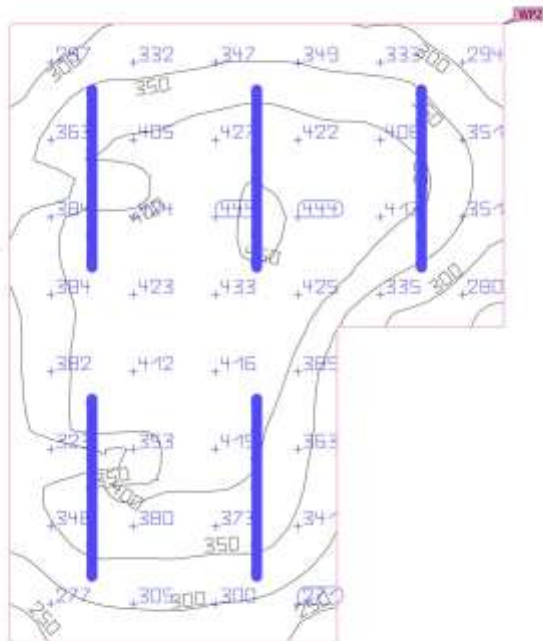
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 5 luminarias fluorescentes cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
5	TCW060 1xTL5-49W HF	54 W	3018 lm	55.9 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Internado Altura útil: 0.80m	368 lx	233 lx	455 lx	0,63

En la siguiente figura se puede observar las isolíneas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.667 m	1.250 m	2.800 m	1
2.000 m	1.250 m	2.800 m	2
0.667 m	3.750 m	2.800 m	3
2.000 m	3.750 m	2.800 m	4
3.333 m	3.750 m	2.800 m	5

Figura 4. Ubicación de luminarias e isoclinas para internado

### 5.2.3. Local 3: Consultorio

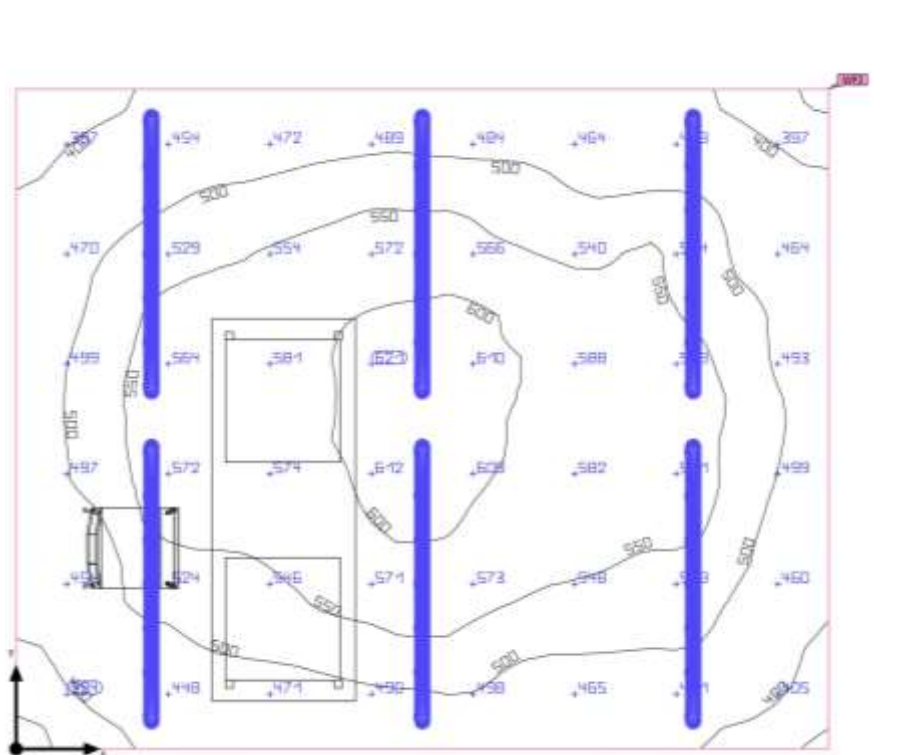
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 6 luminarias fluorescentes cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
6	TCW060 1xTL5-49W HF	54 W	3018 lm	55.9 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Consultorio Altura útil: 0.80m	513 lx	339 lx	627 lx	0,66

En la siguiente figura se puede observar las isolíneas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.708 m	0.862 m	2.800 m	1
2.125 m	0.862 m	2.800 m	2
3.542 m	0.862 m	2.800 m	3
0.708 m	2.587 m	2.800 m	4
2.125 m	2.587 m	2.800 m	5
3.542 m	2.587 m	2.800 m	6

Figura 5. Ubicación de luminarias e isolíneas para consultorio

### 5.2.4. Local 4: Laboratorio 1

Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 3 luminarias LED cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del articulo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
3	CR250B PSD W60L60 IP65	40 W	3498 lm	87.4 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Laboratorio 1 Altura útil: 0.80m	576 lx	300 lx	768 lx	0,46

En la siguiente figura se puede observar las isolíneas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.544 m	0.721 m	2.935 m	1
0.763 m	2.288 m	2.935 m	2
2.288 m	2.288 m	2.935 m	3

Figura 6. Ubicación de luminarias e isólineas para Laboratorio 1

### 5.2.5. Local 5: Laboratorio 2

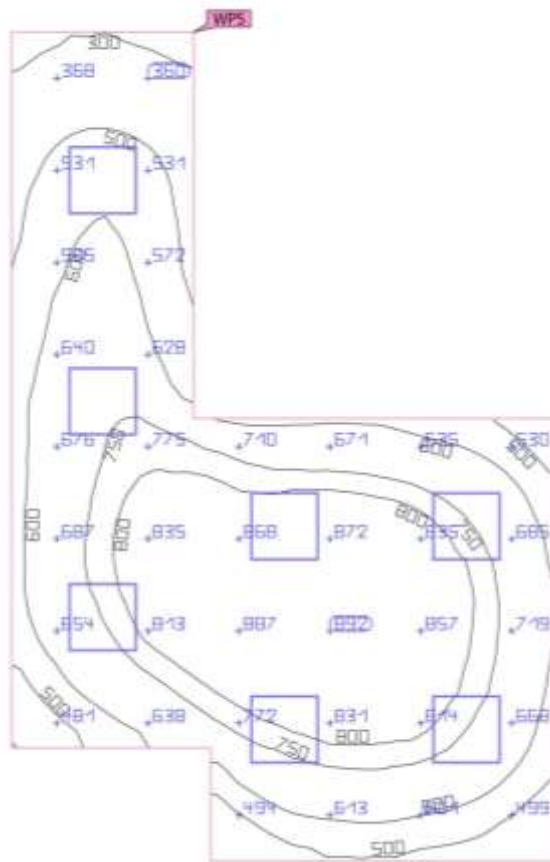
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 7 luminarias LED cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
7	CR250B PSD W60L60 IP65	40 W	3498 lm	87.4 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	Uniformidad
Laboratorio 2 Altura útil: 0.80m	673 lx	300 lx	896 lx	0,37

En la siguiente figura se puede observar las isólineas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.800 m	4.050 m	2.935 m	1
2.400 m	1.162 m	2.935 m	2
4.000 m	1.162 m	2.935 m	3
0.800 m	5.996 m	2.935 m	4
2.400 m	2.950 m	2.935 m	5
4.000 m	2.950 m	2.935 m	6
0.800 m	2.150 m	2.935 m	7

Figura 7. Ubicación de luminarias e isolneas para Laboratorio 2

### 5.2.6. Local 6: Laboratorio de Rayos X

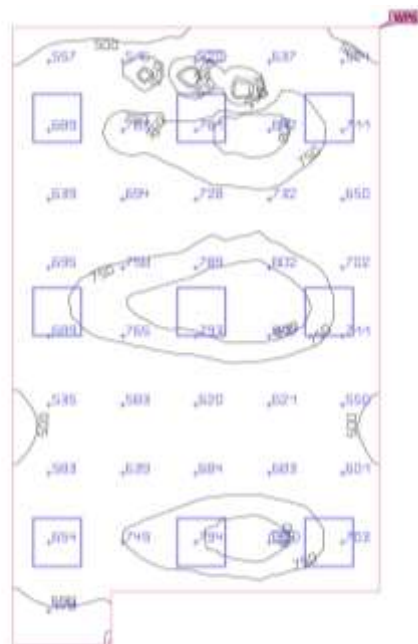
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 9 luminarias LED cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del articulo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
9	CR250B PSD W60L60 IP65	40 W	3498 lm	87.4 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Rayos X Altura útil: 0.80m	677 lx	300 lx	851 lx	0,32

En la siguiente figura se puede observar las isólinas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.542 m	1.250 m	2.935 m	1
2.292 m	1.250 m	2.935 m	2
3.842 m	1.250 m	2.935 m	3
0.542 m	4.050 m	2.935 m	4
2.292 m	4.050 m	2.935 m	5
3.842 m	4.050 m	2.935 m	6
0.542 m	6.400 m	2.935 m	7
2.292 m	6.400 m	2.935 m	8
3.842 m	6.400 m	2.935 m	9

Figura 8. Ubicación de luminarias e isocurvas para Laboratorio de Rayos X

### 5.2.7. Local 7: Sala de Parto

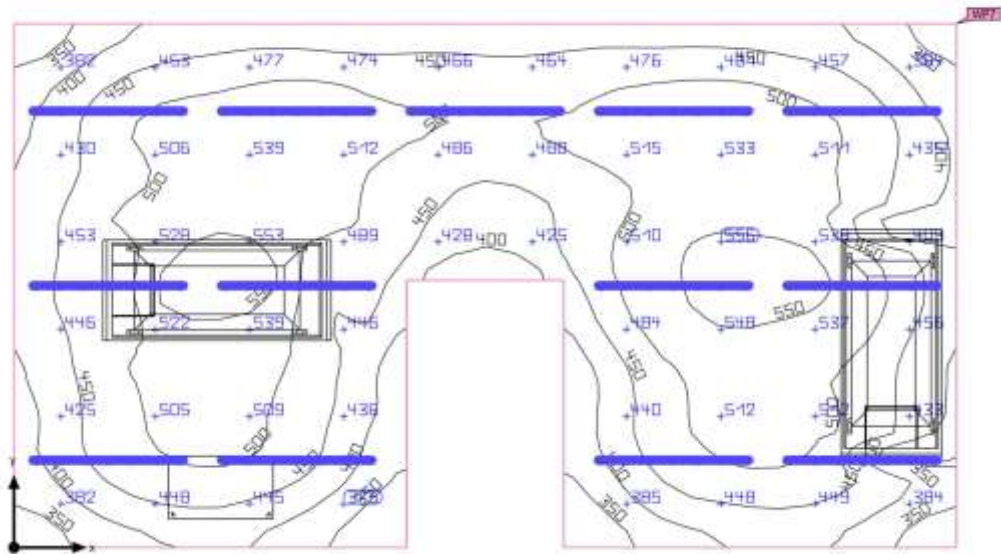
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 13 luminarias fluorescentes cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
13	TCW060 1xTL5-49W HF	54 W	3018 lm	55.9 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Sala de Parto Altura útil: 0.80m	467 lx	306 lx	528 lx	0,66

En la siguiente figura se puede observar las isocurvas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.900 m	0.833 m	2.800 m	1
2.700 m	0.833 m	2.800 m	2
6.300 m	0.833 m	2.800 m	3
8.100 m	0.833 m	2.800 m	4
0.900 m	2.500 m	2.800 m	5
2.700 m	2.500 m	2.800 m	6
6.300 m	2.500 m	2.800 m	7
8.100 m	2.500 m	2.800 m	8
0.900 m	4.167 m	2.800 m	9
2.700 m	4.167 m	2.800 m	10
4.500 m	4.167 m	2.800 m	11
6.300 m	4.167 m	2.800 m	12
8.100 m	4.167 m	2.800 m	13

Figura 9. Ubicación de luminarias e isolneas para sala de parto

### 5.2.8. Local 8: Primeros Auxilios

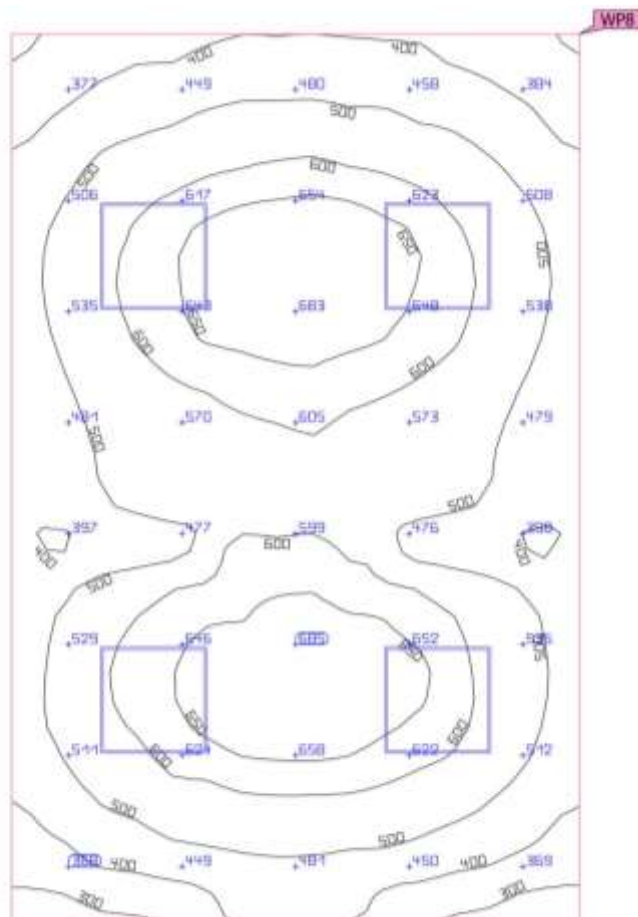
Para alcanzar los valores estipulados en la Tabla 1 son necesarias 4 luminarias LED cuyas características son las siguientes:

Unidades	Nombre del articulo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
4	CR250B PSD W60L60 IP65	40 W	3498 lm	87.4 lm/W

Los valores obtenidos en la simulación son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Medio)	Emín	Emáx	Uniformidad
Primeros Auxilios Altura útil: 0.80m	532 lx	300 lx	696 lx	0,52

En la siguiente figura se puede observar las isólinas y la distribución de las luminarias.



X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.800 m	1.250 m	2.935 m	1
2.400 m	1.250 m	2.935 m	2
0.800 m	3.750 m	2.935 m	3
2.400 m	3.750 m	2.935 m	4

Figura 10. Ubicación de luminarias e isocurvas para primeros auxilios

### 5.3. Dimensionamiento del transformador

Procedemos a realizar el cálculo para hallar la potencia del transformador de tal forma a que el proyecto esté en condiciones ampliación futura.

La potencia total instalada del edificio se hallará con la suma aritmética de las potencias de cada parte de la instalación. Dicho cálculo se verá abajo.

$$\sum \text{Todas las Potencias.}$$

La potencia total instalada del hospital será de: **93204 W.**

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{93204W}{0,94} = 99,153 \text{ KVA}$$

Hecho el cálculo obtenemos que la potencia aparente de la instalación general es de 99,153 kVA. Como en el mercado no existe un transformador de dicha potencia podríamos adoptar uno que este superior más cercano, que es de 100 kVA.

### 5.4. Dimensionamiento del generador

Procedemos a realizar el cálculo para hallar la potencia del generador de tal forma a que el proyecto esté en condiciones ampliación futura.

La potencia se hallará con la suma aritmética de las potencias de los tableros que debe alimentar dicho generador, seguidamente se detalla las cargas.

Tabla 5. Tableros con sistemas de transferencia

DENOMINACIÓN	Potencia (W)
TABLERO INTER. TRANSF.	6.386
TABLERO IT QUIRÓFANO	2.400
TABLERO QUIRÓFANO	5.362
<b>TOTAL (W)</b>	<b>14.148</b>

El factor de potencia de estos 3 tableros es de 0,96. Seguidamente se calcula la potencia aparente

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{14148W}{0,96} = 14,74 \text{ kVA}$$

Como en el mercado no existe un generador de dicha potencia podríamos adoptar uno que este superior más cercano, que es de 17 kVA.

### 5.5. Dimensionamiento de la alimentación general

Una vez realizado el dimensionado el transformador procedemos a calcular la protección y la sección del conductor a emplear para alimentar el Tablero General donde estará la gran parte de la instalación.

$$I_N = \frac{S_{trafo}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 380} \cong 151,93 \text{ A}$$

Por tanto, la nueva Potencia activa del transformador será:

$$P_w = S_{trafo} \times \cos \varphi = 100 \text{ KVA} \times 0,94 = 94000 \text{ W}.$$

Para el cálculo de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_w \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 94000 \times 5}{58 \times 380^2 \times 5} \cong 1,12 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $1,12 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de xlpe o hepr que soporte la corriente anteriormente calculada.

La sección adoptada es de  $50 \text{ mm}^2$  que tiene un corriente admisible de 163 A.

Ahora se procede a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$

$$e\% = \frac{100 \times 94000 \times 5}{58 \times 380^2 \times 95} =$$

Con esto se verifica el criterio de la caída de tensión debido a que la carga se encuentra dentro de los límites admisibles de 5%.

$$5 > 0,11$$

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$

$$151,93 A < 163 A$$

Se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.6. Dimensionamiento de la protección general

La corriente nominal de carga “**I<sub>c</sub>**” de la toda la instalación es de 151,93 A. Se elige una TM Micrologic 5.2 E 4P4d de 160 A ajustado a 150 Amperes.

Se comprueba así los criterios de las corrientes

$$I_p < I_{adm}$$

$$150 A < 163 A$$

$$I_p < I_c$$

$$150 A < 151,93 A$$

En el Apéndice B.1 se detalla el estudio de coordinación de protecciones.

### 5.7. Dimensionamiento de alimentación de tableros

#### 5.7.1. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO COCINA

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{7792 W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,97} = 12,25 A$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 7792 W \times 22 m}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,02 mm^2$$

Dado que un conductor de 1,02 mm<sup>2</sup> no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento

de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 7792 \text{ W} \times 22 \text{ m}}{58 \times 380^2 \times (4\text{mm}^2)} = 0,51$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2\% > 0,51$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$12,25 \text{ A} < 42 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.2. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO INTERNADOS

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{14094 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,93} = 23,02 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 14094 \text{ W} \times 17,6}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,48 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $1,48 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$

$$e\% = \frac{100 \times 14094 \text{ W} \times 17,6}{58 \times 380^2 \times (4 \text{ mm}^2)} = 0,74$$

$$e\%_d > e\%_c$$

$$2 > 0,74$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$

$$21,98 \text{ A} < 42 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.3. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO INTERNADOS CON TRANSFERENCIA

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$

$$I_c = \frac{6386 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,95} = 10,21 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 6386 \text{ W} \times 17,6}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 0,67 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $0,67 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$

$$e\% = \frac{100 \times 6386 \text{ W} \times 17,6}{58 \times 380^2 \times (4 \text{ mm}^2)} = 0,34$$

$$e\%_d > e\%_c$$

$$2 > 0,34$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$10,21 A < 42 A$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

#### 5.7.4. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO RAYOS X

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{12308 W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,95} = 19,68 A$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 12308 W \times 64,5}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 4,74 mm^2$$

Dado que un conductor de  $1,02 mm^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección de  $6 mm^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 12308 W \times 64,5}{58 \times 380^2 \times (6 mm^2)} = 1,58$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 1,58$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$

$$19,68 A > 52 A$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.5. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO QUIRÓFANO

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{5362 W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,96} = 8,44 A$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 5362 W \times 42,7}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,37 mm^2$$

Dado que un conductor de  $1,37 mm^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 mm^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 5362 W \times 42,7}{58 \times 380^2 \times (4 mm^2)} = 0,68$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 0,68$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$8,44 A > 42 A$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.6. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO PARTO

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{7500 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 12,66 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 7500 \text{ W} \times 42,7}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,91 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $1,91 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de xlpe o hepr.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 7500 \text{ W} \times 42,7}{58 \times 380^2 \times (4 \text{ mm}^2)} = 0,96$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 0,96$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$12,66 \text{ A} < 42 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.7. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO CONSULTORIOS

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$

$$I_c = \frac{20962 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,93} = 34,24 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 20962 \text{ W} \times 46}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 5,75 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $5,75 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección de  $6 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 20962 \text{ W} \times 46}{58 \times 380^2 \times (6 \text{ mm}^2)} = 1,91$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 1,91$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$34,25 \text{ A} < 52 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.8. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO IT QUIRÓFANO

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{2400 \text{ W}}{220 \times 1} = 10,90 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 2400 \text{ W} \times 53,7}{58 \times 220^2 \times 2} \cong 0,77 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $0,77 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección de  $6 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 2400 \text{ W} \times 53,7}{58 \times 380^2 \times (6 \text{ mm}^2)} = 1,53$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 1,53$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$10,91 \text{ A} < 52 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.7.9. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO CAPILLA

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{4400 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 1} = 6,68 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 4400 \text{ W} \times 58,5}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,54 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $1,54 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$
$$e\% = \frac{100 \times 4400 \text{ W} \times 58,5}{58 \times 380^2 \times (4 \text{ mm}^2)} = 0,77$$
$$e\%_d > e\%_c$$
$$2 > 0,77$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$6,69 \text{ A} < 42 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

#### 5.7.10. Dimensionamiento de alimentación para el TABLERO NUEVO PABELLÓN

Se determina la corriente de dicho tablero a partir de la potencia.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} =$$
$$I_c = \frac{12000 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,95} = 19,19 \text{ A}$$

Se calcula de sección del alimentador:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 12000 \text{ W} \times 23}{58 \times 380^2 \times 2} \cong 1,65 \text{ mm}^2$$

Dado que un conductor de  $1,65 \text{ mm}^2$  no existe comercialmente, procedemos a utilizar un conductor de sección mínima para alimentadores según reglamento de ANDE de  $4 \text{ mm}^2$  del catálogo de inpaco – Tabla N° 3 tipo “D” con aislación de XLPE.

Procedemos a realizar el criterio de la caída de tensión.

$$e\% = \frac{K \times P \times L}{\rho \times U^2 \times S} =$$

$$e\% = \frac{100 \times 12000 \text{ W} \times 23}{58 \times 380^2 \times (4 \text{ mm}^2)} = 0,82$$

$$e\%_d > e\%_c$$

$$2 > 0,82$$

Con esto se verifica por el criterio de la caída de tensión.

Ahora se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$

$$19,19 \text{ A} < 42 \text{ A}$$

Así se verifica que son correctos los cálculos que se realiza para el dimensionamiento de los conductores y protección.

### 5.8. Cálculo de puesta a tierra para esquema IT

Se realizó la medición de la resistividad del suelo utilizando el Método de la Variación de Profundidad (variation of depth method) según la norma ANSI/IEEE Std. 81-1983.

El equipo empleado para la medición fue el KEW 4105A KYORITSU–Telurómetro digital. En la siguiente tabla se aprecia los valores obtenidos de la medición.

Tabla 6. Medición de Resistividad del Suelo Centro de Salud

Medición de Resistividad del Suelo Centro de Salud		
Fecha:	2/7/2022	
Ciudad:	San José de los Arroyos	
Clima:	Soleado, sin lluvias en 5 días previos	
Método de medición:	Variación de profundidad	
Separación metros	Resistencia $\Omega$	Resistividad $\Omega.m$
0,3	697	327,07
0,6	331	264,93
0,9	266	294,05
1,2	217	302,81
1,5	204	341,72

1,8	164	319,32
2,1	194	429,29
2,4	178	440,29
Resistividad promedio		339,94

El diseño de malla de puesta a tierra para el TABLERO IT QUIRÓFANO se realizó con el software ETAP utilizando el método de elementos finitos. En la siguiente figura se puede observar la disposición de las jabalinas y conductores.

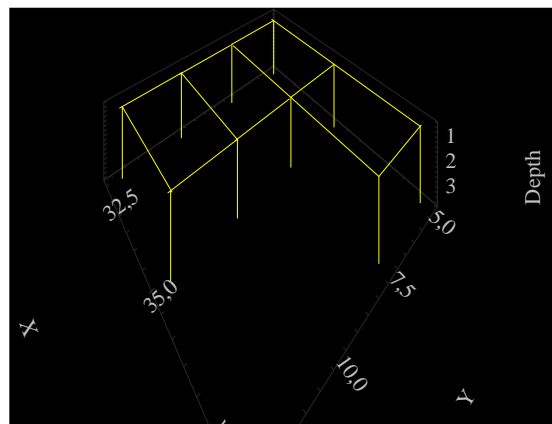
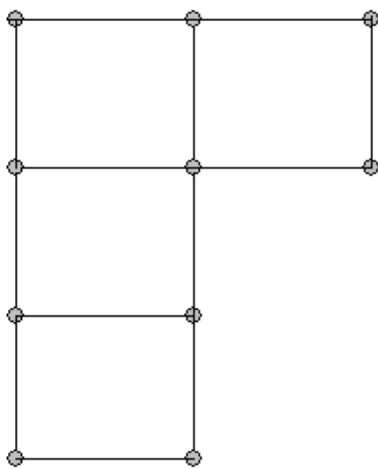


Figura 11. Malla de puesta a tierra para esquema IT

Los parámetros de diseño se describen en la siguiente tabla

Parámetros de simulación	
Frecuencia	50 Hz
Corriente de falla	0,22 kA
Temperatura	40° C
X/R	10
Cp	100%
Tf	0,15

Se considera un valor de Sf del 5%.

Los resultados de la simulación arrojaron los siguientes valores

Resistencia de puesta a tierra (Rg): 13,291  $\Omega$

Máxima tensión de toque tolerable: 605,3 V

Máxima tensión de toque calculada: 45,2 V

Máxima tensión de paso tolerable: 1205 V

Máxima tensión de paso calculada: 35,4 V

Elevación de potencial de tierra (GPR): 161 V

Se verifica las siguientes condiciones:

*Tensión de toque tolerable > Tensión de toque calculada*

$$605,3 V > 45,2 V$$

*Tensión de paso tolerable > Tensión de paso calculada*

$$1205 V > 35,4 V$$

*Resistencia tolerable > Resistencia calculada*

$$25 \Omega > 13,29 \Omega$$

En el Apéndice B.5 se detallan las características de la malla.

### 5.9. Cálculo de puesta a tierra para esquema TN-S

El diseño de malla de puesta a tierra para el TABLERO GENERAL se realizó con el software ETAP utilizando el método de elementos finitos. En la siguiente figura se puede observar la disposición de las jabalinas y conductores.

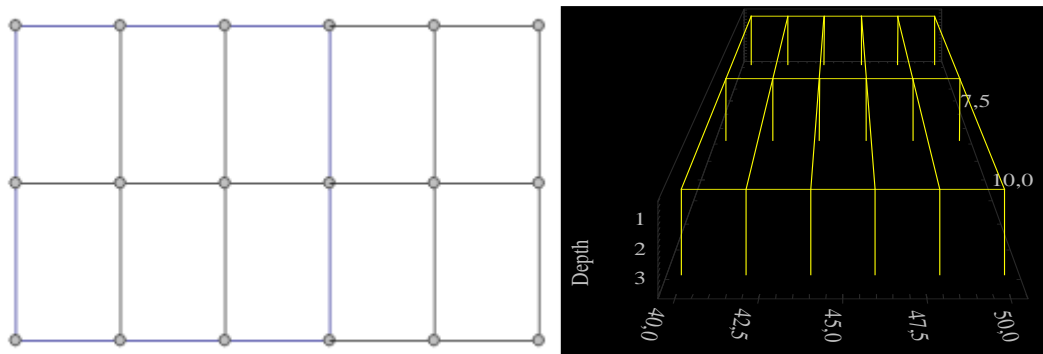


Figura 12. Malla de puesta a tierra para esquema TN-S

Los parámetros de diseño se describen en la siguiente tabla

Parámetros de simulación	
Frecuencia	50 Hz
Corriente de falla	2 kA

Temperatura	40° C
X/R	10
Cp	100%
Tf	0,5

Se calcula el valor de Sf utilizando la tabla C.1 de la Norma IEEE 80

$$Sf = \frac{0,91 + j0,485}{0,91 + j0,485 + 25} = 0,039 = 3,97\% \cong 4\%$$

Los resultados de la simulación arrojaron los siguientes valores

Resistencia de puesta a tierra (Rg): 9,517  $\Omega$

Máxima tensión de toque tolerable: 244,9 V

Máxima tensión de toque calculada: 175,3 V

Máxima tensión de paso tolerable: 487,6 V

Máxima tensión de paso calculada: 168,1 V

Se verifica las siguientes condiciones:

$$\textit{Tensión de toque tolerable} > \textit{Tensión de toque calculada}$$

$$244,9 \text{ V} > 175,3 \text{ V}$$

$$\textit{Tensión de paso tolerable} > \textit{Tensión de paso calculada}$$

$$487,6 \text{ V} > 168,1 \text{ V}$$

$$\textit{Resistencia tolerable} > \textit{Resistencia calculada}$$

$$25 \Omega > 9,517 \Omega$$

En el Apéndice B.5 se detallan las características de la malla.



## V. CONCLUSIONES

Se han revisado normativas y reglamentaciones para identificar las características primordiales que debe cumplir un Centro de Salud para la seguridad eléctrica de las personas e instalaciones. A partir de esta revisión se recopiló en un capítulo los procedimientos de instalaciones eléctricas hospitalarias para posterior elaboración de un proyecto ejecutivo para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Centro de Salud de la Ciudad de San José de los Arroyos del Departamento de Caaguazú.

Se realizó el relevamiento de datos técnico de la condición actual del Centro de Salud constatando falencias en la seguridad de la instalación eléctricas que pueden ser mejoradas con la implementación de este proyecto ejecutivo como son la implementación de la equipotencialización que servirá como protección contra choques eléctricos, protección de las instalaciones contra sobretensiones transitorias en líneas de energía, la correcta coordinación de protecciones, un diseño de iluminación normal y de emergencia que suministrará una cantidad de luz suficiente para el tipo de actividad que se desarrolle.

Este proyecto al ser ejecutado beneficiará a las 27.000 personas que son atendidas por año y a los personales que trabajan en el Centro de Salud de la ciudad de San José de los Arroyos.

Finalmente, se realizó un presupuesto del costo que tendrá el proyecto ejecutivo de mejoramiento de las instalaciones eléctricas cuyo costo es justificable debido a que ofrecerá una mayor seguridad a las personas y equipos ante riesgos eléctricos.

## VI. RECOMENDACIONES

En base al análisis realizado en este proyecto para el Centro de Salud se recomienda la realización de los siguientes puntos:

- La implementación de un sistema de equipotencialización en las instalaciones eléctricas.
- La implementación de un sistema de iluminación de emergencia.
- La implementación de un esquema IT para la sala de Quirófano y Parto.
- La realización de estudios similares para otros Centros de Salud del Departamento de Caaguazú para garantizar la seguridad de las personas y equipos en las instalaciones eléctricas.

## VII. APÉNDICE

### Apéndice A: Resumen ejecutivo

#### Apéndice A.1: Determinación de costos

En esta sección se detallan los costos de materiales y mano de obra para la implementación de las mejoras en la instalación eléctrica del Centro de Salud de San José de los Arroyos.

Tabla 7. Planilla de cómputo métrico y presupuesto

PLANILLA DE CÓMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO					
COD.	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
A	Iluminación y Tomas				
A.1	Toma simple con conector de tierra	Uni.	10	25.000	250.000
A.2	Toma doble tipo hospitalario	Uni.	70	50.610	3.542.700
A.3	Luminaria Philips TCW060	Uni.	45	286.000	12.870.000
A.4	Luminaria Philips LED 40W	Uni.	28	205.000	5.740.000
A.5	Luminaria de emergencia Philips	Uni.	17	178.000	3.026.000
A.6	Montaje de tomacorrientes	Uni.	80	72.000	5.760.000
A.7	Montaje de Luminarias	Uni.	90	72.000	6.480.000
B	Tableros y accesorios				
B.1	Transformador trifásico 100 kVA	Uni.	1	23.700.000	23.700.000
B.2	Interruptor termomagnético 4x160 A	Uni.	1	1.012.000	1.012.000
B.3	Interruptor termomagnético 4x40 A	Uni.	1	116.500	116.500
B.4	Interruptor termomagnético 4x32 A	Uni.	2	112.000	224.000
B.5	Interruptor termomagnético 4x20 A	Uni.	3	112.000	336.000
B.6	Interruptor termomagnético 4x13 A	Uni.	4	112.000	448.000

B.7	Interruptor termomagnético 4x16 A	Uni.	2	112.000	224.000
B.8	Interruptor termomagnético 4x10 A	Uni.	6	112.000	672.000
B.9	Interruptor termomagnético 2x16A	Uni.	3	32.000	96.000
B.10	Interruptor termomagnético 2x10A	Uni.	28	32.000	896.000
B.11	Interruptor diferencial 2x10A	Uni.	12	300.000	3.600.000
B.12	Interruptor termomagnético 2x6A	Uni.	3	112.000	336.000
B.13	Interruptor diferencial 2x6A	Uni.	5	300.000	1.500.000
B.14	Interruptor termomagnético 2x4A	Uni.	9	112.000	1.008.000
B.15	Interruptor diferencial 4x4 A	Uni.	1	450.000	450.000
B.16	Interruptor termomagnético 2x2A	Uni.	1	112.000	112.000
B.17	Interruptor termomagnético 2x1A	Uni.	2	112.000	224.000
B.18	Barra de cobre 40mm <sup>2</sup> 20x2	m.	3	308.000	924.000
B.19	Barra de cobre 24mm <sup>2</sup> 12x2	m.	15	190.000	2.897.500
B.20	Conductor XLPE 50mm <sup>2</sup>	m.	26	32.000	832.000
B.21	Conductor XLPE 6mm <sup>2</sup>	m.	825	9.000	7.425.000
B.22	Conductor XLPE 4mm <sup>2</sup>	m.	1115	7.000	7.805.000
B.23	Conductor 4mm <sup>2</sup> multifilar		1300	4.400	5.720.000
B.24	Conductor 4mm <sup>2</sup> multifilar (verde/amarillo)	m.	650	4.600	2.990.000
B.25	Conductor 2mm <sup>2</sup> multifilar	m.	720	2.400	1.728.000
B.26	Conductor 2mm <sup>2</sup> multifilar (verde/amarillo)		360	2.600	936.000
B.27	Conductor 1mm <sup>2</sup> multifilar	m.	335	2.000	670.000
B.28	Conductor 1mm <sup>2</sup> multifilar (verde/amarillo)	m.	170	2.200	374.000
B.29	Colocación de caja embutida	Uni.	10	720.000	7.200.000
B.30	Instalación de electroductos	m.	400	12.000	4.800.000
B.31	Instalación de DPS en tablero trifásico	Uni.	1	360.000	360.000
B.32	Tablero de transferencia	Uni.	3	1.500.000	4.500.000
B.33	Montaje y conexiónado de VT	Uni.	14	144.000	2.016.000
B.34	Termocalefón 80 Ltrs.	Uni.	3	1.500.000	4.500.000
C	Alumbrado				
C.1	Provisión y colocación de Alumbrado Solar de 50W	Uni.	5	3.400.000	17.000.000
C.2	Provisión y colocación de poste de H°A° tronco-conico 9x200 c/Brazo de caño Galvanizado 2" para dos Luminarias	Uni.	5	2.000.000	10.000.000
D	Líneas subterráneas para alimentadores				

D.1	Línea subterránea de 0.7 m. de profundidad con protección mecánica. electroductos con cableado	m.	105	36.000	3.780.000
D.2	Provisión y Colocación de registros (0.45x0.45x0.50) con tapa de H°A°	Uni.	10	350.000	3.500.000
E	Puesta a tierra				
E.1	Conductor de cobre desnudo 35mm2	m.	86	36.700	3.156.200
E.2	Jabalina de cobre 3m con conector de puesta a tierra	Uni.	28	150.000	4.200.000
E.3	Excavación de 0.7m de profundidad	m.	86	16.000	1.376.000
E.4	Instalación de sistema de puesta a tierra con soldadura	Uni.	2	6.000.000	12.000.000
E.5	Tablero de Aislación IT	Uni.	1	8.274.000	8.274.000
E.6	UPS online de 3kVA 220V	Uni.	1	4.971.400	4.971.400
E.7	UPS online de 10kVA 380V	Uni.	1	35.100.000	35.100.000
F	Media Tensión				
F.1	Montaje de estructura de MTDH°4	Uni.	1	4.000.000	4.000.000
F.2	Montaje de estructura de MTDH°8	Uni.	1	3.000.000	3.000.000
F.3	Montaje de estructura SFTH	Uni.	2	5.000.000	10.000.000
F.4	Provisión y Colocación de registros con tapa de H°A°	Uni.	2	350.000	700.000
F.5	Excavación de 0.7m de profundidad para alimentador	m.	29	16.000	464.000
F.6	Conductor Cobre desnudo 35 mm2		18	36.700	660.600
F.7	Jabalina de cobre 3m con conector de puesta a tierra	Uni.	9	150.000	1.350.000
F.8	Excavación de 0.7m de profundidad para puesta a tierra	m.	18	16.000	288.000
F.9	Instalación de sistema de puesta a tierra con soldadura	Uni.	1	6.000.000	6.000.000
F.10	Provisión y colocación de conductores de M.T. 35 mm2 AL Desnudo	m.	60	3.400	204.000
F.11	Provisión y colocación de conductores de M.T. NYY 50 mm2 Aislado	m.	87	130.000	11.310.000
F.12	Excavación, erección y cimentación reforzada tipo II. poste H°A° de 12m. 300kgf	Uni.	2	4.500.000	9.000.000
<b>COSTO TOTAL (Gs.)</b>					<b>278.634.900</b>



## Apéndice B: Ingeniería de diseño

### Apéndice B.1: Coordinación de protecciones

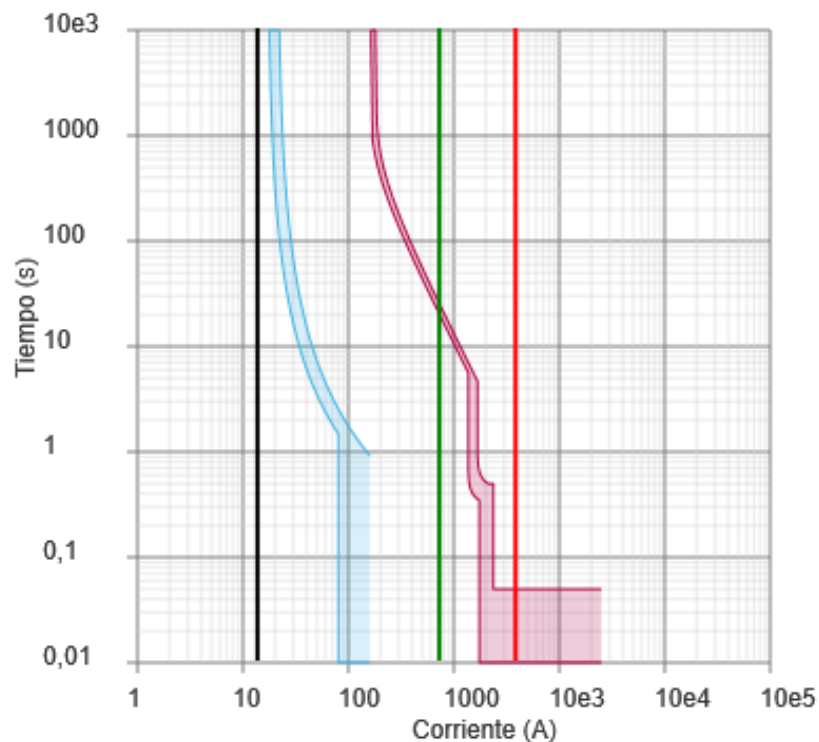
La coordinación de protecciones se realizó utilizando el software EcoStruxure Power Design - Ecodial INT V4.97. Seguidamente se detalla los resultados obtenidos.

#### B.1.1. Diagrama de selectividad para QA01 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA01 : iDPN.N - C - 16 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

<b>I<sub>b</sub></b>	<b>I<sub>k3Máx</sub></b>	<b>I<sub>k1mín</sub></b>	<b>I<sub>efmin</sub></b>
— 13A	— 3.66 kA	— 0.69 Ka	— 0.70 Ka

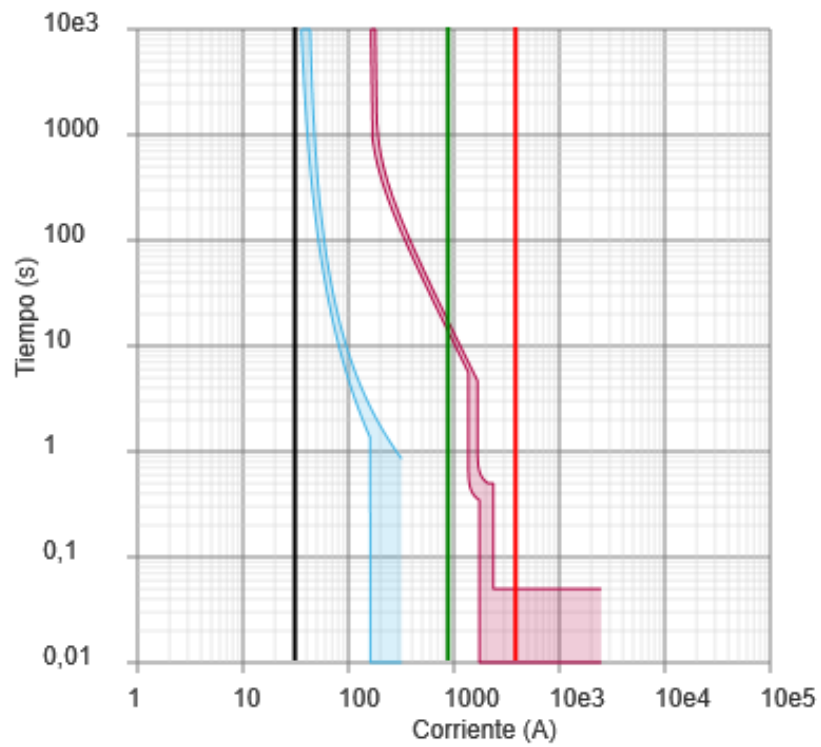
	QA01	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	16	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	16	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
I <sub>r</sub> (A)	16	152
T <sub>r</sub> (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	120	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	2400

### B.1.2. Diagrama de selectividad para QA02 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA02 : iDPN.N - C - 32 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

$I_b$                        $I_{k3Máx}$                        $I_{k1mín}$                        $I_{efmin}$   
 — 29<sup>a</sup>                      — 3.66 kA                      — 0.83 kA                      — 0.84 kA

	QA02	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	32	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	32	160

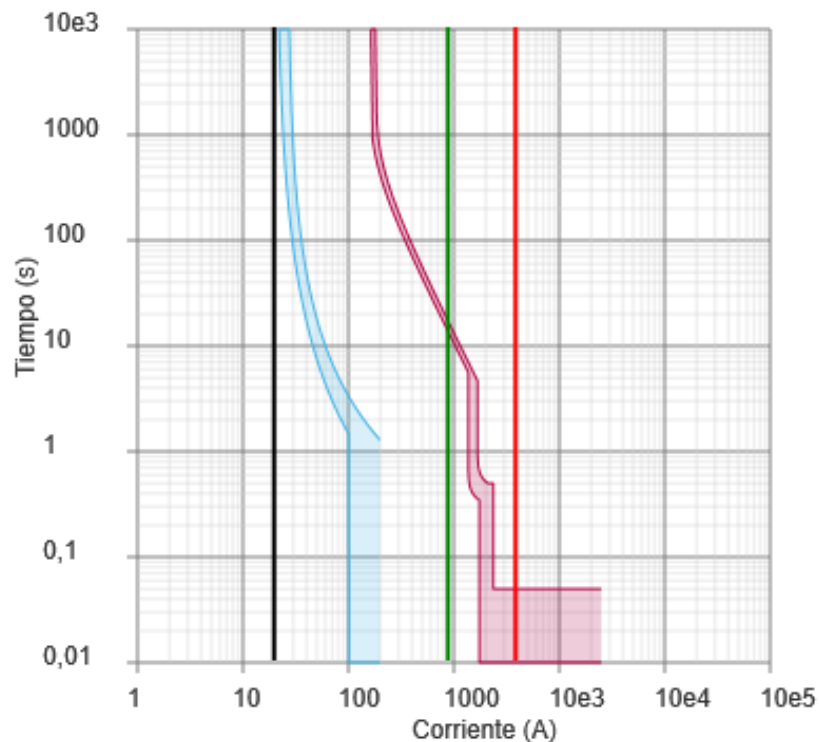
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	32	152
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	240	1520
Tsd (s)	0	0.4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	2400

### B.1.3. Diagrama de selectividad para QA03 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA03 : iDPN.N - C - 20 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

<b>I<sub>b</sub></b> 18A	<b>I<sub>k3Máx</sub></b> 3.66 Ka	<b>I<sub>k1mín</sub></b> 0.83 kA	<b>I<sub>efmin</sub></b> 0.84 kA
-----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

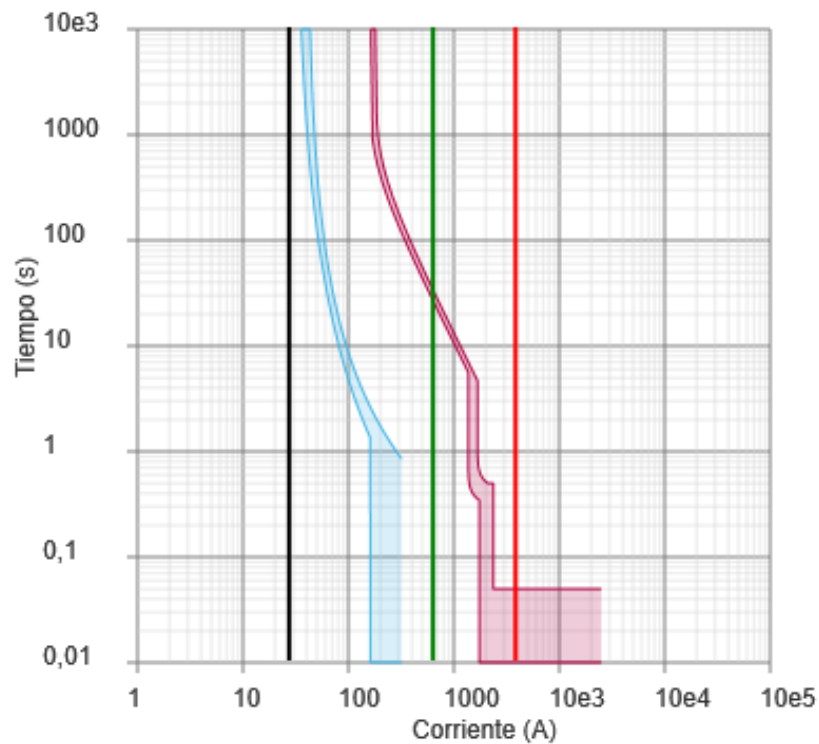
	QA03	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	20	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	20	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
I <sub>r</sub> (A)	20	152
T <sub>r</sub> (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	150	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	2400

#### B.1.4. Diagrama de selectividad para QA04 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA04 : iDPN.N - C - 32 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— Ib 26A      — Ik3Máx 3.66 kA      — Ik1mín 0.60 kA      — Iefmin 0.60 Ka

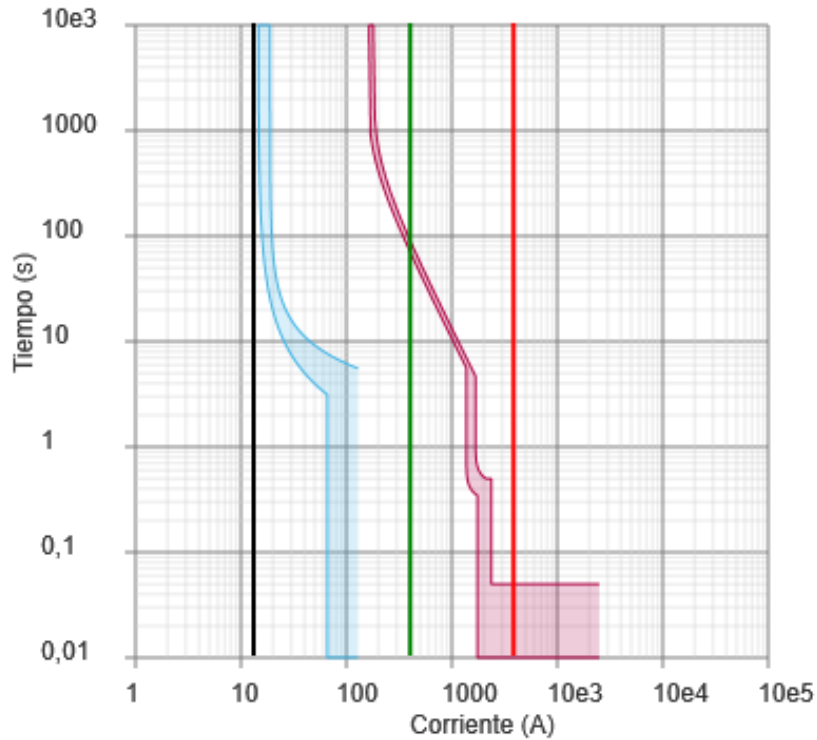
	QA04	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	32	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	32	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	32	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	240	1520
Tsd (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	2400

### B.1.5. Diagrama de selectividad para QA05 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA05 : iDPN.N - C - 13 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— Ib  
12A

— Ik3Máx  
3.66 kA

— Ik1mín  
0.38 kA

— Iefmin  
0.38 kA

	QA05	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	13	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	13	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		

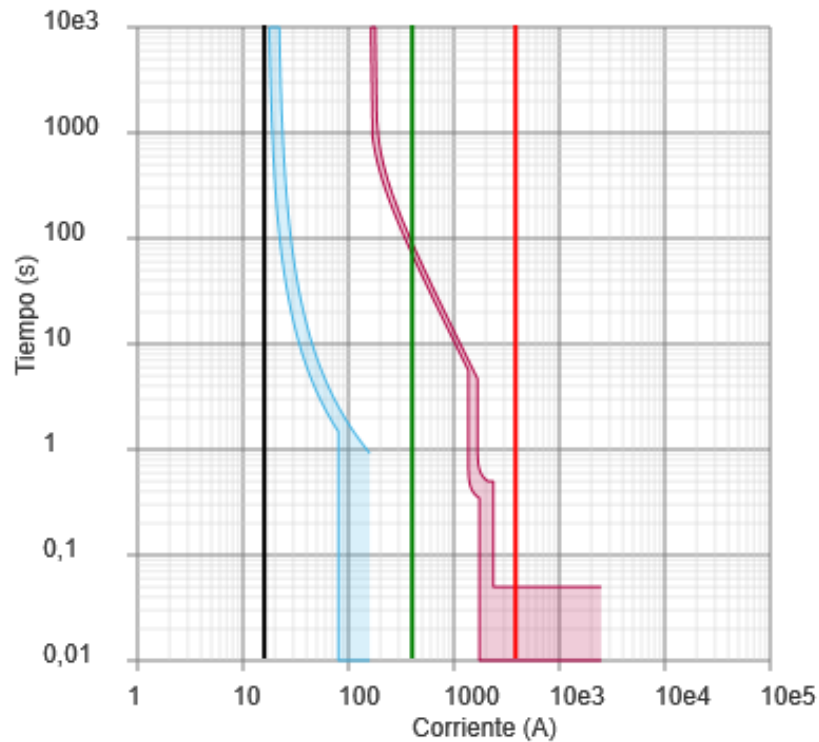
Ir (A)	13	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	97.5	1520
Tsd (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	2400

### B.1.6. Diagrama de selectividad para QA06 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA06 : iDPN.N - C - 16 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— Ib  
15A

— Ik3Máx  
3.66 Ka

— Ik1mín  
0.38 kA

— Iefmin  
0.38 kA

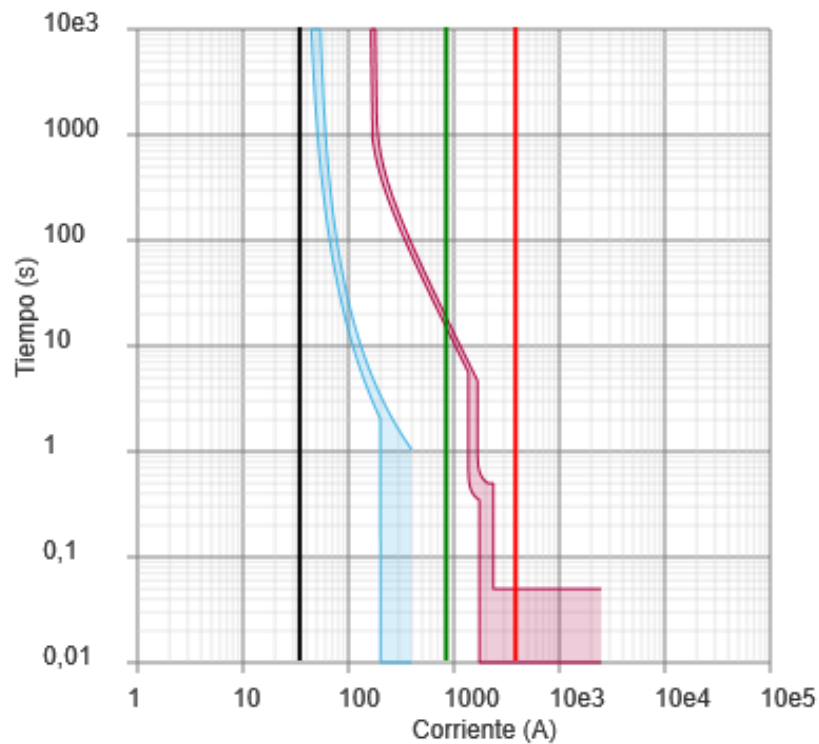
	QA06	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	16	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	16	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	16	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	120	1520
Tsd (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	2400

### B.1.7. Diagrama de selectividad para QA07 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA07 : iDPN.N - C - 40 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— Ib 32A      — Ik3Máx 3.66 kA      — Ik1mín 0.80 kA      — Iefmin 0.81 kA

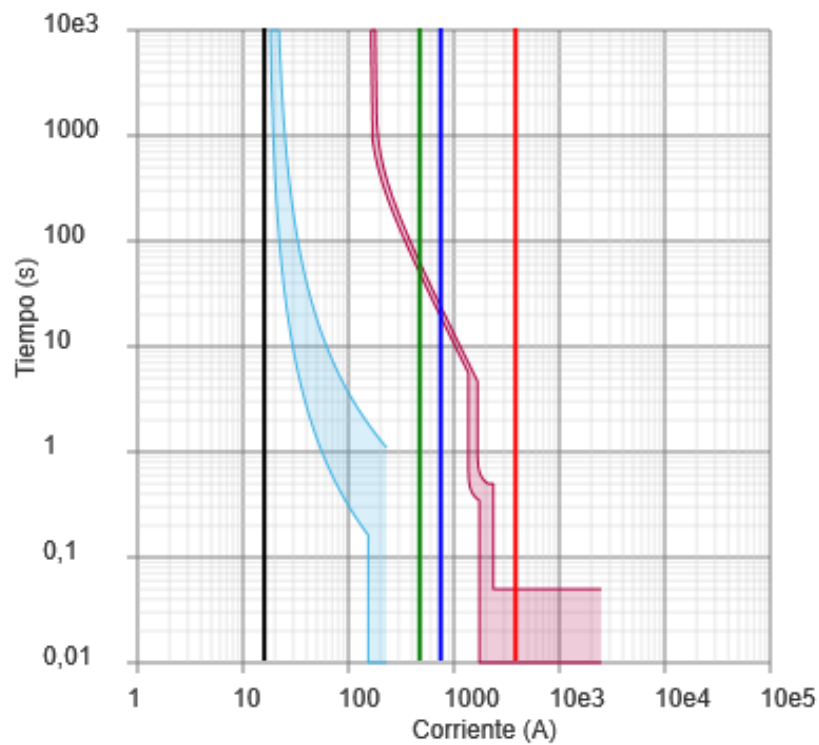
	QA07	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	40	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	40	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	40	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	300	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	2400

### B.1.8. Diagrama de selectividad para QA08 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA08 : iC60N - D - 16 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— Ib  
15A

— Ik3Máx  
3.66 kA

— Ik2mín  
0.72 kA

— Iefmín  
0.45 kA

	QA08	QA 0
Gama	Acti9 iC60	Compact NSX
Tecnología	iC60N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	16	160
Unidad de disparo	D	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	16	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	16	152
Tr (s)	0	16

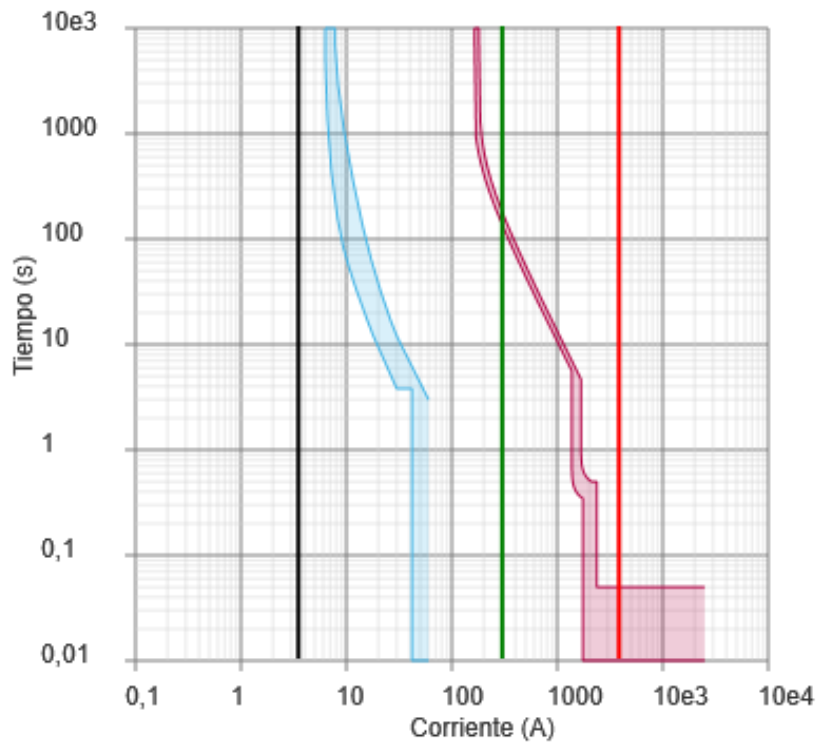
Ajustes de retardo corto		
I <sub>sd</sub> (A)	192	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
disparo instantáneo		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	2400

### B.1.9. Diagrama de selectividad para QA09 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA09 : iDPN.N - C - 6 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

— I<sub>b</sub>  
3A

— I<sub>k3Máx</sub>  
3.66 kA

— I<sub>k1mín</sub>  
0.28 kA

— I<sub>efmin</sub>  
0.29 kA

	QA09	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		

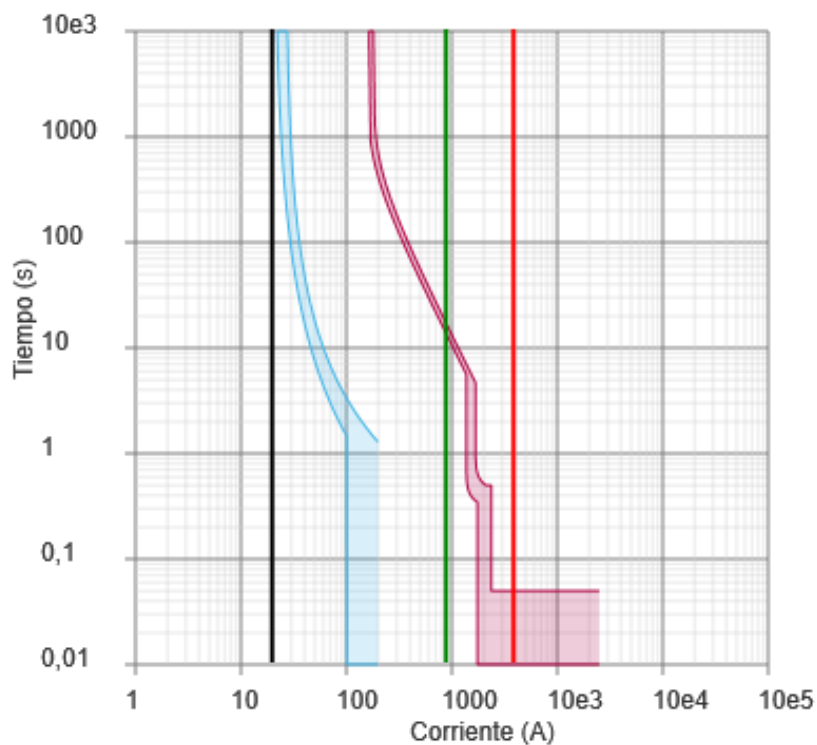
Disyuntor / fusible del circuito	6	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	6	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	6	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	51	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	2400

### B.1.10. Diagrama de selectividad para QA10 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA10 : iDPN.N - C - 20 A

QA 0 : NSX160B - Micrologic 5.2 E - 160 A

Estado de la selectividad: Selectividad total




— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush


— Ib 19.9 A	— Ik3Máx 3.66 Ka	— Ik1mín 0.83 kA	— Iefmin 0.84 kA
----------------	---------------------	---------------------	---------------------

	QA10	QA 0
Gama	Acti9 iDPN	Compact NSX
Tecnología	iDPN.N	NSX160B
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	20	160
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.2 E
Viaje de los aparatos	20	160
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	20	152
Tr (s)	0	16
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	150	1520
T <sub>sd</sub> (s)	0	0.4
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	2400

## Apéndice B.2: Dimensionamiento de limitador de sobretensión (DPS)

El dimensionamiento del limitador de sobretensión se realizó utilizando el software EcoStruxure Power Design - Ecodial INT V4.97. Seguidamente se detalla los resultados obtenidos.

 **Resultados**

Gama	iPRD
Designación	iPRD20r
Un (V)	380
I <sub>max</sub> (kA)	20
I <sub>sc</sub> (kA)	10
Tipo de limitador de sobretensio	Type 2 
Categoría de riesgo de sobreter	Baja

El Descargador de Sobretensión Transitoria iPRD20r 3P+N Clase II 20KA con cartuchos recambiables e indicación remota de fin de vida es el adecuado para la instalación proyectada. Seguidamente se resaltan sus características según el fabricante.

<b>Nombre del producto</b>	Acti 9 iPRD-DC
<b>Tipo de producto o componente</b>	Descargador de sobretensiones con cartucho enchufable
<b>Modelo de dispositivo</b>	iPRD20r
<b>Aplicación del dispositivo</b>	Distribución
<b>Número de polos</b>	3P + N
<b>Señalización remota</b>	Donde
<b>Composición contactos de señal</b>	1 SD (1 C/A)
<b>Tipo limitador sobretensión</b>	Red de distribución eléctrica
<b>Sistema de tierra</b>	TT TN-S

<b>Tipo clase limitador de sobrete</b>	Tipo 2
<b>Tecnología de limitador de sobrete</b>	MOV + GDT
<b>Tensión asignada de empleo</b>	230/400 V CA (+/- 10 %) a 50/60 Hz
<b>[In] nominal discharge current</b>	Modo común: 5 kA (L/PE) Modo común: 5 kA (N/PE) Modo diferencial: 5 kA (L/N)
<b>[Imax] maximum discharge current</b>	Modo común: 20 kA L/PE Modo común: 20 kA N/PE Modo diferencial: 20 kA L/N
<b>Uc max continuous opertg vltg</b>	Modo común: 260 V N/PE Modo diferencial: 350 V L/N
<b>Nivel de protección de tensión</b>	Modo diferencial <1,2 kV tipo 2 L/N Modo común <1,4 kV tipo 2 N/PE
<b>[Ut] sobretensión temporal</b>	337 V L / N 5 s resistir a 1200 V N / PE 200 ms modo de fallo seguro 442 V L / PE 5 s resistir a 1455 V L / PE 200 ms modo de fallo seguro
<b>Tipo de dispositivo desconector</b>	Interr. auto. asociado iC60N 20 A curva C - Icu 10 kA Interr. auto. asociado iC60H 20 A curva C - Icu 15 kA

### Apéndice B.3: Dimensionamiento de elementos de tableros

En la siguiente tabla se describen las dimensiones de los elementos del tablero. El dimensionamiento de las barras se realizó utilizando la tabla “INTENSIDAD ADMISIBLE EN BARRAS DE COBRE Y ALUMINIO” del ANEXO N° 18 del Reglamento de Baja Tensión de la ANDE.

DENOMINACIÓN	Potencia (W)	Corriente (A)	TM	Barra	Sección de conductores (mm <sup>2</sup> )
TABLERO GENERAL	93.204	150.64	3x160 A	40mm <sup>2</sup> 20x2 (185 A)	50
TABLERO COCINA	7.792	12.2	3x16 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABLERO INTERNADOS	14.094	22.9	3x32 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABLERO INTER. TRANSF.	6.386	10.2	3x20 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABLERO RAYOS X	12.308	19.7	3x32 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	6
TABLERO QUIRÓFANO	5.362	8.4	3x13 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABLERO PARTO	7.500	12.7	3x16 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABLERO CONSULTORIOS	20.962	34.25	3x40 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	6
TABLERO IT QUIRÓFANO	2.400	10.9	16 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	6
TABLERO CAPILLA	4.400	6.7	3x10 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4
TABL. NUEVO PABELLÓN	12.000	19.2	3x20 A	24mm <sup>2</sup> 12x2 (110A)	4

## Apéndice B.4: Corrección de factor de potencia

### B.4.1. Corrección de factor de potencia TABLERO GENERAL

Se realizará la corrección de factor de potencia mediante un sistema automatizado de compensación de reactivos para el TABLERO GENERAL debido a que su f.p. es de 0.94

$$P = 93.204 \text{ W}$$

$$\cos \varphi_2 = 0.97 \text{ (estimado)}$$

$$\cos \varphi_1 = 0.94$$

Utilizando la fórmula:

$$Q_c = P * (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

$$Q_c = 93,204 * (tg(19.948) - (tg(14.069)))$$

$$Q_c = 10.47 \text{ kVAr}$$

Se adopta tres etapas de condensadores de 4 kVAr (sumando en total 12 kVAr) lo que mejorará el f.p. a 0.974 para la condición de máxima demanda. Cada condensador estará comandado por un sistema automatizado que incluirá las etapas según lo requiera la instalación.

Se verifica que el factor de potencia correspondiente a la demanda máxima está por encima del valor mínimo según el pliego de tarifas 21 de ANDE, cumpliéndose así la normativa vigente.

## Apéndice B.4: Dimensionamiento por circuitos

Tabla 8. Tablas de dimensionamiento por circuitos

TABLERO IT QUIRÓFANO									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#2	TOMAS IT	QUIRÓFANO	1200	1.5	4	0.03	5.45	28	2x6A
#3	TOMAS IT	PARTO/ PREPARTO	1200	3	4	0.06	5.45	28	2x6A

TABLERO PARTO									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#5	A.A.	DESINFECCIÓN	1500	9.7	2	0.52	6.82	18	2x10 A
#6	A.A.	QUIRÓFANO	1500	14	2	0.75	6.82	18	2x10 A
#7	A.A.	PARTO	1500	16	2	0.85	6.82	18	2x10 A
#8	A.A.	PREPARTO	1500	13.8	2	0.74	6.82	18	2x10 A
#10	A.A.	RECIEN NACIDOS	1500	13	2	0.69	6.82	18	2x10 A

TABLERO QUIRÓFANO CON TRANSFERENCIA									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#1	ILUMINACIÓN	QUIRÓFANO +DESINFECCIÓN +PARTO/PRE	1762	8	4	0.25	8.01	28	2x10 A
#4	TOMAS TRIF. + MONO	DESINFECCIÓN	800	9	4	0.02	3.64	28	4x4 A
#9	TOMAS	RECIEN NACIDOS	1100	6	4	0.12	5.00	28	2x6 A
#23	AUTOCLAVE	ASEO	1700	9.5	4	0.29	7.73	28	2x10 A

TABLERO CONSULTORIOS									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#24	ILUMINACIÓN	ASEO/VESTIDORES/ SALA DE ESPERA	854	9	4	0.14	3.88	28	2x4 A
#25	A.A.	SALA DE ESPERA	1500	16	2	0.85	6.82	18	2x10 A
#26	A.A.	CONSULTORIO 1	1500	12.8	2	0.68	6.82	18	2x10 A
#27	TOMAS	CONSULTORIO 1. 2 Y 3	1500	5	4	0.13	6.82	28	2x10 A

#28	TOMAS	ADMISIÓN. DORMIT. MÉDICO. ESTADISTICA	2100	11	4	0.41	9.55	28	2x10 A
#29	A.A.	ADMISIÓN	1500	12	2	0.64	6.82	18	2x10 A
#30	A.A.	DORMITORIO DE MEDICO	1500	13.5	2	0.72	6.82	18	2x10 A
#31	A.A.	ESTADISTICA	1500	12.3	2	0.66	6.82	18	2x10 A
#32	ILUMINACIÓN	SSHH. DORMIT. MED.. PROC. Y DES.. ESTADIST.	1200	11	4	0.24	5.45	28	2x6 A
#33	ILUMINACIÓN	CONSULTORIO 2. 3	432	5	4	0.04	1.96	28	2x4 A
#34	TOMAS	COCINA Y PIEZA	1400	14	4	0.35	6.36	28	2x10 A
#35	ILUMINACIÓN	COCINA Y SSHHs	1000	12	4	0.21	4.55	28	2x6 A
#36	TOMA DE FUERZA	COCINA	1500	19	4	0.51	6.82	28	2x10 A
#37	A.A.	PROCED. Y DESARROLLO	1500	5	2	0.27	6.82	18	2x10 A
#38	V.T.	CONSUL.1. 2.3 ADM.	1200	6	4	0.13	5.45	28	2x10 A
#57	ILUM. EMERGENCIA 1		20	5	4	0.00	0.09	28	2x1 A
#59	ILUM. EXTERIOR		756	5	2	0.13	3.44	18	2x6 A

TABLERO RAYOS X									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	SAdop. (mm <sup>2</sup> )	e%	Ib (A)	IAdm. Cond (A)	TM
#41	ILUMINACIÓN	SALA DE ESPERA. RAYOS X. COMANDO	682	3.8	4	0.05	3.10	28	2x4 A
#42	TOMAS	RAYOS X. COMANDO	1200	2	4	0.04	5.45	28	2x6 A
#43	EQUIPO DE RAYOS X	RAYOS X	3500	11.2	4	0.70	15.9	28	2x16 A
#44	A.A.	RAYOS X	1500	13.5	2	0.72	6.82	18	2x10 A
#45	V.T.	SALA DE ESPERA	450	4.2	4	0.03	2.05	28	2x4 A
#46	ILUMINACIÓN	LABORATORIOS	562	4.2	4	0.04	2.55	28	2x4 A
#47	TOMAS	LABORATORIOS	1200	6.2	4	0.13	5.45	28	2x6 A
#48	A.A.	LABORATORIO 2	1500	14.5	2	0.77	6.82	18	2x10 A
#49	EXTRACTOR	LABORATORIO 2	200	12.5	4	0.04	0.91	28	2x10 A
#50	A.A.	LABORTATORIO	1500	11	2	0.59	6.82	18	2x10 A
#58	ILUM. EMERGENCIA 2		14	5	2	14	0.06	18	2x1 A

TABLERO INTERNADOS CON TRANSFERENCIA
--------------------------------------

N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	lb (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#11	V.T.	PRIM. AUX + DIRECCIÓN + PAI	450	13.5	4	0.11	2.05	28	2x4 A
#12	TOMAS	PRIM. AUX + INTERN. 1 + 2	1700	6	4	0.18	7.73	28	2x10 A
#15	ILUMINACIÓN	INTER. 1 + 2 + 3 .PRIM AUXILIOS	1112	5	4	0.10	5.05	28	2x6 A
#16	TOMAS	INTERNADO 2 Y 3	1600	4	4	0.11	7.27	28	2x10 A
#20	ILUMINACIÓN	DIRECCIÓN / PAI	324	15	4	0.09	1.47	28	2x2 A
#21	TOMAS	DIRECCIÓN / PAI	1200	13.7	4	0.29	5.45	28	2x6 A

TABLERO INTERNADOS									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	lb (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#13	A.A.	PRIM. AUXILIOS	1500	15	2	0.80	6.82	18	2x10 A
#14	A.A.	INTERNADO 1	1500	14.5	2	0.77	6.82	18	2x10 A
#17	A.A.	INTERNADO 2	1500	6.5	2	0.35	6.82	18	2x10 A
#18	A.A.	INTERNADO 3	1500	7	2	0.37	6.82	18	2x10 A
#19	A.A.	DIRECCIÓN	1500	9.5	2	0.51	6.82	18	2x10 A
#22	A.A.	PAI	1500	13	2	0.69	6.82	18	2x10 A
#39	CALEFÓN	INTERNADO 1	1500	9.2	2	0.49	6.82	18	2x10 A
#40	CALEFÓN	INTERNADO 2	1500	9.5	2	0.51	6.82	18	2x10 A
#60	ILUM. EXTERIOR		594	10	4	0.11	2.70	18	2x4 A
#61	CALEFÓN	INTERNADO 3	1500	11	2	0.59	6.82	18	2x10 A

TABLERO COCINA									
N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	lb (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#51	ILUMINACIÓN	COCINA COMEDOR	1242	3	4	0.07	5.65	28	2x10 A
#52	TOMAS	COCINA COMEDOR	1200	6.6	4	0.14	5.45	28	2x10 A
#53	TOMAS	COCINA COMEDOR	1600	8.6	4	0.25	7.27	28	2x10 A
#54	TOMA DE FUERZA	COCINA COMEDOR	1500	17	4	0.45	6.82	28	2x10 A
#55	TOMA DE FUERZA	COCINA COMEDOR	1500	5	4	0.13	6.82	28	2x10 A
#56	ALUMBRADO	EXTERIOR	750	6.7	10	0.06	3.41	28	2x4 A

TABLERO CAPILLA									
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

---

N°	DENOMINACIÓN	ÁREAS	Pot. (W)	Long. (m)	S <sub>Adop.</sub> (mm <sup>2</sup> )	e%	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>Adm. Cond</sub> (A)	TM
#62	ILUMINACIÓN	CAPILLA	2200	5	4	0.20	10	28	2x10 A
#63	TOMAS	CAPILLA	2200	5	4	0.20	10	28	2x10 A

## **Apéndice B.5: Cálculo de puesta a tierra**

### **B.5.1. Características de la malla para el esquema IT**

Tabla 9. Materiales de la malla para esquema IT

Número de Conductores	7
Numero de Jabalinas	10
Longitud total de Conductores	35.5 m
Longitud total de jabalinas	30.5 m
Frecuencia	50
Sistema de unidades	Métrico

Tabla 10. Datos de sistema esquema IT

Datos del Sistema									
Freq.	Peso	Temperatura Ambiente	Corriente de falla		Sf	Cp	Tf	Tc	Ts
Hz	Kg	°C	kA	X/R	%	%	s	s	s
50	70	40	0.22	10	5	100	0.15	0.15	0.15

Constante de Materiales							
Elemento	Tipo	Conductividad	αr Factor @ 20 °C 1/°C	K0 @ 0 °C	Temperatura de fusión °C	Resistividad del conductor micro ohm.cm @ 20°C	Capacidad Térmica por unidad de Volumen J/(cm³.°C)
Conductor	Cobre recocido suave	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42
Jabalina	Cobre recocido suave	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42

Tabla 11. Datos de conductores IT

Datos de conductores			
Denominación	Tipo	mm2	Longitud (m)
C1	Cobre recocido suave	35	7.5
C2	Cobre recocido suave	35	7.5
C3	Cobre recocido suave	35	6
C4	Cobre recocido suave	35	6

C5	Cobre recocido suave	35	3
C6	Cobre recocido suave	35	3
C7	Cobre recocido suave	35	2.5
		<b>Total (m)</b>	<b>35.5</b>

Tabla 12. Datos de jabalinas IT

Datos de jabalinas			
Denominación	Tipo	Diámetro (cm)	Longitud (m)
J1	Cobre recocido suave	2	3.05
J2	Cobre recocido suave	2	3.05
J3	Cobre recocido suave	2	3.05
J4	Cobre recocido suave	2	3.05
J5	Cobre recocido suave	2	3.05
J6	Cobre recocido suave	2	3.05
J7	Cobre recocido suave	2	3.05
J8	Cobre recocido suave	2	3.05
J9	Cobre recocido suave	2	3.05
J10	Cobre recocido suave	2	3.05
		<b>Total (m)</b>	<b>30.5</b>

### B.5.2. Características de la malla para el esquema TN-S

Tabla 13. Materiales de la malla para esquema TN-S

Número de Conductores	9
Numero de Jabalinas	18
Longitud total de Conductores	66 m
Longitud total de jabalinas	54.9 m
Frecuencia	50
Sistema de unidades	Métrico

Tabla 14. Datos de sistema esquema TN-S

Datos del Sistema									
Freq.	Peso	Temperatura Ambiente	Corriente de falla		Sf	Cp	Tf	Tc	Ts
Hz	Kg	°C	kA	X/R	%	%	s	s	s
50	70	40	2	10	4	100	0.5	0.5	0.5

Constante de Materiales							
Elemento	Tipo	Conductividad	$\alpha$ Factor @ 20 °C 1/°C	K0 @ 0 °C	Temperatura de fusión °C	Resistividad del conductor micro ohm.cm @ 20°C	Capacidad Térmica por unidad de Volumen J/(cm <sup>3</sup> .°C)
Conductor	Cobre recocido suave	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42
Jabalina	Cobre recocido suave	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42

Tabla 15. Datos de conductores TN-S

Datos de conductores			
Denominación	Tipo	mm2	Longitud (m)
C1	Cobre recocido suave	35	6
C2	Cobre recocido suave	35	6
C3	Cobre recocido suave	35	6
C4	Cobre recocido suave	35	6
C5	Cobre recocido suave	35	6
C6	Cobre recocido suave	35	6
C7	Cobre recocido suave	35	10
C8	Cobre recocido suave	35	10
C9	Cobre recocido suave	35	10
		<b>Total (m)</b>	<b>66</b>

Tabla 16. Datos de Jabalinas TN-S

Datos de Jabalinas			
Denominación	Tipo	Diámetro (cm)	Longitud (m)
J1	Cobre recocido suave	2	3.05
J2	Cobre recocido suave	2	3.05
J3	Cobre recocido suave	2	3.05
J4	Cobre recocido suave	2	3.05
J5	Cobre recocido suave	2	3.05
J6	Cobre recocido suave	2	3.05
J7	Cobre recocido suave	2	3.05
J8	Cobre recocido suave	2	3.05
J9	Cobre recocido suave	2	3.05
J10	Cobre recocido suave	2	3.05
J11	Cobre recocido suave	2	3.05
J12	Cobre recocido suave	2	3.05

J13	Cobre recocido suave	2	3.05
J14	Cobre recocido suave	2	3.05
J15	Cobre recocido suave	2	3.05
J16	Cobre recocido suave	2	3.05
J17	Cobre recocido suave	2	3.05
J18	Cobre recocido suave	2	3.05
<b>Total (m)</b>			<b>54.9</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. A. Acosta, Estudio de Diseño de la instalación eléctrica del hospital san Rafael de Leticia mediante la Aplicación del RETIE, 2007.
- [2] «Steam educación,» [En línea]. Available: <https://steameducacion.es/es-una-magnitud-fisica-que-cuantifica-la-diferencia-del-potencial-electrico-entre-dos-puntos/>. [Último acceso: 19 Octubre 2022].
- [3] «ELECTRICIDAD.com,» Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios, 2017. [En línea]. Available: <https://luisalbertopol.wordpress.com/electricidad/desarrolla-instalaciones-electricas-residenciales-y-comerciales/>. [Último acceso: 18 Octubre 2022].
- [4] Schneider Electric España, «EcoStruxure Power Design - Ecodial,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product-range/61013-ecostruxure-power-design-ecodial/>. [Último acceso: 2022 Octubre 18].
- [5] ETAP , [En línea]. Available: <https://etap.com/es/product/ground-grid-systems-software>. [Último acceso: 2022 Octubre 18].
- [6] SPT INGENIRÍA LTDA., Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Bogotá, 2008.
- [7] Universidad Nacional de Asunción, [En línea]. Available: [http://www.ing.una.py/ctn/proy\\_norma\\_py\\_cap\\_1\\_4.pdf](http://www.ing.una.py/ctn/proy_norma_py_cap_1_4.pdf). [Último acceso: 2022 Octubre 18].
- [8] Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología, INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN. Norma Paraguaya NP 2 028 13, Asunción, 2013.
- [9] G. F. César Danilo, Guía técnica para el Diseño De Instalaciones Eléctricas en Instituciones de Asistencia Médica en Colombia, Barranquilla: Universidad De La Costa, 2017.
- [10] [En línea]. Available: <http://www.cycingenieros.net/blog/la-importancia-de-una-correcta-instalacion-electrica>.
- [11] I. J. J. Encina, «file:///E:/hospital/Norma%20paraguaya%20INTN.pdf,» [En línea].
- [12] J. GELVEZ, «mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/32/jgelvez.pdf?sequence=4,» [En línea].

## ANEXO