UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

Elaboración del Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, ubicado en la ciudad de Coronel Oviedo.

ELABORADO POR:

MIGUEL FERNANDO LEIVA AGUILERA.

TUTOR:

ING.PEDRO PASTOR DAVID GONZALEZ RODRIGUEZ.

Coronel Oviedo – Paraguay

Año 2023

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

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 y con la siguiente nota final:

Calificación final: ____(Números)

_____ (Letras)

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Acta:

Fecha:

Calificación:

DEDICATORIA

Con profunda gratitud a Dios por haberme guiado y sostenido a lo largo de este camino académico.

A mis amados padres, Roberto Leiva y Lucía Aguilera, agradezco su apoyo incondicional y sus oraciones.

A mis hermanos Matías, Ana y Belén, Han sido mi faro de sabiduría y fortaleza.

A mi novia Luján Rolón, por su aliento y compañía, has sido esencial para mi éxito.

Sin olvidar a todos mis amigos y familiares que me acompañaron en esta carrera de resistencia.

Este logro es el resultado de su amor inquebrantable, apoyo constante y aliento incansable.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profunda gratitud a todos aquellos que han sido parte fundamental de mi viaje.

En primer lugar, agradezco a Dios por su guía y bendiciones a lo largo de este camino. Su constante apoyo y dirección han sido mi mayor fortaleza.

A mis profesores y mentores, su conocimiento y orientación han sido esenciales en mi formación.

A mi tutor el Ingeniero Pedro González, con su apoyo y su dedicación, me ha brindado las herramientas para alcanzar este hito.

A mis amigos y compañeros de clase, por los momentos compartidos, las risas y el apoyo mutuo, les agradezco de corazón.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Enrique Duarte, Pabla Guerrero y Richart Barrios, por su invalorable apoyo en los momentos cruciales durante la elaboración de este proyecto.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este camino y ha sido parte de mi éxito. Que este logro sea también un testimonio de la importancia de la comunidad y el amor en nuestras vidas.

Con gratitud y humildad.

RESUMEN

El enfoque de este trabajo se centra en la formulación del proyecto ejecutivo para las instalaciones eléctricas del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA.

Con el objetivo en mente, se llevó a cabo un análisis de todas las cargas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del edificio, proporcionando un ambiente cómodo tanto para los estudiantes como para el personal de la institución educativa. Posteriormente, tras determinar la distribución de las áreas destinadas a aulas y otros espacios institucionales, se iniciaron los estudios en el software DIALux, permitiendo así la selección adecuada de iluminación para cada entorno de trabajo.

Además, se diseñaron los planos esenciales para el acceso a la energía eléctrica, incluyendo elementos como la infraestructura de media tensión, la ubicación de las luminarias, el diagrama unifilar, la red de baja tensión, el trazado de electroductos y la red de alimentación del grupo electrógeno. Se realizaron cálculos precisos para determinar la elección adecuada del transformador de pedestal, las secciones de los conductores y las protecciones necesarias para cada tablero de la instalación. Asimismo, se llevó a cabo el diseño de una malla de puesta a tierra integral.

Para concluir, se elaboró un presupuesto detallado del proyecto ejecutivo que abarca todas estas fases y elementos cruciales.

Palabras Clave: Planos eléctricos, Instalaciones eléctricas, puesta a tierra.

ABSTRACT

The focus of this work centers on the development of the executive project electrical installations in the classroom block of the future building of the Faculty of Sciences and Technologies at UNCA.

With the objective in mind, an analysis of all the necessary loads was carried out to ensure the proper functioning of the building, providing a comfortable environment for both students and staff of the educational institution. Subsequently, after determining the distribution of areas designated for classrooms and other institutional spaces, studies were initiated using DIALux software, thereby enabling the appropriate selection of lighting for each work environment.

Furthermore, essential plans were designed for accessing electrical energy, including components such as the medium-voltage infrastructure, luminaire placement, single-line diagram, low-voltage network, conduit layout, and the power supply network for the generator set. Precise calculations were conducted to determine the suitable choice of pedestal transformer, conductor sizes, and necessary protections for each installation panel. Likewise, the design of a comprehensive grounding grid was executed.

In conclusion, a detailed budget for the executive project was developed, encompassing all these crucial phases and elements.

Keywords: Electrical diagrams, Electrical installations, grounding.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION. 1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 1
1.2. JUSTIFICACION. 3
1.3. OBJETIVOS. 4
1.3.1. Objetivos Generales. 4
1.3.2. Objetivos Específicos. 4
2. MATERIALES Y METODOS. 5
2.1. Metodología. 5
2.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos. 5
2.1.2. Fases metodológicas. 5
2.2. Reglamentos y normas técnicas consideradas. 7
2.3. Descripción de los planos de la instalación eléctricas. 8
2.3.1. Diagrama unifilar. 8
2.3.2. Planos de los circuitos eléctricos. 8
2.3.2.1. Red de electroductos y bandejas portacables. 9
2.3.2.2. Red del sistema de puesta a tierra. 9
2.3.2.3. Red de Circuitos de luminarias. 9
2.3.2.4. Red de Circuitos de tomacorrientes. 10
2.3.2.5. Red de circuitos para el grupo electrógeno. 10
2.4. Características de la instalación eléctrica. 10
2.4.1. Análisis de cargas. 10
2.4.2. Suministro de energía. 10
2.4.3. Grupo electrógeno. 11
2.4.4. Columna montante. 11
2.4.5. Dimensionamiento de conductores. 12
2.4.6. Descripción del recorrido del conductor de la puesta a tierra. 13
2.4.7. Dimensionamiento de los tableros. 13
2.4.8. Proyecto de iluminación. 14
2.4.8.1. Software DIALux. 15
2.4.8.2. Características Destacadas del Software DIALux. 15
2.5. Descripción del área de estudio. 17

2.5.1. Emplazamiento de la Instalación. 17
2.5.2. Descripción del edificio. 18
2.6. Dimensionamiento del Sistema de Iluminación. 20
2.6.1. Tipo de luminaria seleccionada. 20
2.6.2. Resumen del diseño de Iluminación. 21
2.7. Dimensionamiento de Circuitos Eléctricos. 22
2.7.1. Levantamiento de datos. 22
2.7.1.1. Sistema de Iluminación. 22
2.7.1.2. Sistema de toma de fuerza. 23
2.8. Cálculos correspondientes de los circuitos eléctricos. 25
2.8.1. Calculo de la sección del conductor. 25
2.8.2. Verificación de la sección por caída de tensión. 26
2.8.3. Calculo de la corriente del circuito. 27
2.8.4. Selección de la protección. 28
2.8.5. Resumen de los valores de los circuitos eléctricos. 28
2.9. Dimensionamiento de los Tableros. 31
2.10. Dimensionamiento de puesta a tierra. 32
3. Análisis económico. 37
3.1. Presupuesto del bloque de aulas. 37
3.2. Presupuesto de la línea de Media tensión. 37
3.3. Presupuesto de la línea de Baja tensión. 40
4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES. 43
4.1. Conclusión. 43
4.2. Recomendaciones. 44
5. Bibliografía. 45
6. ANEXO. 46
6.1. Calculo del sistema de Iluminación. 46
6.1.1. Aula. 46
6.1.2. Aula Magna. 48
6.1.3. Biblioteca. 51
6.1.4. Sala de profesores. 54
6.1.5. Baño sexado – inclusivo. 56
6.2. DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR. 62
6.3. DIMENSIONAMIENTO DEL CORRECTOR DE FACTOR DE POTENCIA. 63
6.4. DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR. 65

6.5. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR DESDE EL GENERADOR HASTA EL TABLERO PRINCIPAL. 66

6.6. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR DESDE EL TRANSFORMADOR A LA PROTECCION GENERAL. 69

6.7. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO GENERAL CON EL TABLERO PRINCIPAL DE LA INSTALACIÓN. 72

6.8. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO PRINCIPAL CON LOS SECCIONALES DE LA INSTALACIÓN. 75

6.9. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO SECCIONAL CON LOS LAS CARGAS PUNTUALES DE LA INSTALACIÓN. 78

6.10. Calculo de la malla de puesta a tierra. 80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LUGAR DEL EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO, VISTA SATELITAL. 17
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES ACADÉMICAS DE LA UNCA 18
FIGURA 3. MARCA, LUMINARIA Y TABLAS CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS MISMAS. 20
FIGURA 4. MALLA DE PUESTA A TIERRA. 36
FIGURA 5. SIMULACIÓN DEL RESULTADO FINAL DEL AULA 46
FIGURA 6. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DE LAS AULAS 47
FIGURA 7. SIMULACIÓN DEL RESULTADO FINAL DEL AULA 48
FIGURA 8. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DE LA AULA MAGNA 50
FIGURA 9. SIMULACIÓN DEL RESULTADO FINAL DE LA BIBLIOTECA 51
FIGURA 10. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DE LA BIBLIOTECA. 53
FIGURA 11. SIMULACIÓN DEL RESULTADO FINAL DE LA SALA DE PROFESORES. 54
FIGURA 12. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DE LA SALA DE PROFESORES. 55
FIGURA 13. SIMULACIÓN DEL RESULTADO FINAL DEL BAÑO. 56
FIGURA 14. PLANO DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO. 56
FIGURA 15. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO (MASCULINO) 58
FIGURA 16. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO (FEMENINO) 59
FIGURA 17. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO (PASILLO). 60
FIGURA 18. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO (BAÑO INCLUSIVO) 60
FIGURA 19. ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO. 61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS. 13
TABLA 2. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS EN LUX PARA DIFERENTES ÁREAS DENTRO DEL EDIFICIO EDUCATIVO. 14
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 18
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE LAS SUPERFICIES DEL PROYECTO. 19
TABLA 5. RESUMEN DE CANTIDAD DE LUMINARIAS. 21
TABLA 6. CANTIDAD DE LUMINARIAS EN LA PLANTA BAJA. 22
TABLA 7. CANTIDAD DE LUMINARIAS EN LOS PISOS DEL 1 AL 4. 22
TABLA 8. CANTIDAD DE TOMA DE FUERZA DE LA PLANTA BAJA. 23
TABLA 9. CANTIDAD DE TOMA DE FUERZA EN LOS PISOS DEL 1 AL 4. 24
TABLA 10. VALORES ESENCIALES DEL TRANSFORMADOR A LA PROTECCIÓN GENERAL. 28
TABLA 11. VALORES ESENCIALES PARA EL ALIMENTADOR DEL GENERADOR Y EL TP 29
TABLA 12. VALORES ESENCIALES DE LOS TABLEROS GENERAL Y EL TABLERO PRINCIPAL. 29
TABLA 13. VALORES ESENCIALES DE LOS TABLEROS SECCIONALES. 29
TABLA 14. VALORES ESENCIALES DE LOS TABLEROS SECCIONALES A CARGAS PUNTUALES. 30
TABLA 15. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS. 31
TABLA 16. CONSTANTE DE COMBINACIÓN DE ELECTRODOS PARALELOS. 33
TABLA 17. LISTA DE MATERIALES PARA LA EXTENSIÓN DE LÍNEA Y MONTAJE DEL TRANSFORMADOR. 39
TABLA 18. PRESUPUESTO TOTAL GENERAL. 39
TABLA 19. MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN 41
TABLA 20. DETALLES DE LA MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN 42
TABLA 21. TOTAL GENERAL DEL PRESUPUESTO DE BAJA TENSIÓN. 42
TABLA 22. TABLA DE VALORES DE LAS LUMINARIAS DE LAS AULAS. 47
TABLA 23. VALORES DE LA ILUMINANCIA PARA ZONA ALUMNOS Y ZONA PIZARRA. 48
TABLA 24. VALORES DE LAS LUMINARIAS DE LA AULA MAGNA. 49
TABLA 25. VALORES DE LA ILUMINANCIA PARA ZONA ALUMNOS Y ZONA PIZARRA. 50
TABLA 26. TABLA DE VALORES DE LAS LUMINARIAS DE LA BIBLIOTECA. 52
TABLA 27. VALORES DE LA ILUMINANCIA PARA ZONA DE BIBLIOTECA Y ZONA PIZARRA. 53
TABLA 28. VALORES DE LAS LUMINARIAS DE LA SALA DE PROFESORES. 54
TABLA 29. VALORES DE LA ILUMINANCIA PARA ZONA DE PROFESORES. 55
TABLA 30. VALORES DE LAS LUMINARIAS DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO. 57
TABLA 31. VALORES DE LA ILUMINANCIA PARA ZONA DEL BAÑO SEXADO – INCLUSIVO. 61
TABLA 32. COMPUTO DE TOTAL DE LAS CARGAS DEL EDIFICIO. 62
TABLA 33. FACTOR MULTIPICADOR F. 63
TABLA 34. CARGAS DEL GENERADOR. 65

1. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La educación es un pilar fundamental para el desarrollo de un país, más aún si hablamos de la educación superior, ya que con esta se busca formar profesionales en las distintas áreas del conocimiento científico que puedan ayudar al desarrollo de un país.

La ciudad de Coronel Oviedo es sede de la Universidad Nacional de Caaguazú (UNCA) que cuenta con siete Unidades Académicas. Entre ellas, la Facultad de Ciencias y Tecnologías (FCyT) que fue creada el 17 de noviembre de 2009, inicialmente con tres carreras: Ingeniería en Informática, Ingeniería en Electrónica e Ingeniería en Electricidad. Luego, en el año 2013 se habilitó la carrera de Ingeniería Civil, con lo cual en la actualidad la FCyT cuenta con cuatro carreras.

Datos proveídos por la Dirección Académica de la FCyT en el primer semestre del año 2022 se registró la cantidad de 664 alumnos matriculados. En la actualidad la institución no cuenta con un local propio, esta desarrolla sus actividades académicas y administrativas en un edificio alquilado, con una infraestructura que reúne las exigencias impuestas por los entes reguladores de educación superior en el país.

Ante esta situación, considerando que la FCyT dispone de un terreno para la edificación en el campus “Arandu Poty”, en el año 2019 fue presentado como trabajo final de grado de la carrera de Ingeniería Civil un proyecto de obras civiles para la futura sede, abarcándose tres sectores principales: administrativa, académica y de apoyo. En lo relativo a las Instalaciones Eléctricas en el referido proyecto solo se elabora una tabla del detalle de carga donde se indican la potencia instalada, la cantidad y tipo de artefactos a ser instalados en los respectivos bloques, mostrándose la potencia total a ser instalada. Además, se anexan al proyecto los planos eléctricos de las distintas zonas y el presupuesto de la instalación. Sin embargo, como el objeto del Proyecto Final de Grado no se focaliza en la parte eléctrica sino en las obras civiles,

existen ciertos puntos del estudio de instalaciones eléctricas realizado que ameritan una mayor profundización.

Partiendo de este hecho se plantea con este trabajo realizar una reestructuración de toda la instalación basándose en el proyecto arquitectónico realizado por los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil, las instalaciones eléctricas serán diseñadas y calculadas cumpliendo normativas vigentes, además se tendrán en cuenta los principios fundamentales de seguridad y eficiencia energética.

1.2. JUSTIFICACION

La ciudad de Coronel Oviedo se ha convertido en la capital de la Educación Superior de la región Centro del país, debido a la gran cantidad de oferta académica, ya sea universidades privadas como también públicas. En ese sentido la UNCA, con sus unidades académicas y en particular la FCyT, brinda a una importante cantidad de jóvenes la oportunidad de poder profesionalizarse en las diferentes áreas del conocimiento científico, por lo cual es sumamente importante que las instituciones cuenten con una adecuada infraestructura que coopere para el mejor aprovechamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La FCyT durante sus 12 años de vida institucional ha funcionado en distintos locales alquilados, que, apenas reúnen las condiciones mínimas para el desarrollo de las actividades académicas y administrativas, por lo que se hace cada vez más patente la necesidad de la construcción de una sede propia de la misma, con una infraestructura acorde a los estándares nacionales.

Con la realización de este proyecto de fin de grado se podrá contar con un proyecto ejecutivo de instalación eléctrica en baja tensión, que reúna características técnicas acordes a normas vigentes, estándares de calidad y seguridad, garantizándose la eficiencia energética del edificio, mediante la utilización de nuevas tecnologías que permitan lograr ese objetivo.

La realización de este proyecto de fin de grado beneficiará directamente a toda la comunidad educativa de la FCyT ya que permitirá desarrollar sus actividades en un ambiente confortable y seguro.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivos Generales

Elaborar el Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, ubicado en la ciudad de Coronel Oviedo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Relevar la ubicación y planos de cada planta del edificio, acometidas de media y baja tensión, los cuadros de carga y realizar el cómputo de cargas de la edificación.
- Calcular y dimensionar los materiales y equipos pertinentes para la instalación eléctrica de la edificación, adoptando normas vigentes para el efecto.
- Diseñar los planos eléctricos de la instalación eléctrica de la edificación.
- Diseñar la iluminación interior utilizando la herramienta digital Dialux.
- Diseñar y dimensionar el transformador, el grupo electrógeno de emergencia, los esquemas de los sistemas de puesta a tierra y banco de capacitores de la instalación.
- Desarrollar el cómputo métrico y presupuesto de la instalación eléctrica.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Metodología

Según la estructura y dimensión que abarca este trabajo se considera de nivel descriptivo y también del tipo aplicada. Descriptivo debido a que se plantea a manera de objetivos y se busca describir las características de la realidad a estudiar con el fin de comprenderla de manera más exacta y se considera del tipo aplicada ya que se centrará en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto.

2.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Las técnicas que se utilizarán para la recolección de datos serán la recopilación documental y la técnica de observación. La recopilación documental permitirá la recolección de datos bibliográficos, los cuales están constituidos por trabajos de investigación, revisión de textos, papers, páginas web y las normas o reglamentos acordes con el proyecto abordado en este proyecto de fin de grado, mientras que la técnica de observación será de modalidad libre o no estructurada y tendrá como instrumento el registro descriptivo, mediante cuadernos, notas, entrevistas a profesionales, fotografías e instrumentos de medición.

2.1.2. Fases metodológicas

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

- **Fase I: Relevamiento de datos**

En esta fase se procederá a relevar datos referentes a la ubicación y planos de cada planta del edificio, acometidas de media y baja tensión y los cuadros de carga, mediante la recopilación de documentos presentes en el proyecto de obras civiles y

realizando visitas al terreno en el cual se realizará la construcción del futuro edificio de la FCyT, también se elaborará el computo de cargas de cada planta y el cómputo total.

- **Fase II: Calculo y dimensionamiento de los materiales y equipos pertinentes para la instalación eléctrica de la edificación**

Se realizarán cálculos y se dimensionarán todos los materiales y equipos que serán utilizados en la instalación eléctrica, adoptando lo estipulado en el Reglamento para instalaciones eléctricas de baja tensión de la ANDE y en la Norma Paraguaya NP 20 028 96 y aplicando conceptos y ecuaciones recomendadas por fabricantes. En esta fase también se definirá correctamente la cantidad, ubicación y características de luminarias según la necesidad de cada espacio o área, mediante el software DIALux. En esta fase también se dimensionará el transformador de media tensión que alimentará al edificio.

- **Fase III: Diseño de los planos eléctricos de la instalación eléctrica de la edificación**

En esta etapa, mediante el programa AutoCAD y adoptando lo estipulado en el Reglamento para instalaciones eléctricas de baja tensión de la ANDE, se diseñarán los planos eléctricos de cada planta del edificio, como también los diagramas unifilares de cada tablero con sus respectivos circuitos y demás esquemas pertinentes de la instalación eléctrica en baja tensión del futuro edificio de la FCyT.

- **Fase IV: Dimensionamiento y diseño del sistema de puesta a tierra**

Se realizará la medición de la resistividad del suelo en el terreno teniendo en cuenta aspectos técnicos estipulados en normas vigentes para le mismo, de manera a dimensionar el sistema de puesta a tierra más adecuado que debe ser implementado según la Norma adoptada, para luego elaborar los planos mediante la utilización de software Especializado.

- **Fase V: Dimensionamiento y diseño del esquema de banco de capacitores de la instalación**

Se analizarán los tipos de cargas que se presentan en la instalación eléctrica del edificio, de manera a analizar la necesidad de la implementación de un banco de capacitores, en el caso de ser necesario se procederá a dimensionar y elaborar los planos del esquema de banco de capacitores mediante la utilización de softwares.

- **Fase VI: Desarrollo del cómputo métrico y presupuesto de la instalación eléctrica**

Se establecerán las características técnicas de los materiales y equipos a ser empleados en la instalación. Posterior a esto se determinará el presupuesto requerido para la ejecución de la instalación eléctrica proyectada.

2.2. Reglamentos y normas técnicas consideradas

- Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión. Administración Nacional de Electricidad.
- Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Media Tensión. Administración Nacional de Electricidad.
- Norma Paraguaya NP 2 028 13 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN).
- Pliego de tarifas N° 21, Administración Nacional de Electricidad.
- Norma IEEE 80: Procedimiento de diseño de un sistema de puesta a tierra.

2.3. Descripción de los planos de la instalación eléctricas

Para la realización del proyecto ejecutivo se contemplarán todos los cálculos eléctricos, de los cuales se detallan su desarrollo en el anexo de este texto, por otro lado, los planos eléctricos como así también los diagramas unifilares se presentarán ordenados impresos en una carpeta en hojas A3 anexadas al trabajo de fin de grado.

2.3.1. Diagrama unifilar

Este indica el esquema general del proyecto donde serán representados en diferentes circuitos de potencia, de los cuales incluirán las siguientes informaciones:

- El origen y tipo de la acometida.
- Potencia del transformador de distribución y relación de transformación.
- Potencia y distribución de potencias en circuitos para el grupo electrógenos.
- Potencia de las cargas del tablero principal y seccionales.
- Capacidad de interrupción de los interruptores termomagnéticos y cantidad de polos.
- Cantidad de conductores y la sección por circuito.
- Indicador a que circuito pertenece cada carga, potencia de la carga y a que fase pertenece.

2.3.2. Planos de los circuitos eléctricos

Un plano eléctrico es la representación de los diferentes circuitos que componen y definen las características de una instalación eléctrica y donde se detallan las particularidades de los materiales y dispositivos existentes.

Todos los planos se desarrollan en el Software AutoCAD.

Se tienen en cuenta Reglamento de Baja Tensión de la ANDE, como así también el Reglamento de Media tensión de la ANDE, para el tamaño de los planos, escalas, simbologías, nombramiento de los circuitos y del cableado de los conductores. [1] [2]

Norma Paraguaya NP 2 028 13 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión es la encargada de definición de las secciones de fase de circuitos de corriente alterna como de corriente continua, conductores de neutro, conductores de protección, también los electroductos a utilizar, caja de conexión y tableros de distribución. [3]

Teniendo en cuenta estos puntos se presentan los siguientes planos:

2.3.2.1. Red de electroductos y bandejas portacables

Para mantener la organización y la eficiencia en la distribución de cables las bandejas portacables juegan un papel crucial facilitando la distribución eficiente. Para evitar que los conductores sufran perforadas estando sobre las bandejas estas estarán dentro de los electroductos, en la distribución principal, como así también en las derivaciones, por lo tanto, se presenta el plano donde se detalla el recorrido completo de las bandejas portacables y las derivaciones hechas en electroductos.

2.3.2.2. Red del sistema de puesta a tierra

Se describirán todos los componentes que forman parte de la red de conexiones metálicas del sistema de puesta a tierra que se proyecta para disipar con seguridad cualquier exceso de corriente hacia tierra.

Además, se describe el recorrido del conductor desde la puesta a tierra hasta el tablero principal.

2.3.2.3. Red de Circuitos de luminarias

Comprendido por el plano donde se detallan el recorrido de los conductores que alimentan a los circuitos de los artefactos de iluminación.

2.3.2.4. Red de Circuitos de tomacorrientes

Además, el plano donde están detallados los circuitos de los tomacorrientes, como así también de los diversos equipos instalados en el edificio de cargas puntuales como los acondicionadores de aire, ascensores. Además, están representados los tableros de la instalación.

2.3.2.5. Red de circuitos para el grupo electrógeno

En este se presenta el plano donde están detallados los circuitos que abastecerán a las cargas más importantes del edificio, estás son las luminarias, tomacorrientes y el ascensor.

2.4. Características de la instalación eléctrica

2.4.1. Análisis de cargas

Para el análisis de cargas se realizarán los cálculos que permitan determinar la capacidad del transformador, de los tableros, tanto, para el tablero principal como los seccionales, estos serán los responsables de suministrar y contar la energía eléctrica de las distintas cargas de los bloques de aula, tales como de las luminarias, puntos de tomacorrientes, sistemas de acondicionador de aire, etc.

Conjuntamente, se clasifican las cargas de acuerdo a su importancia (esenciales y no esenciales), donde las cargas esenciales se conectarán mediante una transferencia automática al sistema del grupo electrógeno, ante cualquier inconveniente que se presente sobre la alimentación principal provista por la ANDE.

2.4.2. Suministro de energía

La energía eléctrica será suministrada en Media Tensión por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). Se proveerá en media tensión normalizada en 23KV de

acuerdo con el Reglamento para Instalaciones eléctricas en Media Tensión aprobado por Resolución N° 062/75 del Consejo de Administración. [2]

Para el funcionamiento normal de la instalación proyectada para del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA se contempla la instalación de un transformador de 1000 KVA, alimentada por la red de media tensión.

La tensión normalizada por la ANDE para la distribución en baja tensión, para las instalaciones trifásicas con tensión 380 V entre fases y para la monofásica tensión en 220 V entre fase y neutro. La corriente será alterna de 50 Hz de frecuencia [1].

2.4.3. Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno, también conocido como generador eléctrico o generador diésel, es un sistema autónomo que produce energía eléctrica utilizando un motor de combustión interna para hacer girar un generador. Este sistema es especialmente útil en situaciones de cortes de energía eléctrica, el generador seleccionado es de Marca RECORD modelo GGCAI 110/100 KVA CA C110D5 de una potencia de 110 KVA.

El generador contará con un sistema de conexión automática ante la ausencia de la energía eléctrica provista por la ANDE, mediante un tablero de transferencia.

2.4.4. Columna montante

La columna montante es una estructura vertical que cumple un papel fundamental en la infraestructura de un edificio, al proporcionar soporte estructural y una ruta de transporte para los servicios esenciales que permiten el funcionamiento adecuado y cómodo del edificio y sus ocupantes. Dicha columna cuenta con una sección para el transporte de todos los alimentadores mediante bandejas portacables, está comienza de la planta baja donde está ubicada el tablero principal del edificio y serán distribuidos a los distintos niveles del edificio hasta los tableros seccionales correspondientes.

2.4.5. Dimensionamiento de conductores

Para la alimentación de las distintas cargas, y los distintos tableros de cargas se utilizarán conductores con aislación inpavinil FLEX distribuidos en electroducto especiales ignífugos, dichos conductores serán seleccionados de acuerdo a sus características del catálogo de conductores de INPACO.

Para facilitar la rápida y sencilla identificación de cada conductor se utilizará el siguiente código de colores:

- Los conductores de las fases para los motores será negros enumerados para identificar las fases correspondientes.
- Los conductores de las fases para los tableros de servicios serán de color: Rojo, Blanco y Azul.
- El conductor de protección será de color verde-amarillo.
- El conductor Neutro será de color negro.

Al dimensionar los conductores, es importante tener en cuenta dos criterios: la máxima caída de tensión admisible en el conductor y la máxima corriente admisible del mismo. La empresa proveedora del suministro de energía eléctrica establece las siguientes normas para la máxima caída de tensión admisible en conductores:

Para iluminación: 4% en general, 2% en el trocal y 2% en el ramal.

Para fuerza motriz: 5% en general, 4% en el trocal y 1% en el ramal.

Para el cálculo a partir de los terminales del grupo electrógeno propio: 7%

2.4.6. Descripción del recorrido del conductor de la puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra va desde la barra de puesta a tierra del tablero principal, sube por la columna montante y es distribuida a los distintos niveles hasta los tableros seccionales y de ahí son distribuidos para las cargas correspondientes.

El conductor de puesta a tierra será de cobre desnudo de 25 mm² de diámetro.

2.4.7. Dimensionamiento de los tableros

Los tableros de distribución eléctrica son componentes esenciales en los edificios, ya que aseguran la entrega segura y eficiente de energía eléctrica a través de circuitos individuales y proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Los tableros eléctricos de distribución deben ser previstos especialmente de reservas para ampliaciones futuras de la instalación, con base al número de circuitos con que contará, por lo tanto, se tendrá en cuenta la siguiente tabla provista por la norma paraguaya NP 202813, Instalaciones eléctricas de baja tensión.

Cantidad de circuitos eficientemente distribuidos N	Espacio mínimo destinados a reserva (en número de circuitos)
Hasta 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15*N

Tabla 1. Dimensionamiento de los tableros eléctricos.

Además, todos los tableros eléctricos contarán con barras de fases, neutros y de tierra.

2.4.8. Proyecto de iluminación

Un proyecto de iluminación implica llevar a cabo un análisis exhaustivo de cada entorno, tomando en cuenta sus particularidades lumínicas en relación con los patrones de actividad. Este proyecto debe fusionar de manera armoniosa la luz con la arquitectura, tomando en consideración la entrada de luz natural y conceptualizándose como un sistema de iluminación altamente eficaz y sostenible. Para los cálculos de iluminación se recomiendan los niveles mínimos dados en el Anexo N° 4 del Reglamento para Instalaciones de Baja Tensión de la ANDE. [1].

Estos se describen a continuación:

Bilbioteca	
Área	**Iluminación requerida**
General	300 lux
Sala de lectura	100 lux
Estantes	250 lux
Aulas	
Área	**Iluminación requerida**
General	300 lux
Pizarrón	400 lux
Laboratorios	300 lux
Baños	
Área	**Iluminación requerida**
General	100 lux
Espejo	200 lux
Otros	
Área	**Iluminación requerida**
Ascensores, escaleras, pasillos	100 lux
Oficina	300 lux
Depósito	50 lux

Tabla 2. Niveles de iluminación recomendados en lux para diferentes áreas dentro del edificio educativo.

2.4.8.1. Software DIALux

El software DIALux permite el diseño de la iluminación de cualquier edificación o proyecto de construcción. Además, utiliza imágenes en múltiples formatos y recursos de la web para desarrollar un plan de iluminación propio.

Asimismo, facilita la creación de toda la documentación necesaria para la presentación del proyecto de iluminación, volviéndola clara y comprensible para el cliente o el usuario no avanzado.

2.4.8.2. Características Destacadas del Software DIALux

DIALux sobresale por su conjunto de características que lo convierten en una herramienta sumamente versátil para la creación de diseños de iluminación. A continuación, se presentan las principales funcionalidades que ofrece:

- **Planificación Lumínica Interior:** DIALux se distingue por su capacidad de estructurar meticulosamente la planificación lumínica en proyectos arquitectónicos complejos. Desde la planificación de múltiples plantas hasta la configuración de espacios individuales, esta herramienta permite la identificación de zonas oscuras y áreas con exceso de luz.

- **Diseño de Áreas Exteriores**: Además de su utilidad en interiores, este software es una herramienta eficaz para el diseño de espacios al aire libre. Es posible proyectar áreas como jardines, senderos, plazas, estacionamientos y carreteras, entre otros.

- **Sistema EN-Exterior:** El sistema EN-Exterior permite evaluar el impacto de la iluminación interior en los espacios exteriores y cómo esto afecta la planificación integral del proyecto. Así, se pueden observar las variaciones lumínicas en las zonas interiores y exteriores que interactúan.

- **Integración de Luz Natural y Artificial:** DIALux logra una integración armoniosa entre la luz artificial y la luz natural, con el propósito de generar

ambientes confortables para los ocupantes. Mediante el programa, es posible crear diversas combinaciones de iluminación adaptadas a las necesidades específicas de cada espacio.

- **Análisis de Distribución de Luz:** La herramienta recopila información detallada sobre la distribución de la luz y la presenta en gráficos y proyecciones fotográficas en una variedad de colores. Esta función permite un análisis visual exhaustivo de las proyecciones lumínicas realizadas. [4]

2.5. Descripción del área de estudio

2.5.1. Emplazamiento de la Instalación

La ubicación designada para la implementación del proyecto se encuentra al sur de la ciudad de Coronel Oviedo, específicamente en un área geográfica que forma parte del terreno asignado a la Universidad Nacional del Caaguazú. Este emplazamiento se encuentra precisamente en el kilómetro 138 de la Ruta PY08, también conocida como Blas A. Garay, aproximadamente a unos 3 km de la rotonda de la cuidad, marcando así una posición estratégica para la realización del proyecto

Figura 1. Lugar del emplazamiento del proyecto, vista satelital.

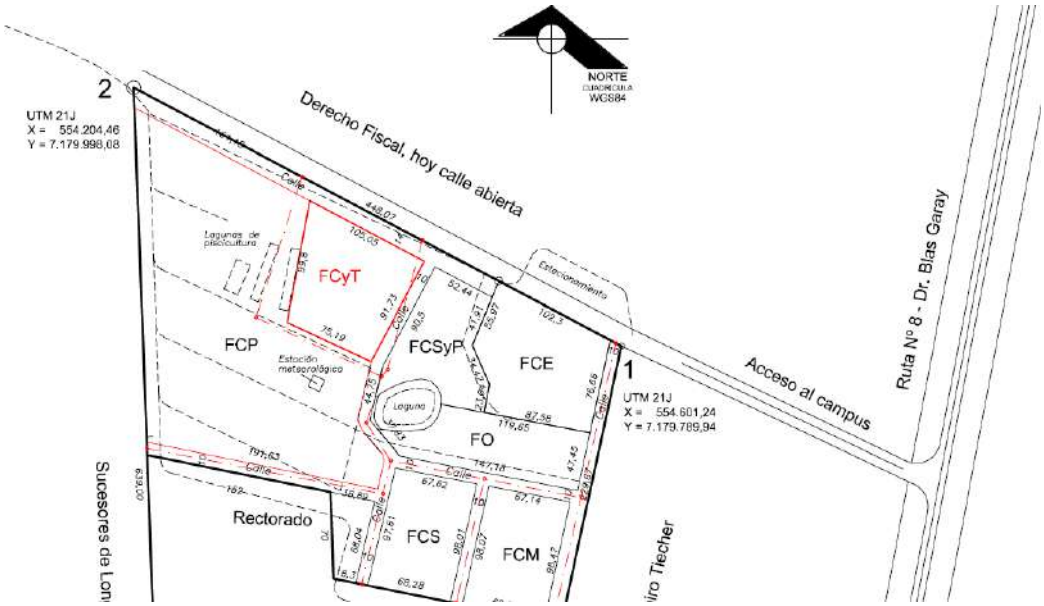

Figura 2. Distribución de Unidades Académicas de la UNCA.

2.5.2. Descripción del edificio.

El área de estudio está comprendida en su totalidad por el área de construcción del bloque de aulas del futuro edificio de la institución educativa, las cuales se pueden diferenciar en las tablas siguientes:

UBICACIÓN GEOGRAFICA	**LATITUD**
	-25.4974098
	LONGITUD
	-56.4588834
AREA DE CONSTRUCCIÓN	**8.453 M²**
AULAS	**17**
AULA MAGNA	**2**
SALA DE PROFESORES	**1**
BIBLIOTECA	**1**
SANITARIOS SEXADO E INCLUSIIVOS	**3**
SALA TECNICA	**3**
DEPOSITO	**3**
ARCHIVOS	**3**

Tabla 3. Descripción del proyecto.

BLOQUE DE AULAS	**PLANTA BAJA**	
	DEPENDENCIA	**ÁREA**
	Aula Magna 1	142,10 m^2
	Aula Magna 2	142,10 m^2
	Biblioteca	142,10 m^2
	Aula	70 m^2
	Sala de Profesores	40,60 m^2
	Baños Sexados - Inclusivo	57,35 m^2
	Depósito	5,85 m^2
	Archivo	5,63 m^2
	Sala Técnica	2 m^2
	DEL PRIMER AL CUARTO NIVEL	
	DEPENDENCIA	**ÁREA**
	Aula 1	70 m^2
	Aula 2	70 m^2
	Aula 3	70 m^2
	Aula 4	70 m^2
	Aula 5	70 m^2
	Aula 6	70 m^2
	Aula 7	70 m^2
	Aula 8	70 m^2
	Baños Sexados - Inclusivo	57,35 m^2
	Depósito	5,85 m^2
	Archivo	5,63 m^2
	Sala Técnica	2 m^2

Tabla 4. Descripción de las superficies del proyecto.

2.6. Dimensionamiento del Sistema de Iluminación

En esta sección, se procede a llevar a cabo el dimensionamiento integral del sistema de iluminación aplicado a los diversos bloques de aulas. En este proceso, se teniendo en cuenta el cumplimiento de los paramentos estipulados en el Reglamento de baja tensión de la ANDE.

De manera a alcanzar este objetivo de manera precisa y eficiente, se optaron por emplear la avanza herramienta de diseño y análisis luminotécnico DIALUX EVO. Esta plataforma brinda la capacidad de llevar a cabo estudios detallados sobre los niveles de iluminación, tanto en puntos fijos como en áreas específicas y facilita la elaboración de los informes correspondientes.

2.6.1. Tipo de luminaria seleccionada

A continuación, se indica la característica de la luminaria seleccionada:

Endo Lighting - Base Light

N° de artículo	ERK9085W_RAD723 WW
P	36.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	3600 lm
$\Phi_{Luminaria}$	2457 lm
η	68.24 %
Rendimiento lumínico	68.2 lm/W
CCT	6873 K
CRI	70

Figura 3. Marca, luminaria y tablas con las características de las mismas.

2.6.2. Resumen del diseño de Iluminación

Los cálculos realizados en el Programa DIALUX EVO para cada bloque se detallan en el anexo 6.1.

A continuación, en la tabla de abajo, se presentan un resumen de la cantidad de luminarias que se deben colocar en cada sector, como así también el flujo luminoso y el área de trabajo.

PLANTA BAJA AL CUARTO NIVEL			
DEPENDENCIA	**LUMINARIAS**	**FLUJO LUMINOSO TOTAL**	**ÁREA**
Aula Magna 1	30	73710 lm	142,10 m^2
Aula Magna 2	30	73710 lm	142,10 m^2
Biblioteca	30	73710 lm	142,10 m^2
Aulas	15	36855 lm	70 m^2
Sala de Profesores	8	19656 lm	40,60 m^2
Baños Sexados - Inclusivo	10	33111 lm	57,35 m^2
Depósito	1	2457 lm	5,85 m^2
Archivo	1	2457 lm	5,63 m^2
Sala Técnica	1	2457 lm	2 m^2

Tabla 5. Resumen de cantidad de luminarias.

2.7. Dimensionamiento de Circuitos Eléctricos

2.7.1. Levantamiento de datos

2.7.1.1. Sistema de Iluminación

COMPUTO DE ILUMINACION PLATA BAJA				
N°	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**POTENCIA (W)**	**TOTAL (W)**
1	**Biblioteca**	30	36	1080
2	**Aula Magna 1**	30	36	1080
3	**Aula Magna 2**	30	36	1080
4	**Aula**	15	36	540
5	**Sala de Profesores**	10	36	360
6	**Baños**	10	36	360
7	**Servicios Generales**	15	36	540
TOTAL				**5040**

Tabla 6. Cantidad de luminarias en la planta baja.

COMPUTO DE ILUMINACION PISOS 1 AL 4				
N°	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**POTENCIA (W)**	**TOTAL (W)**
1	**Aula 1**	15	36	540
2	**Aula 2**	15	36	540
3	**Aula 3**	15	36	540
4	**Aula 4**	15	36	540
5	**Aula 5**	15	36	540
6	**Aula 6**	15	36	540
7	**Aula 7**	15	36	540
8	**Aula 8**	15	36	540
9	**Baños**	10	36	360
10	**Servicios Generales**	15	36	540
TOTAL				**5220**

Tabla 7. Cantidad de luminarias en los pisos del 1 al 4.

2.7.1.2. Sistema de toma de fuerza

COMPUTO DE TOMAS DE FUERZA PLATA BAJA			
N°	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**POTENCIA (W)**
1	Tomacorrientes **Biblioteca**	12	1200
2	Tomacorrientes **Aula Magna 1**	12	1200
3	Tomacorrientes **Aula Magna 2**	12	1200
4	Tomacorrientes **Aula**	6	800
5	Tomacorrientes **Sala de Profesores**	6	600
6	Tomas **Baño**	3	624
7	Tomas **Servicios Generales**	7	1384
8	AA 1 **Aula Magna 1**	1	7500
9	AA 2 **Aula Magna 1**	1	7500
10	AA 3 **Aula Magna 1**	1	7500
11	AA 4 **Aula Magna 1**	1	7500
12	AA 1 **Aula Magna 2**	1	7500
13	AA 2 **Aula Magna 2**	1	7500
14	AA 3 **Aula Magna 2**	1	7500
15	AA 4 **Aula Magna 2**	1	7500
16	AA 1 **Biblioteca**	1	7500
17	AA 2 **Biblioteca**	1	7500
18	AA 3 **Biblioteca**	1	7500
19	AA 4 **Biblioteca**	1	7500
20	AA 1 **Aula**	1	7500
21	AA 2 **Aula**	1	7500
22	AA **Sala de profesores**	1	4500
23	Ascensor	1	7500
TOTAL			**124008**

Tabla 8. Cantidad de toma de fuerza de la planta baja.

COMPUTO DE TOMAS DE FUERZA PISOS 1 AL 4			
N°	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD**	**POTENCIA (W)**
1	Tomacorrientes **Aula 1**	8	800
2	Tomacorrientes **Aula 2**	8	800
3	Tomacorrientes **Aula 3**	8	800
4	Tomacorrientes **Aula 4**	8	800
5	Tomacorrientes **Aula 5**	8	800
6	Tomacorrientes **Aula 6**	8	800
7	Tomacorrientes **Aula 7**	8	800
8	Tomacorrientes **Aula 8**	8	800
9	Tomas **Baño**	3	624
10	Tomas **Servicios Generales**	7	1240
11	AA 1 **Aula 1**	1	7500
12	AA 2 **Aula 1**	1	7500
13	AA 1 **Aula 2**	1	7500
14	AA 2 **Aula 2**	1	7500
15	AA 1 **Aula 3**	1	7500
16	AA 2 **Aula 3**	1	7500
17	AA 1 **Aula 4**	1	7500
18	AA 2 **Aula 4**	1	7500
19	AA 1 **Aula 5**	1	7500
20	AA 2 **Aula 5**	1	7500
21	AA 1 **Aula 6**	1	7500
22	AA 2 **Aula 6**	1	7500
23	AA 1 **Aula 7**	1	7500
24	AA 2 **Aula 7**	1	7500
25	AA 1 **Aula 8**	1	7500
26	AA 2 **Aula 8**	1	7500
TOTAL			**128264**

Tabla 9. Cantidad de toma de fuerza en los pisos del 1 al 4.

2.8. Cálculos correspondientes de los circuitos eléctricos

A continuación, se presenta el protocolo a seguir para definir los cálculos de las corrientes del tablero principal como así también de los tableros seccionales, y cargas puntuales del bloque de aulas de la FCyT, definiendo la sección del conductor, la corriente del circuito y la protección correspondiente.

2.8.1. Calculo de la sección del conductor

Inicialmente, se calcula la sección del conductor con la siguiente formula:

$$S = \frac{k \times P_{watt} \times l}{\rho \times V^2 \times e\%}$$

Donde:

$e\%$: Caída de tensión.

K: Constante si la carga es trifásica= 100 o monofásica = 200.

P: Potencia.

L : longitud.

ρ: densidad del cobre $= 58\, m/(\Omega * mm^2)$

S : sección del conductor en mm².

Con los resultados obtenidos se selecciona la sección del conductor redondeando al valor comercial seleccionando en el catálogo de INPACO.

2.8.2. Verificación de la sección por caída de tensión

Con la obtención de la sección del conductor descripta en el ítem anterior, se procede a calcular la caída de tensión tomando en cuenta los siguientes puntos:

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

Donde:

$\mathbf{e}\%$: Caída de tensión.

$\mathbf{K}$: Constante si la carga es trifásica= 100 o monofásica = 200

$\mathbf{P}$: Potencia.

$\mathbf{L}$: longitud.

$\boldsymbol{\rho}$: densidad del cobre $= \mathbf{58}\, \boldsymbol{m}/(\Omega * \boldsymbol{mm}^2)$

$\mathbf{S}$: sección seleccionada en el ítem anterior.

Para poder validar la sección del conductor seleccionado en el ítem anterior se debe realizar la desigualdad donde se compara que la caída de tensión admisible por el conductor debe ser mayor a la caída de tensión del conductor.

$$\boldsymbol{e}\%_{\boldsymbol{d}} > \boldsymbol{e}\%_{\boldsymbol{c}}$$

2.8.3. Cálculo de la corriente del circuito

Posteriormente, se calcula la corriente del sistema a calcular:

Para cargas trifásicas:

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

Para cargas monofásicas:

$$\boldsymbol{I_c = \frac{P}{U \times \cos \emptyset}}$$

Donde:

$\boldsymbol{I_c}$**:** Corriente de la carga.

$\boldsymbol{P}$: Potencia de la carga.

$\boldsymbol{U}$: La tensión del sistema trifásico.

$\boldsymbol{\cos \emptyset}$**:** factor de potencia.

2.8.4. Selección de la protección

Una vez obtenido la sección del conductor y la corriente que circula por el él, se procederá a la elección de la protección adecuada para el sistema.

Se utiliza la siguiente desigualdad para la verificación:

$$I_C < I_P < I_{adm}$$

Donde:

I_C: Corriente de la carga.

I_p: Corriente de la protección.

I_{adm}: Corriente admisible por el conductor.

2.8.5. Resumen de los valores de los circuitos eléctricos

Los cálculos realizados para determinar los valores de la sección y protección de los circuitos del sistema eléctrico del bloque de aulas se detallan a partir del **anexo 6.2** hasta el **anexo 6.7**.

Primeramente, se presenta la tabla que contiene los valores correspondientes de los valores esenciales que une el transformador y el tablero general.

TRANSFORMADOR A LA PROTECCION GENERAL.	
POTENCIA	**850 KW**
LONGITUD	**2 m**
CORRIENTE	**1519,34 A**
SECCIÓN	**4,05 mm2 (sgte valor 6 mm2; Iad= 52 A)**
SECCIÓN ADOPTADA	**1X(3X(1X300)) mm2**
CORRIENTE ADMISIBLE	**2007 A**
TM	**3x1600 A**

Tabla 10. Valores esenciales del transformador a la protección general.

Seguidamente, se presenta los valores correspondientes al alimentador que une el grupo electrógeno con el tablero principal de la instalación:

GENERADOR AL TP	
POTENCIA	**85 KW**
LONGITUD	**35 m**
CORRIENTE	**151,93 A**
SECCIÓN	**5,07 mm2 (sgte valor 6 mm2; Iad= 52 A)**
SECCIÓN ADOPTADA	**50 mm2**
CORRIENTE ADMISIBLE	**189 A**
TM	**3x160 A**

Tabla 11. Valores esenciales para el alimentador del generador y el TP

A continuación, se presentan los valores correspondientes a la unión del tablero general con el tablero principal del edificio.

DEL TG AL TP	
POTENCIA	**850 KW**
LONGITUD	**35 m**
CORRIENTE	**1519,34 A**
SECCIÓN	**71,05 mm2 (sgte valor 95 mm2; Iad= 239 A)**
SECCIÓN ADOPTADA	**1X(3X(1X300)) mm2**
CORRIENTE ADMISIBLE	**2007 A**
TM	**3x1600 A**

Tabla 12. Valores esenciales de los tableros general y el tablero principal.

En la siguiente tabla, se describe los valores necesarios que permiten la unión del tablero principal con los tableros seccionales del edificio, se puede observar los valores de la corriente, sección del conductor, distancia, protección seleccionada del proyecto.

ALIMENTADORES DEL TABLERO PRINCIPAL A LOS SECCIONALES						
TABLERO SECCIONAL	POTENCIA	LONGITUD	CORRIENTE	SECCION ADOPTADA	CORRIENTE ADMISIBLE	TM
TSB	128076 w	1m	229 A	150 mm²	240 A	3X250 A
TS1	132,584 W	6m	237 A	150 mm²	240 A	3X250 A
TS2	132,584 W	10 m	237 A	150 mm²	240 A	3X250 A
TS3	132,584 W	14 m	237 A	150 mm²	240 A	3X250 A
TS4	132,584 W	18m	237 A	150 mm²	240 A	3X250 A

Tabla 13. Valores esenciales de los tableros seccionales.

Las cargas puntuales como ascensores, acondicionadores de aire tienen valores muy semejantes en potencia, lo que varía es solo la distancia de separación de la carga puntual y el tablero seccional del piso, por ende, se llegó a la conclusión de realizar solo un cálculo de esa forma se evita caer en redundancias innecesarias. Por lo tanto, se selecciona la carga puntual más lejana del tablero seccional, esta es el Acondicionador de Aire número 2 del aula número 7, los valores resultantes se presentan en la siguiente tabla:

DEL TS A CARGAS PUNTUALES.	
POTENCIA	**7500 W**
LONGITUD	**40 m**
CORRIENTE	**13,40 A**
SECCIÓN	**3,58 mm2 (sgte valor 4 mm2; Iad= 25 A)**
SECCIÓN ADOPTADA	**4 mm2**
TM	**3x16 A**

Tabla 14. Valores esenciales de los tableros seccionales a cargas puntuales.

2.9. Dimensionamiento de los Tableros

Los tableros eléctricos de distribución deben ser previstos especialmente de reservas para ampliaciones futuras de la instalación, por lo tanto, se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

Cantidad de circuitos eficientemente distribuidos N	Espacio mínimo destinados a reserva (en número de circuitos)
Hasta 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15*N

Tabla 15. Dimensionamiento de los tableros eléctricos.

Donde se podrán describir el tipo de tablero eléctrico necesario para cada sección:

El tablero seccional de la planta baja cuenta con un total de 28 circuito, por lo tanto, necesitaremos un tablero metálico de 36 módulos.

Los tableros seccionales del primer al cuarto piso cuentan con un total de 36 circuito, por lo tanto, necesitaremos un tablero metálico de 48 módulos.

2.10. Dimensionamiento de puesta a tierra

Aparato utilizado para la medición de la resistividad del suelo: El Teluróhmetro.

Sistema de aterramiento: Comprende a un conjunto de conductores, jabalinas y conectores (soldaduras) entrelazados, que permiten una disipación a tierra de la corriente de falla presentado en el sistema.

Dimensionamiento del sistema puesta a tierra: Será dimensionado teniendo en cuenta la resistividad presentada en el terreno (pa).

Resistencia de una jabalina: para el cálculo de resistencia puesta a tierra de un electrodo vertical profundo se sugiere aplicar la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2.\pi.l} \cdot \left| Ln\left(\frac{4l}{r}\right) - 1 \right|$$

Donde:

ρ: Resistividad del suelo en Ω.m.

l: Longitud de la jabalina en metros (m).

r: radio de la jabalina en m.

Considerando una jabalina enclavada:

l: 2,4 m

D: 5/8”: 0,0159m

r: 0.0079m

$$R_1 = \frac{\rho_a}{2.\pi.2.4} \cdot \left[Ln\left(\frac{4.2.4}{0{,}0079}\right) - 1 \right] = \rho_a$$

Resistencia de n jabalinas en configuración cuadrada lleno:

$$\mathbf{R_n = R_1 . K_n}$$

$$\mathbf{K_n = \frac{K}{n}}$$

Donde:

n: número de jabalinas.

K: constante de combinación según la tabla 1.

$\mathbf{R_1}$**:** Resistencia de un electrodo.

$\mathbf{R_n}$**:** Resistencia final.

Numero de electrodos	k
2	1,1523
3	1,3053
4	1,4139
5	1,4982
6	1,567
7	1,6252
8	1,6756
9	1,7201
10	1,7599

Tabla 16. Constante de combinación de electrodos paralelos.

Resistencia de aterramiento $\mathbf{R_a}$**:** cuando varios conductores horizontales se interconectan entre sí de forma de malla la resistencia de aterramiento equivalente del sistema está dada por:

$$R_a = \frac{\rho_a}{\pi . l} . [Ln(\frac{2.l}{\sqrt{D.h}}) + K_1 . \frac{l}{\sqrt{A}} - K_2]$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho_a}$: Resistencia aparente del suelo.

l: longitud del cable de cobre.

d: diámetro del conductor de la malla.

h: profundidad que se encontrara enterrada la malla.

A: Área de la malla.

$$\mathbf{K_1 = 1,4125 - 0,0425.Y}$$

$$\mathbf{K_2 = 5,49 - 0,1443.Y}$$

$$\mathbf{Y = \frac{l}{Perimetro\ de\ la\ malla}}$$

Resistencia mutua de malla y jabalinas:

$$\boldsymbol{R_m = \frac{\rho_a}{\pi . l}.\left[Ln\left(\frac{2.l}{le}\right) + K_1.\frac{l}{\sqrt{A}} - K_2 + 1\right]}$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho_a}$: Resistencia aparente del suelo.

l: longitud del conductor de cobre.

le: longitud total de las jabalinas.

K_1 y K_2 Ítem anterior.

Resistencia total de malla con las jabalinas (Método SCHWARZ): Consiste en un conjunto de ecuaciones para determinar la resistencia total de un sistema de puesta a tierra en un suelo homogéneo que consta de una malla horizontal con electrodos verticales (varillas) y horizontales (conductores decobre).

$$R_t = \frac{R_a . R_h - R_m^2}{R_a + R_h - 2 . R_m}$$

$$\mathbf{R_h = R_n = R_1 . K_n}$$

Donde:

$\mathbf{R_a}$: Resistencia de aterramiento de la malla.

$\mathbf{R_m}$: Resistencia mutua.

$\mathbf{R_h}$: Resistencia equivalente de la malla en paralelo.

Los cálculos de la malla de puesta a tierra se desarrollan en el anexo 6.8.

Estos dan como resultado la malla mostrada en la siguiente página.

<u>Dimensión de la Malla de Puesta a Tierra</u>: (5m x 5m) = 25 m^2

Malla cuadrada con 4 jabalinas de 5/8”, 2,40 m de longitud y conductor de cobre desnudo de 25 mm^2. La malla resultante está enterrada a 60 cm bajo el suelo, además, las uniones entre el conductor de cobre desnudo y las jabalinas se realiza con la soldadura del tipo exotérmica.

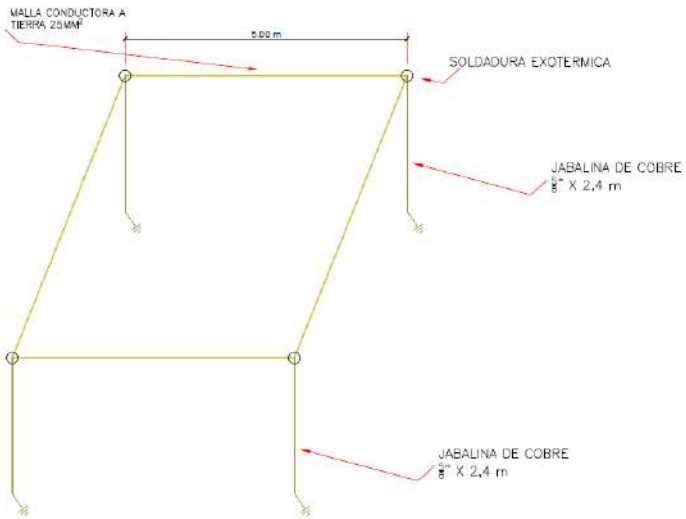

Figura 4. Malla de puesta a tierra.

3. Análisis económico

3.1. Presupuesto del bloque de aulas

Se llevó a cabo una evaluación de los materiales necesarios, detallando los costos unitarios correspondientes a cada componente. Este análisis minucioso nos permitió obtener una estimación cercana del costo total de los materiales requeridos para la implementación del sistema eléctrico tanto en baja como en media tensión para la electrificación de los bloques de aulas del próximo edificio destinado a la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación:

3.2. Presupuesto de la línea de Media tensión

La Extensión de línea de media tensión aérea es de un total de 100 metros, luego ya en el terreno se realiza un cambio de conductores de media tensión de aéreo a subterráneo hasta el transformador, un total de 20 metros, se montando un transformador a nivel en pedestal de 1000 KVA.

El presupuesto incluye los siguientes Ítems a desarrollar: Excavación, erección, y cimentación tipo 2 de los postes de hormigón armado, colocación de crucetas, y accesorios, cableado con conductores de 35 mm de aluminio, montaje de descargadores de sobretensión con sus respectivas jabalinas y soldaduras exotérmicas, medición de la resistividad del suelo hasta llegar al ohmio requerido por la ANDE, montaje de seccionadores de la línea. Montaje del transformador con sus respectivos accesorios y protecciones.

A continuación, se presentan los materiales a utilizar.

MATERIALES UTILIZADOS				
ITEM	**MATERIAL**	**CANT**	**PRECIO (Gs)**	**TOTAL (Gs)**
1	Abrazadera de acero galv., tipo AH A AR	2	26.000	52.000
2	Aislador de porcelana p/perno recto, triple campana, MT	5	42.500	212.500
3	Aislador polimérico de anclaje p/23 KV, 70 KN	9	100.000	900.000
4	Alambre preform. de retención p/ cable de 35 mm2.	9	22.000	198.000
5	Alambre preform. de tope p/cable de 35 mm2	5	10.000	50.000
6	Arandela lisa cuadrada de 5/8", tipo AC 5	38	1.900	72.200
7	Arandela lisa redonda de 1/2", tipo AR 4	18	850	15.300
8	Bulón cab. exag. acero galv. de 1/2" x 4. 1/2"	18	5.900	106.200
9	Bulón cab. exag. acero galv. de 3/8" x 3"	1	7.000	7.000
10	Bulón cab. exag. acero galv. de 5/8" x 2.1/2"	2	9.000	18.000
11	Bulón cab. exag. acero galv. de 5/8" x 7"	2	11.000	22.000
12	Bulón cab. exag. acero galv. de 5/8" x 9"	2	12.500	25.000
14	Conector a compresión AL/CU 16/35 - 16/35 mm2	2	8.500	17.000
15	Conector a compresión Al-Cu 35/70-35/70 mm2	4	11.000	44.000
16	Cruceta de madera de 2"x 3" x 1 m p/ alineación	1	30.000	30.000
17	Descargador de sobre tensión p/MT.	3	400.000	1.200.000
18	Elemento fusible de 5 A p/MT	6	18.000	108.000
19	Gancho de suspensión p/ mordaza de alineación	1	10.000	10.000
20	Grampa de susp. p/cable preens. de 3x35 + 1x50 mm2	1	52.000	52.000
21	Guardacabo de acero galv. de 3/8".	9	5.000	45.000
22	Mano francesa normal, tipo MF - 1	1	15.000	15.000
23	Mano francesa normal, tipo MF - 2	18	19.000	342.000
24	Perno recto de 3/4" x 11" p/ aislador MT	5	30.000	150.000
25	Perno recto de 5/8" x 20"	9	30.000	270.000
26	Perno todo rosca de 5/8" x 14", tipo PTR5	3	18.000	54.000
27	Perno todo rosca de 5/8" x 16", tipo PTR6	1	21.000	21.000
28	Polvo para soldadura exotermica 90º	2	32.000	64.000
28	Prensa en cruz para línea viva 13-150/8-70mm2	3	54.000	162.000
30	Prensa paralela AL-AL de 150/150 mm2.	6	15.000	90.000
31	Seccionador fusible de 23 KV 100 A.	3	600.000	1.800.000
32	Tuerca ojal de 5/8"	9	13.000	117.000
33	Cable de Cu desnudo de 35 mm2	26	25.000	650.000
34	Arandela lisa redonda de 3/8", tipo AR 3	1	350	350
35	Juego de mufas para MT	6	1.350.000	8.100.000
36	Jabalina p/ PAT Ac.Cu 5/8 x 2 m (Coperwell)	2	40.000	80.000
37	Cruceta polimerica p/ MT 2400mm	9	260.000	2.340.000
38	Caño galvanizado de 3 pulgadas	1	750.000	750.000
39	Cable de Al desnudo de 35 mm2	10	7.000	70.000

40	Abrazadera de acero galv., tipo AH A ER	1	12.000	12.000
41	Abrazadera de acero galv., tipo AH A BR	1	18.000	18.000
42	Bulón cab. exag. acero galv. de 1/2" x 5. 1/2"	4	7.000	28.000
43	Bulón cab. Exag. Acero galv. De 1/2" x 1.1/2"	12	3.500	42.000
44	Cable de Cu desnudo de 25 mm2	15	27.000	405.000
45	Arandela a presión de 1/2"	12	200	2.400
46	Conector a compresión Al/Cu 35/70 - 10/25 mm2	8	12.000	96.000
47	Estribo para prensa de línea viva (35 - 70 - 150) mm2	3	32.000	96.000
48	Fusible NH 125 A 500 V	3	45.000	135.000
49	Terminal a compresión p/cable Cu (35 - 50 - 70) mm2	6	10.000	60.000
50	Jabalina acero cobreado (coperwell) de 3/4 " x 3 m, c/prensa	1	86.000	86.000
51	Seccionador fusible de 23 KVA 100 A. MT	3	600.000	1.800.000
52	Seccionador fusible NH linea aérea BT	3	450.000	1.350.000
53	Poste de H°A° 12-300 kgf	2	1.800.000	3.600.000
54	Cable de Aa desnudo de 35 mm²	300	5.500	1.650.000
55	Cable de AL para MT SUBTERRANEO DE 50 mm²	60	100.000	6.000.000
56	Arena Lavada	0,7	60.000	42.000
57	Cemento	7	66.000	462.000
58	Triturada	2,7	30.000	81.000
TOTAL				₲ 34.224.950

Tabla 17. Lista de materiales para la extensión de línea y montaje del transformador.

A continuación, se detallan lo necesario para llevar a cabo el proyecto de extensión de línea y montaje del transformador:

TOTAL GENERAL DEL PRESUPUESTO.		
Materiales para línea y montaje para el transformador.	₲	34.224.950
Provisión de un transformador trifásico de 1000 KVA de la marca ROMAGNOLE.	₲	120.000.000
Mano de obra y montaje del Transformador.	₲	11.800.000
TOTAL	₲	166.024.950
(a una tasa de cambio de: 1 $ = 7.318,58 ₲)	$	22.685,42

Tabla 18. Presupuesto total general.

3.3. Presupuesto de la línea de Baja tensión

Por su parte, el presupuesto para la instalación de baja tensión se presenta a continuación:

INSTALACION EN BAJA TENSION.				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRESIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (Gs)
Bandeja de 3m (300x50mm)	unidad	150	₲ 260.000	₲ 39.000.000
Bandeja union en T	unidad	5	₲ 150.000	₲ 750.000
Bandeja union en cruz	unidad	5	₲ 200.000	₲ 1.000.000
Bandeja de 3m (150x50mm)	unidad	75	₲ 154.000	₲ 11.550.000
Bandeja union en T	unidad	5	₲ 95.000	₲ 475.000
caño corrugado	metros	4000	₲ 1.887	₲ 7.548.000
cajas de llave	unidad	75	₲ 2.785	₲ 208.875
cajas de conexión	unidad	100	₲ 3.400	₲ 340.000
Llaves de un punto	unidad	110	₲ 4.000	₲ 440.000
Toma corriente	unidad	132	₲ 4.500	₲ 594.000
planca de un punto	unidad	35	₲ 4.000	₲ 140.000
Placa de dos puntos	unidad	35	₲ 4.000	₲ 140.000
tablero de 12 modulos	unidad	1	₲ 480.000	₲ 480.000
tablero de 36 modulos	unidad	1	₲ 950.000	₲ 950.000
Tablero de 48 modulos	unidad	4	₲ 1.000.000	₲ 4.000.000
LlaveTM de 10 A monofasico	unidad	84	₲ 18.000	₲ 1.512.000
Llaves TM de 16 A trifasicas	unidad	75	₲ 40.000	₲ 3.000.000
Llaves TM de 250 A trifasicas	unidad	10	₲ 1.800.000	₲ 18.000.000
Llaves TM de 1600 A trifasicas	unidad	2	₲ 15.500.000	₲ 31.000.000

llave DPS	unidad	18	₲ 140.000	₲ 2.520.000
Ascensor	unidad	1	₲ 12.500.000	₲ 12.500.000
Aires Acondicionados de 60000 BTU	unidad	79	₲ 15.000.000	₲ 1.185.000.000
jabalina 5/8 de 2,40 metros	unidad	4	₲ 50.000	₲ 200.000
conductor de cobre desnudo de 25 mm	metros	80	₲ 35.000	₲ 2.800.000
Generador de emergencia.	unidad	1	₲ 115.000.000	₲ 115.000.000
Cable de 2 mm2	metros	3300	₲ 2.680	₲ 8.844.000
Cable de 2,5 mm2	metros	2500	₲ 3.000	₲ 7.500.000
Cable de 4 mm2	metros	7000	₲ 6.000	₲ 42.000.000
Cable de 50 mm2	metros	105	₲ 80.000	₲ 8.400.000
Cable de 300 mm2	metros	420	₲ 700.000	₲ 294.000.000
Artefacto de embutir rejilla equipo electrónico 2x40W	unidad	285	Gs 250.000	Gs 71.250.000
Tipo T8 Potencia Equivalente 36W zocalo G13 1800lm	unidad	570	Gs 18.500	Gs 10.545.000
TOTAL				₲ 1.881.686.875

Tabla 19. Materiales para la instalación de baja tensión.

La mano de obra se describe seguidamente:

MATERIAL	CANTIDAD	PRESIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Instalación y montaje de sistema de aterramiento p/ neutro medidor por jabalina de 2,5 m. Hasta 5m del tablero.	1	₲ 1.000.000	₲ 1.000.000
Montaje de lámpara e interruptor	285	₲ 85.000	₲ 24.225.000
instalación de bandeja	240	₲ 25.000	₲ 6.000.000
Instalación de electroducto	4000	₲ 10.000	₲ 40.000.000
Instalación y montaje de caja y toma	132	₲ 85.000	₲ 11.220.000
Boca de luminarias	285	₲ 85.000	₲ 24.225.000
Boca de luminarias	285	₲ 85.000	₲ 24.225.000
Instalación de tableros principal y seccionales	1	₲ 10.000.000	₲ 10.000.000
Instalación de tablero para ascensor	1	₲ 1.850.000	₲ 1.850.000
Instalación de tablero servicio de emergencia	1	₲ 2.250.000	₲ 2.250.000
TOTAL			₲ 144.995.000

Tabla 20. Detalles de la mano de obra para la instalación de baja tensión.

A continuación, se detallan lo necesario para llevar a cabo el proyecto de baja tensión:

TOTAL GENERAL DEL PRESUPUESTO.		
Materiales para la instalación de baja tensión.	₲	1.881.686.875
Mano de obra	₲	144.995.000
TOTAL	₲	2.026.681.875
(a una tasa de cambio de: 1 $ = 7.318,58 ₲)	$	276.922,98

Tabla 21. Total general del presupuesto de baja tensión.

4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusión

En el presente trabajo de fin de grado se describe el proyecto ejecutivo de las instalaciones eléctricas del bloque de aulas del futuro edificio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA, se dimensionaron las partes esenciales de la instalación aplicando normativas vigentes en el país, así también considerando la ubicación optima de los equipos.

Considerando todas las cargas proyectadas para el proyecto se planea la instalación de un transformador de potencia de 1000 KVA.

Para garantizar un suministro de energía eléctrica sin interrupciones para las cargas consideradas prioritarias se prevé la instalación de un Generador Eléctrico de 100 KVA.

Para la obtención de un diseño óptimo de la iluminación en los bloques de aulas se utilizó el programa DIALux proyectando artefactos de iluminación que utilizaran tecnología LED, consiguiendo una mayor eficiencia y una muy buena iluminación.

Para que la instalación eléctrica sea segura se llevó a cabo teniendo en cuenta la norma IEEE Std 80-2013, para el diseño de la malla de puesta a tierra. Como resultado se obtiene una malla cuadrada de 25 m², lanzando como resultado una resistencia de menos del 3,36 Ω.

El costo estimado del proyecto es de 2.192.706.825 Gs ($ 299.608,40 a una tasa de cambio de: 1 $ = 7.318,58 Gs.).

4.2. Recomendaciones

Para la implementación del proyecto, se sugiere llevar a cabo una revisión actualizada de la resistividad del suelo. Esto asegurará la eficacia del sistema de puesta a tierra frente a posibles cambios que el suelo pueda haber experimentado desde el último estudio realizado.

Con miras al futuro, convendría realizar un análisis para la viabilidad de la incorporación de paneles solares. Estos sistemas podrían alimentar el circuito de iluminación, permitiendo así una considerable disminución de los gastos mensuales.

5. Bibliografía

[1] A. N. d. E. ANDE, Reglamento para Instalaciones Electricas de Baja Tensión, Asunción.

[2] N. y. M. (. Instituto Nacional de Tecnología, Norma Paraguaya NP 2 028 13 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión., Asunción, 2013.

[3] A. N. d. E. ANDE, Reglamento para Instalaciones electricas de Media Tensión., Asunción, 1975.

[4] «Dialux,» [En línea]. Available: https://www.dialux.com/es-ES/. [Último acceso: 2023].

[5] A. Administración Nacional de Electricidad, Pliego de Tarifa N° 21, Asunción, 2017.

6. ANEXO

6.1. Cálculo del sistema de Iluminación

6.1.1. Aula

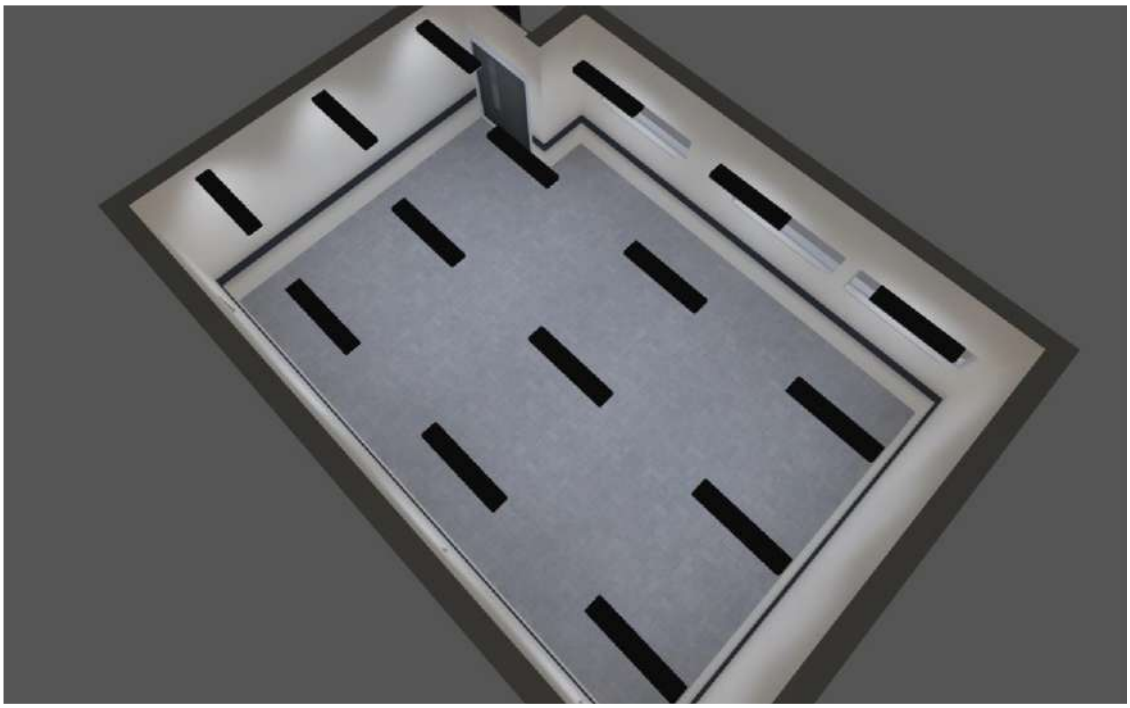

Figura 5. Simulación del resultado final del Aula.

Todas las aulas tienen dimensiones similares, de tan forma para poder alcanzar el nivel de iluminación establecido en el Anexo 4 del reglamento de baja tensión de la ANDE se necesitarán 15 luminarias con estas características.

pizarra

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
108.0 W	11.49 m²	9.40 W/m² = 2.05 W/m²/100 lx (Local)	458 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Zona alumnos

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
432.0 W	56.61 m²	7.63 W/m² = 1.61 W/m²/100 lx (Local)	474 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Tabla 22. Tabla de valores de las luminarias de las Aulas.

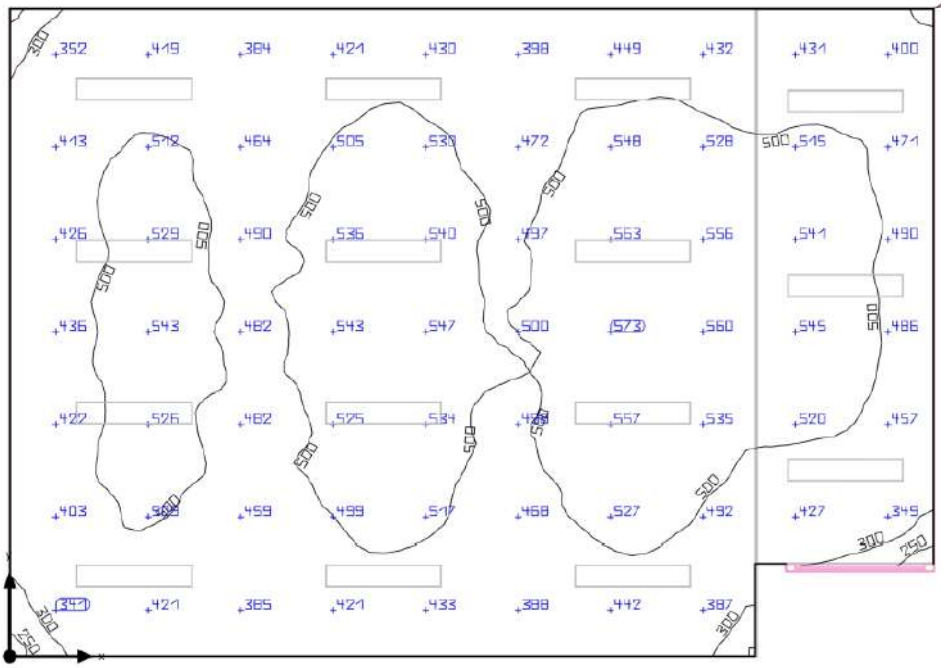

Figura 6. Isolíneas de iluminancia de las Aulas.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)
Plano útil (Zona alumnos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	474 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (pizarra) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	458 lx (≥ 400 lx) ✓

Tabla 23. Valores de la iluminancia para zona alumnos y zona pizarra.

6.1.2. Aula Magna

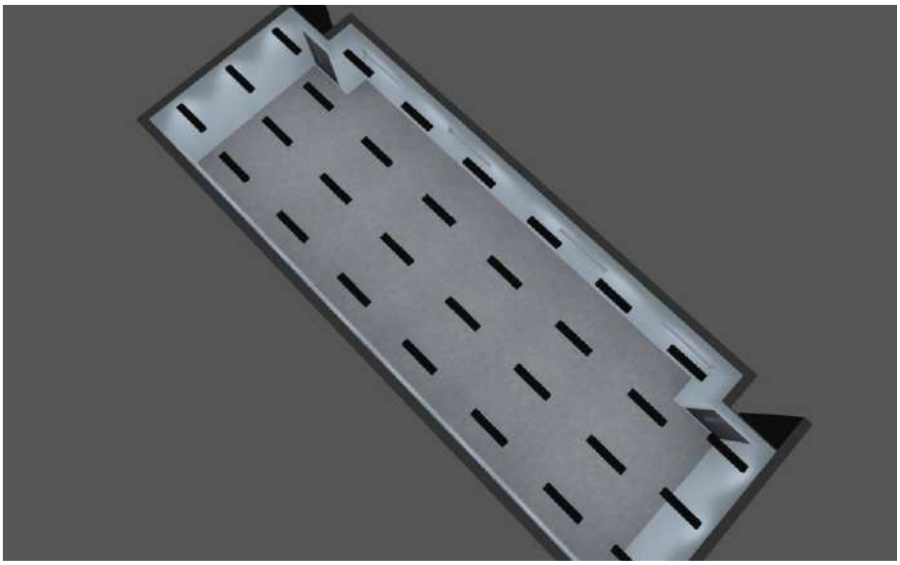

Figura 7. Simulación del resultado final del Aula.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 30 luminarias con las siguientes características:

Aulamagna/alumnos1

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
432.0 W	57.88 m²	7.46 W/m² = 1.51 W/m²/100 lx (Local)	493 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Endo Lighting	ERK9085W_RAD723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Aulamagna/alumnos2

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
432.0 W	57.69 m²	7.49 W/m² = 1.52 W/m²/100 lx (Local)	494 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Endo Lighting	ERK9085W_RAD723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Aulamagna/pizarra1

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
108.0 W	11.48 m²	9.40 W/m² = 2.00 W/m²/100 lx (Local)	469 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	Endo Lighting	ERK9085W_RAD723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Aulamagna/pizarra2

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
108.0 W	11.43 m²	9.45 W/m² = 2.01 W/m²/100 lx (Local) 9.45 W/m² = 2.01 W/m²/100 lx (Plano útil)	469 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	Endo Lighting	ERK9085W_RAD723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Tabla 24. Valores de las luminarias de la Aula Magna.

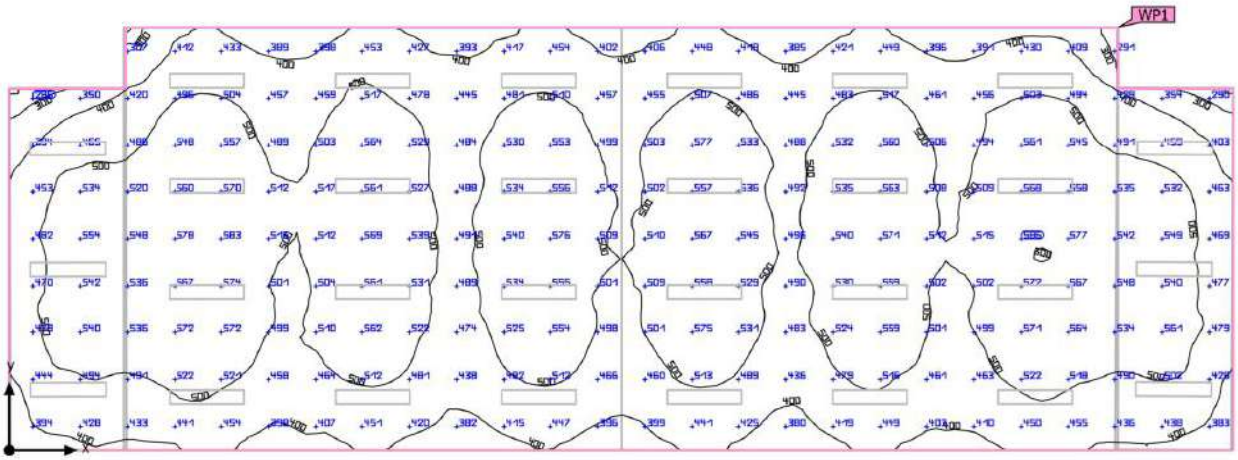

Figura 8. Isolíneas de iluminancia de la Aula Magna.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)
Plano útil (Aulamagna/alumnos1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	493 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (Aulamagna/pizarra1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	469 lx (≥ 400 lx) ✓
Plano útil (Aulamagna/alumnos2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	494 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (Aulamagna/pizarra2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	469 lx (≥ 400 lx) ✓

Tabla 25. Valores de la iluminancia para zona alumnos y zona pizarra.

6.1.3. Biblioteca

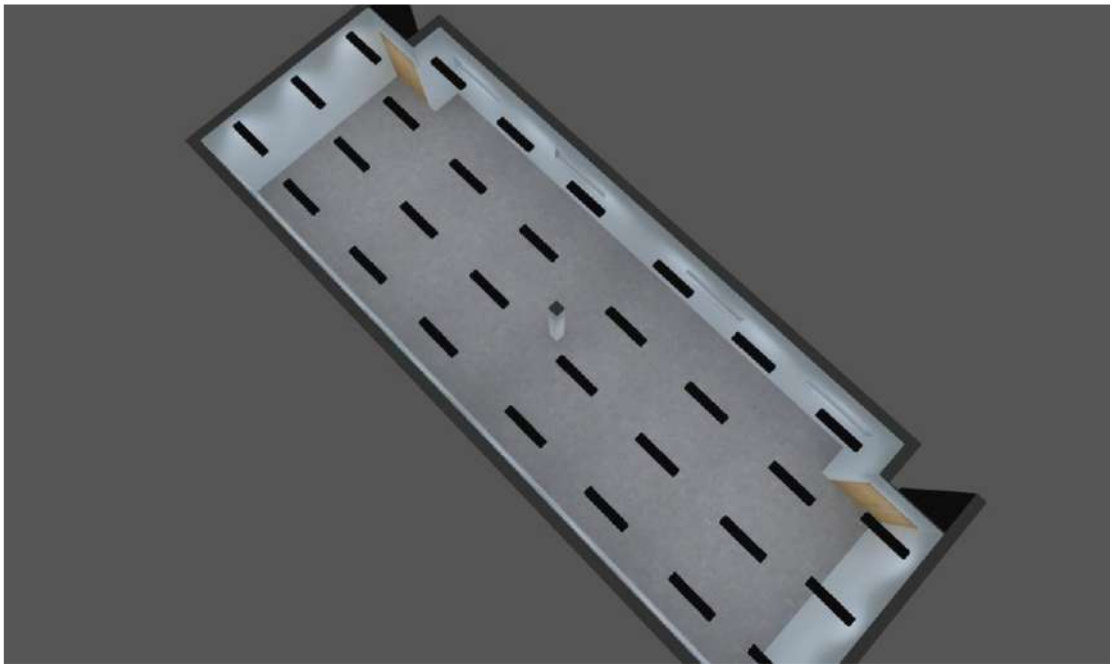

Figura 9. Simulación del resultado final de la Biblioteca.

De manera a lograr el nivel de iluminación requerida se necesitan un total de 30 luminarias con las siguientes características y distribuciones:

aula/biblioteca1

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
432.0 W	56.00 m²	7.71 W/m² = 1.55 W/m²/100 lx (Local)	498 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Aula/biblioteca2

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
432.0 W	56.53 m²	7.64 W/m² = 1.54 W/m²/100 lx (Local)	496 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Pizarra/biblioteca1

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
108.0 W	11.43 m²	9.45 W/m² = 1.97 W/m²/100 lx (Local)	479 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

pizarra/biblioteca2

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
108.0 W	11.43 m²	9.45 W/m² = 1.98 W/m²/100 lx (Local) 9.45 W/m² = 1.98 W/m²/100 lx (Plano útil)	478 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Tabla 26. Tabla de valores de las luminarias de la Biblioteca.

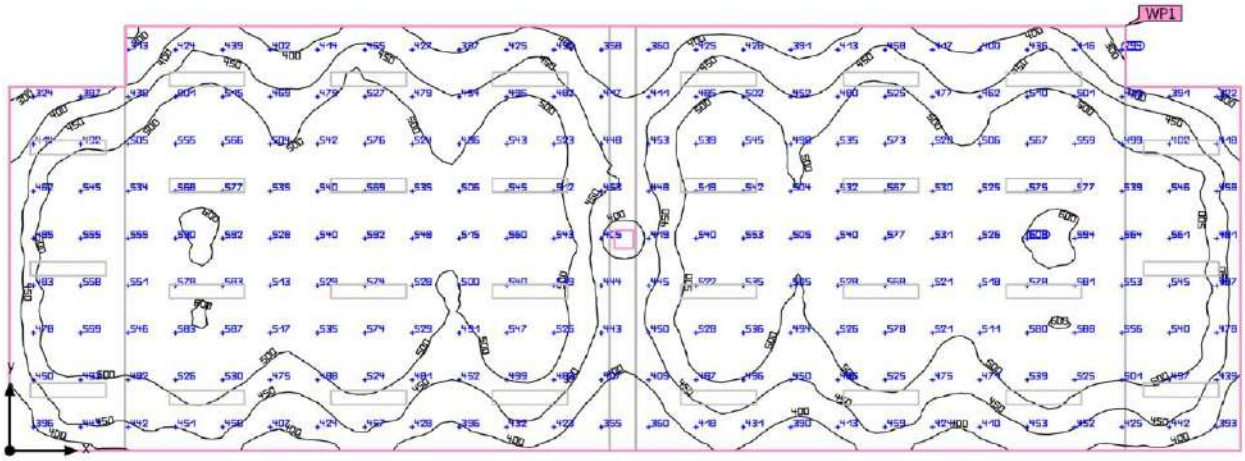

Figura 10. Isolíneas de iluminancia de la Biblioteca.

Al realizar las simulaciones se obtuvieron los siguientes valores:

Propiedades	Ē (Nominal)
Biblioteca Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	493 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (aula/biblioteca1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	498 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (Pizarra/biblioteca1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	479 lx (≥ 400 lx) ✓
Plano útil (Aula/biblioteca2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	496 lx (≥ 300 lx) ✓
Plano útil (pizarra/biblioteca2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	478 lx (≥ 400 lx) ✓

Tabla 27. Valores de la iluminancia para zona de biblioteca y zona pizarra.

6.1.4. Sala de profesores

Figura 11. Simulación del resultado final de la sala de profesores.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 8 luminarias con las siguientes características:

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
19656 lm	288.0 W	68.3 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
8	Endo Lighting	ERK9085W_RAD723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm	68.2 lm/W

Tabla 28. Valores de las luminarias de la sala de profesores.

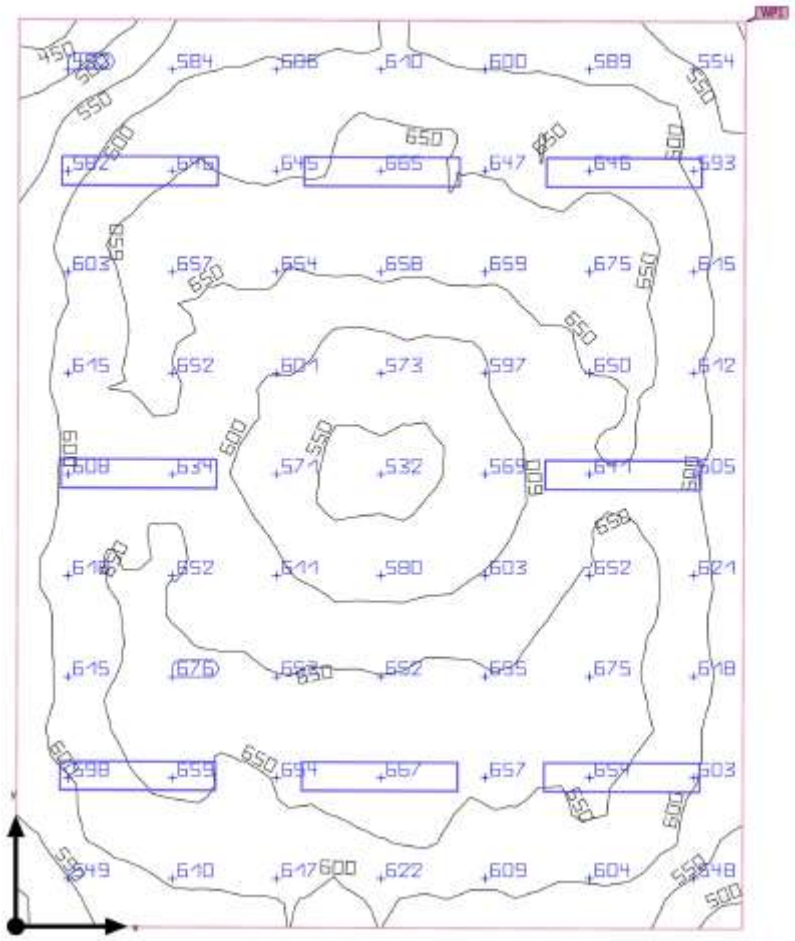

Figura 12. Isolíneas de iluminancia de la Sala de profesores.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas son descritos en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)
Plano útil (sala de profesores) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	619 lx (≥ 300 lx) ✓

Tabla 29. Valores de la iluminancia para zona de profesores.

6.1.5. Baño sexado – inclusivo

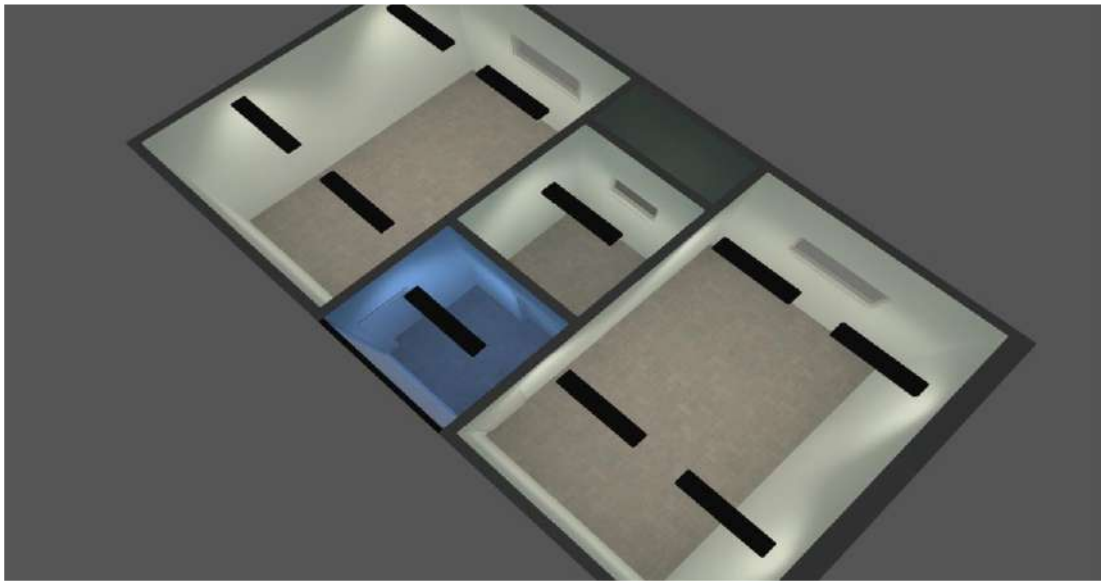

Figura 13. Simulación del resultado final del Baño.

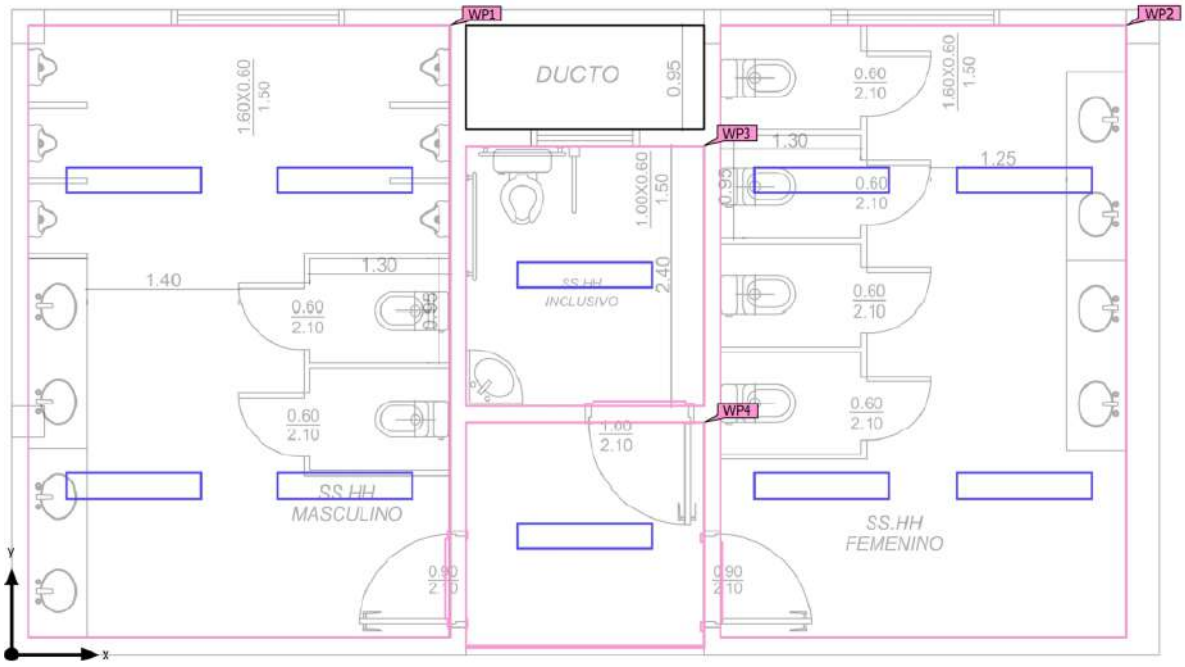

Figura 14. Plano del Baño sexado – inclusivo.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 10 luminarias con las siguientes características:

Baño inclusivo

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
32.6 W	5.28 m²	6.17 W/m² = 1.44 W/m²/100 lx (Local)	429 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	32.6 W	3406 lm

Pasillo

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
36.0 W	4.60 m²	7.83 W/m² = 4.49 W/m²/100 lx (Local)	174 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	36.0 W	2457 lm

Sanitario femenino

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
130.4 W	21.19 m²	6.15 W/m² = 1.13 W/m²/100 lx (Local)	545 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	32.6 W	3406 lm

Sanitario masculino

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
130.4 W	22.03 m²	5.92 W/m² = 1.12 W/m²/100 lx (Local)	528 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	Endo Lighting	ERK9085W_RA D723WW	Base Light	32.6 W	3406 lm

Tabla 30. Valores de las luminarias del baño Sexado – Inclusivo.

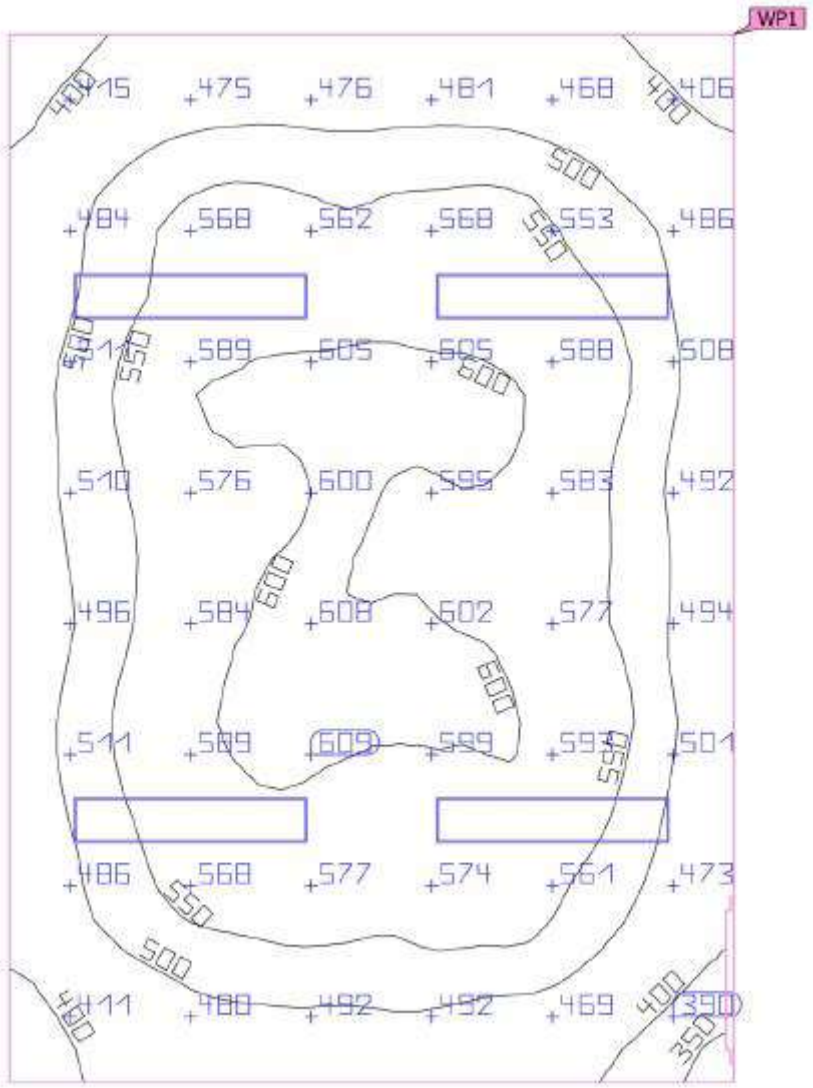

Figura 15. Isolíneas de iluminancia del baño Sexado – Inclusivo (Masculino)

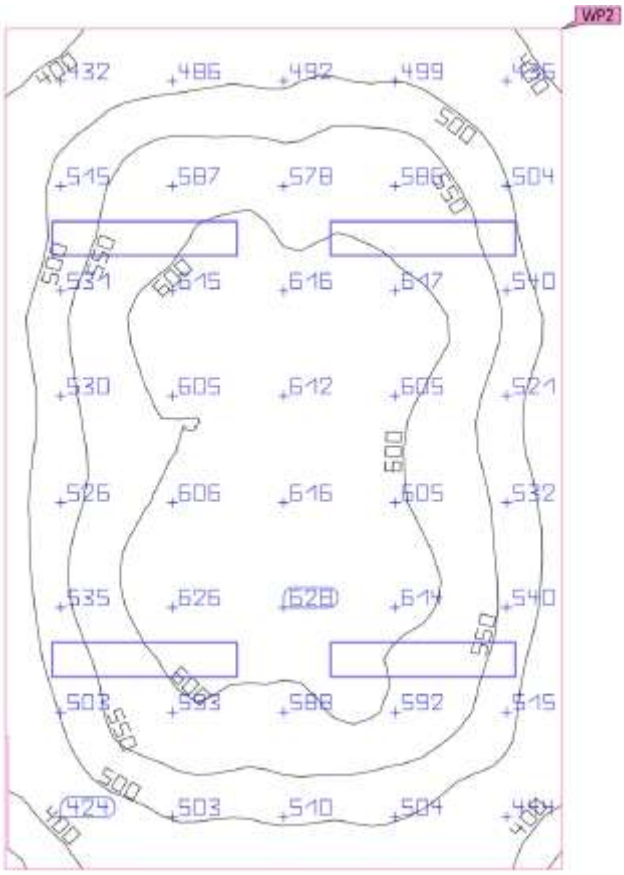

Figura 16. Isolíneas de iluminancia del baño Sexado – Inclusivo (Femenino)

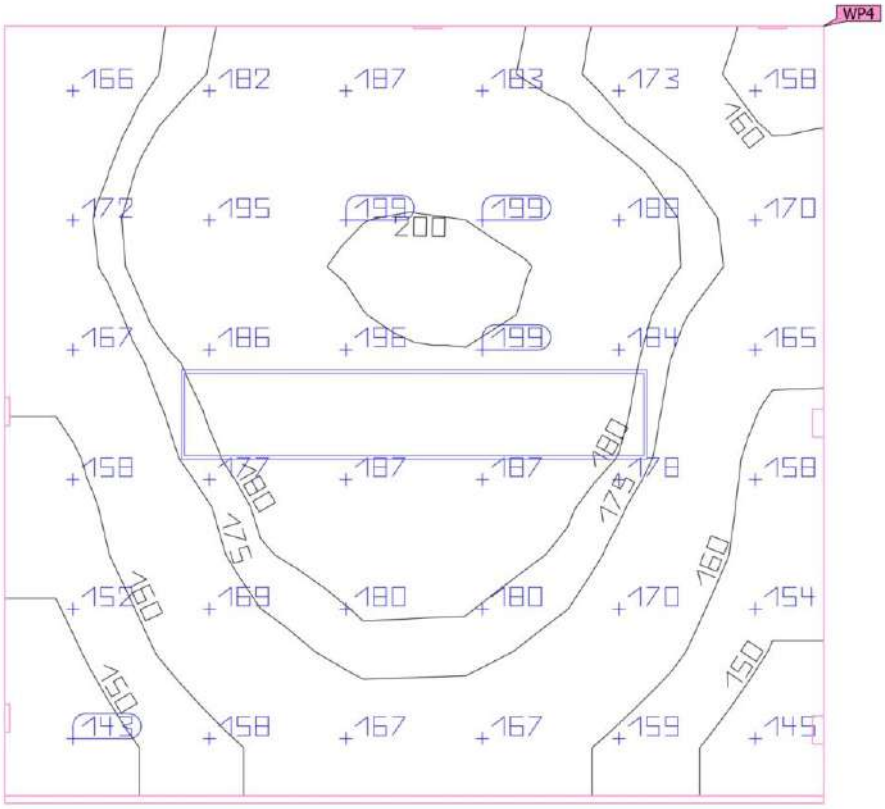

Figura 17. Isolíneas de iluminancia del baño Sexado – Inclusivo (pasillo).

Figura 18. Isolíneas de iluminancia del baño Sexado – Inclusivo (baño inclusivo).

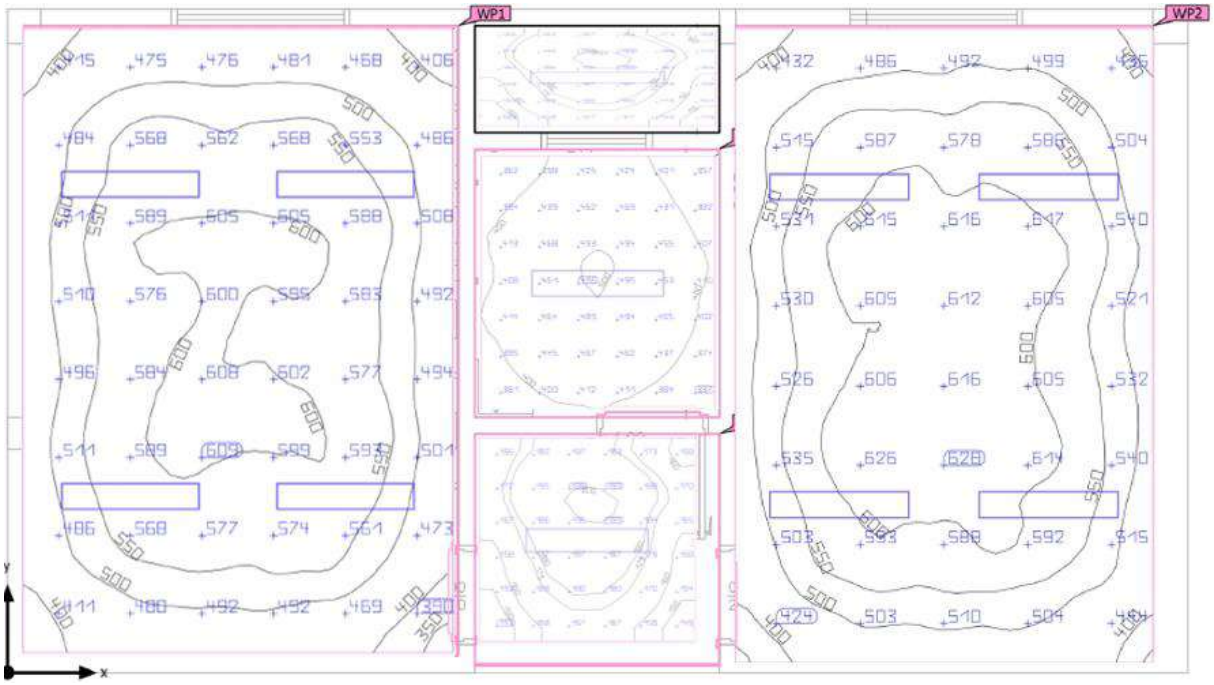

Figura 19. Isolíneas de iluminancia del baño Sexado – Inclusivo.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas son descritos en la siguiente tabla:

Planos útiles

Propiedades	Ē (Nominal)
Baño masculino Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	528 lx (≥ 200 lx) ✓
Plano útil (Sanitario femenino) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	545 lx (≥ 200 lx) ✓
Plano útil (Baño inclusivo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	429 lx (≥ 100 lx) ✓
Plano útil (Pasillo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	174 lx (≥ 100 lx) ✓

Tabla 31. Valores de la iluminancia para zona del baño Sexado – Inclusivo.

6.2. DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Para realizar el dimensionamiento del transformador necesario para suministrar energía a los bloques de aulas de la institución, es necesario tener en cuenta la potencia total instalada. Para obtener este valor, se realiza la suma aritmética de todas las potencias parciales instaladas.

COMPUTO DE CARGAS.		
N° CTO	**DESCRIPCIÓN**	**POTENCIA (W)**
1	Planta Baja	128076
2	Primer piso	132584
3	Segundo piso	132584
4	Tercer Piso	132584
5	Cuarto Piso	132584
POTENCIA TOTAL		**658412**

Tabla 32. Computo de total de las cargas del Edificio.

Posteriormente, se procede a determinar la potencia del transformador. Se realiza los cálculos de la potencia aparente del transformador en KVA utilizando la potencia total instalada y considerando un factor de potencia promedio de la carga de la instalación que es de 0.85, teniendo en cuenta la peor condición de desfase y un f.

La fórmula para hallar la potencia del transformador es la siguiente:

$$S = \frac{P}{cos\Phi} = \frac{658.412\ W}{0,85} = 774,60\ \text{KVA}$$

Dado que no existe en el mercado un transformador con la dimensión exacta requerida, se optará por utilizar un transformador de potencia superior. Esta decisión se toma considerando la posibilidad de futuras expansiones de carga de la institución.

Para cubrir las necesidades actuales y futuras, se utilizará un transformador compacto de pedestal de la Marca ROMAGNOLE de una potencia de 1000 KVA.

Se va a utilizar toda la potencia del transformador seleccionado debido a que la potencia calculada será multiplicada por un factor de utilización, dicho factor para las instituciones educativas se considera como valor 1, debido a que son edificios concurridos.

6.3. DIMENSIONAMIENTO DEL CORRECTOR DE FACTOR DE POTENCIA

Dado que el factor de potencia general de la instalación es de 085 y considerando las condiciones establecidas por el reglamento de la ANDE, se realizará un cálculo para mejorar dicho factor a 0.96. Para lograr esto, se instalará un banco de capacitores fijo para el transformador de pedestal, que estará ubicado en un gabinete especial junto al tablero general.

El factor multiplicador "f" se obtiene utilizando un cuadro de datos de la tabla de corrección del factor de potencia del catálogo WEG, el cual se encuentra en la figura de abajo. Al observar la intersección entre los valores de cos (φ) 0,85 y 0,96 en la tabla, se obtiene el valor de 0,354.

Factor de potencia actual	Factor de potencia deseado (F)														
	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99
0.50	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589
0.52	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500
0.54	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416
0.56	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337
0.58	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262
0.60	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190
0.62	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123
0.64	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068
0.66	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995
0.68	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935
0.70	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877
0.72	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821
0.74	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766
0.76	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712
0.78	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.659
0.80	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609
0.82	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555
0.84	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503
0.86			0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450
0.88					0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397
0.90							0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341
0.92									0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283
0.94											0.034	0.071	0.112	0.160	0.229
0.96													0.041	0.089	0.149
0.98															0.060

Tabla 33. Factor multipicador F.

La fórmula para el cálculo del factor de potencia mejorado está dada por:

$$Q_T = P_A \times f$$

Donde la potencia total del transformador es de $P_A = \mathbf{850\ KW}$.

Aplicando la fórmula, se procede de la siguiente manera:

$$Q_T = 850000\ \text{W} \times 0{,}354$$

$$Q_T = 300{,}9\ \text{KVAr}$$

Debido a que no existe en el mercado un capacitor de estas características se va a adoptar un banco de capacitores. Basándonos en el catálogo de capacitores de la marca WEG, se ha decidido instalar un banco de capacitores trifásicos dividido en etapas, estos serán regulados por un regulador de factor de potencia compuesto por 10 capacitores de 30 KVAr cada etapa.

6.4. DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

El grupo electrógeno estará destinado a, en caso de emergencia (fallas en el suministro de energía eléctrica del edificio), la alimentación de los circuitos de iluminación, tomacorrientes y al ascensor.

Mencionados circuitos tienen la potencia total indicada en la siguiente tabla:

COMPUTO DE CARGAS GENERADOR		
N° CTO	**DESCRIPCIÓN**	**POTENCIA (W)**
1	Planta Baja Luces y Tomas	11076
2	Primer piso Luces y Tomas	12584
3	Segundo piso Luces y Tomas	12584
4	Tercer Piso Luces y Tomas	12584
	Cuarto Piso Luces y Tomas	12584
5	Ascensor	7500
POTENCIA TOTAL		**68912**

Tabla 34. Cargas del generador.

Posteriormente, se procede a determinar la potencia del grupo electrógeno. Se realiza los cálculos de la potencia aparente del generador en KVA utilizando la potencia total a ser alimentada y considerando un factor de potencia promedio de la carga de 0.85, teniendo en cuenta la peor condición de desfase.

La fórmula para hallar la potencia del transformador es la siguiente:

$$S = \frac{P}{cos\Phi} = \frac{68.912\ W}{0{,}85} = 81{,}07\ \text{KVA}$$

Dado que no existe en el mercado un generador con la dimensión exacta requerida, se optará por utilizar uno de potencia superior. Esta decisión se toma considerando la posibilidad de futuras expansiones de carga de la institución.

Para cubrir las necesidades actuales y futuras, se utilizará un grupo generador de la Marca RECORD modelo GGCAI 110/100 KVA CA C110D5 de una potencia de 110 KVA.

6.5. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR DESDE EL GENERADOR HASTA EL TABLERO PRINCIPAL

El criterio fundamental a considerar es la máxima caída de tensión admisible, se adaptó una máxima caída de tensión admisible del 7% a partir de las terminales de salida del generador. Con una distancia aproximada de 35 metros al tablero principal. Se utilizará conductores de cobre y la alimentación es trifásica, con fases R, S, T y neutro.

En primer lugar, debemos convertir la potencia del grupo electrógeno a kilovatios para su mejor uso:

$$P_w = S_{generador} \times \cos\varphi \ = 100\ KVA \ \times \ 0{,}85 \ = \mathbf{85\ KW}$$

Posteriormente se realizan los cálculos de la sección y la protección de los conductores:

$$\text{S}= \frac{k \times p \times l}{\rho \times \text{v}^2 \times e} = \frac{100 \times 85000\ \text{W} \times 35\ \text{m}}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ \text{V})^2 \times 7\%} = \ 5{,}07\ \text{mm}^2$$

Como no se encuentra disponible en el mercado un conductor de sección $5{,}07\ mm^2$, se seleccionará la sección más próxima superior según el catálogo de INPACO - Tabla N° 3 tipo "D" cable en electroducto enterrado o en canaleta no ventilada en el suelo). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE. La sección más próxima es de $6\ mm^2$, con una corriente admisible de 52 A para tres conductores. A continuación, se procederá al cálculo de la caída de tensión para verificar el cumplimiento del criterio establecido.

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times \text{v}^2 \times s} = \frac{100 \times 85000\ \text{W} \times 35\ \text{m}}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ \text{V})^2 \times 6\ \text{mm2}} \ = 5{,}92\ \%$$

Se procede a verificar la condición de la caída de tensión.

ed. % > ec. %

$$7\% > 5{,}92\%$$

La verificación de la sección adoptada a través del cálculo de la caída de tensión demuestra que es admisible. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el conductor, es necesario considerar la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a determinar la corriente necesaria para la potencia del transformador:

$$\mathbf{Ic} = \frac{p}{\sqrt{3}\times v\times \cos\vartheta} = \frac{85000W}{\sqrt{3}\times 380\ V\times 0{,}85} = 151{,}93\ \text{A}$$

Se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$

$$151{,}93\ \text{A} < 52\ A$$

El uso del conductor de 6 mm^2, no es adecuado para esta aplicación, Por lo tanto, se procedió a buscar un conductor adecuado en el catálogo de INPACO - Tabla N° 5 tipo "F" para cables en bandejas perforadas horizontales o verticales. Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR. Se encontró un conductor de $\mathbf{50\ mm^2}$, este conductor cuenta con una intensidad máxima admisible de 189 A, lo que lo hace adecuado para la carga requerida.

$$I_c < I_{adm}$$

$$151{,}93\ \text{A} < 189\ \text{A}$$

Se puede verificar que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores son correctos.

Para el cálculo de Protección:

La corriente nominal de carga "$\mathrm{I_c}$" es de $151{,}93\ A$. Para seleccionar el interruptor adecuado, se consultó el catálogo de interruptores ABB E.6 adecuado para las

condiciones de nuestro circuito. Después de analizar las opciones disponibles, se elige una TM de caja moldeada de ABB OT160 que funcionan a 160 amperios. De esta manera, aseguramos que se cumplan los criterios de corriente establecidos.

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{adm}}$$

$$151{,}93\ \text{A} < 160\ \text{A} < 189\ \text{A}$$

Con la verificación realizada, se pudo comprobar que se cumple la desigualdad requerida para la protección y los conductores seleccionados. Por lo tanto, se puede afirmar que estos elementos son adecuados y válidos.

6.6. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR DESDE EL TRANSFORMADOR A LA PROTECCION GENERAL

Uno de los criterios fundamentales a ser considerados fue la máxima caída de tensión admisible. Para ello, se recopilaron datos esenciales para el cálculo, como la distancia entre el transformador y el tablero de 2 metros. Se adaptó una máxima caída de tensión admisible del 5% en el troncal. Se utilizará conductores de cobre y la alimentación es trifásica, con fases R, S, T y neutro.

En primer lugar, debemos convertir la potencia del transformador a vatios para su mejor uso. Por lo tanto, la nueva potencia activa del transformador será:

$$P_w = S_{trafo} \times \cos\varphi = 1000\ KVA \times 0{,}85 = \mathbf{850\ KW}$$

Seguidamente se calcula la sección y la protección de los conductores que une el transformador con el tablero general.

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 850000\ W \times 2\ m}{58\ m/(\Omega * mm^2) \times (380\ V)^2 \times 5\%} = 4{,}05\ mm^2$$

Como no se encuentra disponible en el mercado un conductor de sección $4{,}05\ mm^2$, se seleccionará la sección más próxima superior según el catálogo de INPACO - Tabla N° 3 tipo "D" cable en electroducto enterrado o en canaleta no ventilada en el suelo). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE. La sección más próxima es de $6\ mm^2$, con una corriente admisible de 52 A para tres conductores. A continuación, se procederá al cálculo de la caída de tensión para verificar el cumplimiento del criterio establecido.

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times s} = \frac{100 \times 850000\ W \times 2\ m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ V)^2 \times 6\ mm2} = 3{,}38\ \%$$

Se procede a verificar la condición de la caída de tensión.

ed. % > ec. %
5%> 3,38%

La verificación de la sección adoptada a través del cálculo de la caída de tensión demuestra que es admisible. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el conductor, es necesario considerar la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a determinar la corriente necesaria para la potencia del transformador:

$$\mathbf{Ic} = \frac{p}{\sqrt{3}\times v\times\cos\vartheta} = \frac{850000W}{\sqrt{3}\times 380\,V\times 0{,}85} = 1519{,}34\ \text{A}$$

Se procede a probar por el criterio de corriente admisible.

$$I_c < I_{adm}$$
$$1519{,}34\ \text{A} < 52\ \text{A}$$

El uso del conductor de 6 mm^2, no es adecuado para esta aplicación, Por lo tanto, se procedió a buscar un conductor adecuado en el catálogo de INPACO - Tabla N° 5 tipo "F" para cables en bandejas perforadas horizontales o verticales. Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR. Se encontró un conductor de $\boldsymbol{300\ mm^2}$, este conductor cuenta con una intensidad máxima admisible de 669 A, lo que lo hace adecuado para la carga requerida.

La sección que usaremos para interconectar el transformador con el Tablero General será 3 conductores de 300 mm² que soporta una corriente de 669 amperios cada uno, por lo tanto, pondremos en paralelo y que juntos suman una corriente de 2007 amperios.

La sección adoptada sería de 1x(3x (1 x 300mm^2))

$$I_c < I_{adm}$$
$$1519{,}34\ \text{A} < 2007\ \text{A}$$

Se puede verificar que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores son correctos.

Para el cálculo de Protección:

La corriente nominal de carga "I_c" es de $1519{,}34\ A$. Para seleccionar el interruptor adecuado, se consultó el catálogo de interruptores ABB E.6 adecuado para las condiciones de nuestro circuito. Después de analizar las opciones disponibles, se elige una TM de caja moldeada de ABB OT1600 que funcionan a 1600 amperios. De esta manera, aseguramos que se cumplan los criterios de corriente establecidos.

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{adm}}$$

$$1519{,}34\ \text{A} < 1600\ \text{A} < 2007\ A$$

El uso de 3 conductores en paralelo es adecuado para esta aplicación. Con la verificación realizada, se pudo comprobar que se cumple la desigualdad requerida para la protección y los conductores seleccionados. Por lo tanto, se puede afirmar que estos elementos son adecuados y válidos.

6.7. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO GENERAL CON EL TABLERO PRINCIPAL DE LA INSTALACIÓN

En esta sección, calcularemos la protección y determinaremos la sección necesaria para alimentar la carga.

$\boldsymbol{P_{Total}}$ = 850000 W
FP: 0,85
Longitud = 35 m
e% = 2 %

Seguidamente calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 850000\ W \times 35\ m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ V)^2 \times 2\%} = 177{,}60\ mm^2$$

Como no se encuentra disponible en el mercado un conductor de sección $177{,}60\ mm^2$, se seleccionará la sección más próxima superior según el catálogo de INPACO - Tabla N° 3 tipo "D" cable en electroducto enterrado o en canaleta no ventilada en el suelo). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR. La sección más próxima es de 185 mm^2, con una corriente admisible de 344 A para tres conductores. A continuación, se procederá al cálculo de la caída de tensión para verificar el cumplimiento del criterio establecido.

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times s} = \frac{100 \times 850000\ W \times 35\ m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ V)^2 \times 185\ mm2} = 1{,}92\ \%$$

Se procede a verificar la condición de la caída de tensión.

ed. % > ec. %

2% > 1,92%

La verificación de la sección adoptada a través del cálculo de la caída de tensión demuestra que es admisible. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el conductor, es necesario considerar la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a determinar la corriente necesaria para la potencia requerida.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} = \frac{850000\ W}{\sqrt{3} \times 380\ \text{V} \times 0{,}85} = 1519{,}34\ A$$

El uso del conductor de 185 mm^2, no es adecuado para esta aplicación, Por lo tanto, se procedió a buscar un conductor adecuado en el catálogo de INPACO - Tabla N° 5 tipo "F" para cables en bandejas perforadas horizontales o verticales. Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE o HEPR. Se encontró un conductor de $\boldsymbol{300\ mm^2}$, este conductor cuenta con una intensidad máxima admisible de 669 A, lo que lo hace adecuado para la carga requerida.

La sección que usaremos para interconectar el tablero general con el tablero principal se utilizará 3 conductores de 300 mm² que soporta una corriente de 669 amperios cada uno, por lo tanto, pondremos en paralelo y que juntos suman una corriente de 2007 amperios.

La sección adoptada sería de 1x(3x(1 $\times$ 300mm^2))

$$I_c < I_{adm}$$

$$1519{,}34\ \text{A} < 2007\ \text{A}$$

Se puede verificar que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores son correctos.

Para el cálculo de Protección:

La corriente nominal de carga "I_c" es de $1519{,}34\ A$. Para seleccionar el interruptor adecuado, se consultó el catálogo de interruptores ABB E.6 adecuado para las condiciones de nuestro circuito. Después de analizar las opciones disponibles, se elige una TM de caja moldeada de ABB OT1600 que funcionan a 1600 amperios. De esta manera, aseguramos que se cumplan los criterios de corriente establecidos.

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{adm}}$$

$$1519{,}34\ \mathrm{A} < 1600\ \mathrm{A} < 2007\ \mathrm{A}$$

Con la verificación realizada, se pudo comprobar que se cumple la desigualdad requerida para la protección y los conductores seleccionados.

6.8. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO PRINCIPAL CON LOS SECCIONALES DE LA INSTALACIÓN

Se manejan valores muy semejantes de las variables para los cálculos a realizar, como por ejemplo poca diferencia entre la potencia de los pisos y la planta baja, como así también la variación de la distancia de los tableros, esto no afecta prácticamente a los a los valores calculados, por lo tanto, se concluye realizar el cálculo con la mayor potencia de los tableros seccionales como así también con la mayor longitud de dicho sistema evitando de esta forma realización repeticiones innecesarias.

En esta sección, calcularemos la protección y determinaremos la sección necesaria para alimentar la carga.

$\boldsymbol{P_{Total}}$ = 132.584 W

FP: 0,85

Longitud = 18 m

e% = 2%

Seguidamente calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 132584\ \text{W} \times 18\ \text{m}}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ \text{V})^2 \times 2\%} = 14{,}25\ \text{mm}^2$$

Como no se encuentra disponible en el mercado un conductor de sección $14{,}25\ mm^2$, se seleccionará la sección más próxima superior según el catálogo de INPACO - Tabla N° 2 tipo "B1" cable multipolares en electroducto embutidos en mampostería). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE. La sección más próxima es de 16 mm^2, con una corriente admisible de 59 A para tres conductores. A continuación, se procederá al cálculo de la caída de tensión para verificar el cumplimiento del criterio establecido.

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times \mathrm{v}^2 \times s} = \frac{100 \times 132584\ \mathrm{W} \times 18\ \mathrm{m}}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ \mathrm{V})^2 \times 16\ \mathrm{mm2}} = 1{,}78\ \%$$

se procede a verificar la condición de la caída de tensión.

ed. % > ec. %

2% > 1,78%

La verificación de la sección adoptada a través del cálculo de la caída de tensión demuestra que es admisible. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el conductor, es necesario considerar la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a determinar la corriente necesaria para la potencia requerida.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} = \frac{132584\ W}{\sqrt{3} \times 380\ \mathrm{V} \times 0{,}85} = 236{,}99\ A$$

El uso del conductor de 16 mm^2, no es adecuado para esta aplicación, Por lo tanto, se procedió a buscar un conductor adecuado en el catálogo de INPACO - Tabla N° 2 tipo "B1" cable multipolares en electroducto embutidos en mampostería). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE. La sección más próxima es de 185 mm^2, con una corriente admisible de 273 A para tres conductores.

$$I_c < I_{adm}$$

$$236{,}99\ \mathrm{A} < 273\ \mathrm{A}$$

Se puede verificar que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores son correctos.

Para el cálculo de Protección:

La corriente nominal de carga "I_c" es de $236{,}99\,A$. Para seleccionar el interruptor adecuado, se consultó el catálogo de interruptores ABB E.6 adecuado para las condiciones de nuestro circuito. Después de analizar las opciones disponibles, se elige una TM de ABB OT250 que funcionan a 250 amperios. De esta manera, aseguramos que se cumplan los criterios de corriente establecidos.

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{adm}}$$

$$236{,}99\ \text{A} < 250\ \text{A} < 273\ \text{A}$$

Con la verificación realizada, se pudo comprobar que se cumple la desigualdad requerida para la protección y los conductores seleccionados.

6.9. DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR QUE UNE EL TABLERO SECCIONAL CON LOS LAS CARGAS PUNTUALES DE LA INSTALACIÓN

Como se describió en la sección anterior se manejan valores muy semejantes de las variables para los cálculos a realizar, por lo tanto, se concluye realizar el cálculo con la mayor potencia de las cagas puntuales como así también con la mayor longitud de dicho sistema, evitando de esta forma realización repeticiones innecesarias.

$\boldsymbol{P_{Total}} =$ 7500 W

FP: 0,85

Longitud = 40 m

e% = 1%

Seguidamente calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times e} = \frac{100 \times 7500\ W \times 40\ m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ V)^2 \times 1\%} = 3{,}58\ mm^2$$

Como no se encuentra disponible en el mercado un conductor de sección $3{,}58\ mm^2$, se seleccionará la sección más próxima superior según el catálogo de INPACO - Tabla N° 2 tipo "B1" cable multipolares en electroducto embutidos en mampostería). Se utilizarán cables de cobre con aislamiento de XLPE. La sección más próxima es de $4\ mm^2$, con una corriente admisible de 25 A para tres conductores. A continuación, se procederá al cálculo de la caída de tensión para verificar el cumplimiento del criterio establecido.

$$e = \frac{k \times p \times l}{\rho \times v^2 \times s} = \frac{100 \times 7500\ W \times 40\ m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380\ V)^2 \times 4\ mm2} = 0{,}9\ \%$$

se procede a verificar la condición de la caída de tensión.

ed. % > ec. %

1% > 0,9%

La verificación de la sección adoptada a través del cálculo de la caída de tensión demuestra que es admisible. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el conductor, es necesario considerar la corriente que circulará por él.

A continuación, procederemos a determinar la corriente necesaria para la potencia requerida.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \emptyset} = \frac{7500\ W}{\sqrt{3} \times 380\ \text{V} \times 0{,}85} = 13{,}40\ A$$

El uso del conductor de 4 mm^2, adecuado para esta aplicación, Por lo tanto, se procede a realizar la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_{pico} = I_{carga} * 1.25 = 13.4\ \text{A} * 1.25 = 16{,}75\ \text{A}.$$

$$I_p < I_{adm}$$

$$16{,}75\ \text{A} < 25\ A$$

Se puede verificar que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores son correctos.

Para el cálculo de Protección:

La corriente nominal de carga "I_c" es de $13{,}40\ A$. Para seleccionar el interruptor adecuado, se consultó el catálogo de interruptores ABB E.6 adecuado para las condiciones de nuestro circuito. Después de analizar las opciones disponibles, se elige una TM de ABB OT16 que funcionan a 16 amperios. De esta manera, aseguramos que se cumplan los criterios de corriente establecidos. Por factor de seguridad:

$$I_p = I_c * 1.15 = 13.4\ A * 1.15 = 15.41\ A$$

$$\boldsymbol{I_c < I_p < I_{adm}}$$

$$15{,}41\ \text{A} < 16\ \text{A} < 25\ \text{A}$$

Con la verificación realizada, se pudo comprobar que se cumple la desigualdad requerida para la protección y los conductores seleccionados.

6.10. Cálculo de la malla de puesta a tierra

<u>Dimensión de la Malla de Puesta a Tierra</u>: (5m x 5m) = 25 m^2

Malla cuadrada con 4 jabalinas de 5/8", 2,40 m de longitud y conductor de cobre desnudo de 25 mm^2.

Primeramente, se realiza el cálculo la resistencia de una jabalina, obteniendo los siguientes valores:

Si R_1= 15,4 Ω,

k_4= 0.353475

$R_n = R_1 . K_n$

$K_n = \frac{K}{n}$

ρ_a= 38,05 Ωm

$R_4 = k_4 . R_1$=5,44 Ω = Rh

Posteriormente, se pasa a calcula la resistencia de aterramiento.

$$R_a = \frac{\rho_a}{\pi . l} . [Ln(\frac{2.l}{\sqrt{D.h}}) + K_1 . \frac{l}{\sqrt{A}} - K_2]$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho_a}$:38,05Ωm

l:29,6 m

d: 6,18 mm

h: 0,60 m

A: 25 m^2

Perímetro de la malla: 4*5 =20 m

$$\mathbf{Y} = \frac{30}{20} = \mathbf{1.5}$$

$$\mathbf{K_1} = \mathbf{1,4125} - \mathbf{0,0425}.\mathbf{1.5} = \mathbf{1.35}$$

$$\mathbf{K_2} = \mathbf{5,49} - \mathbf{0,1443}.\mathbf{1.5} = \mathbf{5.27}$$

$$R_a = \frac{38,05}{\pi.30} \cdot \left[\ln\left(\frac{2.30}{\sqrt{0.00618 \cdot 0.6}}\right) + 1.35 \cdot \frac{30}{\sqrt{25}} - 5.27\right] = 3,92\ \Omega$$

Resistencia mutua de malla y jabalinas:

$$R_m = \frac{\rho_a}{\pi.l}.\left[Ln\left(\frac{2.l}{le}\right) + K_1.\frac{l}{\sqrt{A}} - K_2 + 1\right]$$

$$R_m = \frac{38,05}{\pi.30} \cdot \left[\ln\left(\frac{2.30}{9,6}\right) + 1.35 \cdot \frac{30}{\sqrt{25}} - 5.27 + 1\right] = 2,28\ \Omega$$

Donde:

l: 30 m.

le: 9,6 m.

Resistencia total de malla con las jabalinas (Método SCHWARZ):

$$R_t = \frac{R_a . R_h - R_m^2}{R_a + R_h - 2 . R_m}$$

$$R_t = \frac{3{,}92 * 5{,}44 - 2{,}28^2}{3{,}92 + 5{,}44 - 2 * 2{,}28} = 3{,}36\ \Omega$$

Con eso se verifica que la malla planteada de 25 m² cumple con los requisitos.