UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

“PROPUESTA DE MEJORA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA DEL QUINTO DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ, UBICADA EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO”

MARÍA CECILIA CASCO SANTACRUZ

TUTOR

ING. PEDRO PASTOR GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

COTUTOR

ING. JONHATAN ALBERTO LÓPEZ GAUTO

Coronel Oviedo – Paraguay

Año 2024

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.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

PROPUESTA DE MEJORA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA DEL QUINTO DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ, UBICADA EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

Elaborado por

MARÍA CECILIA CASCO SANTACRUZ

Tutor

ING. PEDRO PASTOR GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

COTUTOR

ING. JONHATAN ALBERTO LÓPEZ GAUTO

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

Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2024

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

A María Cecilia Casco Santacruz de 17 años, misión cumplida, somos Ingeniera.

RESUMEN

Este proyecto de fin de grado consiste en proponer alternativas para mejorar la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú, ubicada en la Ciudad de Coronel Oviedo.

El objetivo es mejorar la instalación eléctrica y optimizar el uso de la energía cumpliendo con las normativas y estándares de calidad vigente. Esto permitirá aumentar la seguridad y la comodidad de las personas que ocupan dicho espacio.

Para lograr el objetivo, se realizó el relevamiento de datos y posterior análisis de la condición actual de la instalación eléctrica del local. Los resultados arrojaron defectos como: nivel de iluminación inadecuado, ausencia de sistema de puesta tierra y disyuntores diferenciales, mal dimensionamiento de conductores, protecciones, ausencia de circuitos independientes para cargas puntuales y la ausencia de un banco de compensación reactiva. Estos defectos causaban descargas parciales por personas y equipos, la inutilización de algunos sectores, avería de equipos y electrodomésticos y el bajo factor de potencia que se traduce en pérdidas económicas.

Teniendo en cuenta las normativas y estándares de calidad local e internacional, se pudo elaborar propuestas para solucionar los problemas. El resultado es el diseño una nueva instalación eléctrica para todas las áreas que incumplían con los criterios mencionados en la normativa utilizada. Esto fue posible utilizando softwares de cálculo y simulación como Dialux Evo 12.1 y Excel.

Además, se diseñó un sistema de alimentación alternativa mediante paneles solares utilizando Global Atlas Solar, así también un sistema de compensación reactiva y un sistema de puesta a tierra utilizando las normativas vigentes. Finalmente se realizó un presupuesto de la solución planteada.

Palabras claves: Instalaciones eléctricas de calidad, Seguridad en instalaciones eléctricas, Energía solar residencial.

ABSTRACT

This final degree project consists of proposing alternatives to improve the electrical installation of the University Residence of the fifth department of Caaguazú, located in the city of Coronel Oviedo.

The objective is to improve the electrical installation and optimize the use of energy, complying with current regulations and quality standards. This will increase the safety and comfort of the people who occupy the space.

To achieve this objective, a data survey and subsequent analysis of the current condition of the electrical installation of the premises was carried out. The results showed defects such as: inadequate lighting level, absence of grounding system and differential circuit breakers, poor sizing of conductors, protections and absence of independent circuits for point loads and the absence of a reactive compensation bank. These defects caused partial discharges by people and equipment, rendering some sectors unusable, breakdown of equipment and household appliances and low power factor, which translates into economic losses.

Taking into account local and international regulations and quality standards, the proposal to solve the problem was developed. The result is the design of a new electrical installation for all the areas that did not comply with the criteria mentioned in the standards used. This was possible using calculation and simulation software such as Dialux Evo 12.1 and Excel.

In addition, an alternative power supply system using solar panels was designed using Global Atlas Solar, as well as a reactive compensation system and a grounding system using current regulations. Finally, an analysis was carried out to evaluate that the proposed solution is technically feasible.

Key Words: Quality electrical installations, Safety in electrical installations, Residential solar energy.

ÍNDICE

PÁGINA DE APROBACIÓN 4
DEDICATORIA 5
RESUMEN 6
ABSTRACT 7
ÍNDICE 8
LISTA DE FIGURAS 11
LISTA DE TABLAS 15
INTRODUCCIÓN 16
CAPÍTULO 1 17
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 17
1.1 ANTECEDENTES 17
CAPÍTULO 2 19
2.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA 19
2.2 JUSTIFICACIÓN 21
CAPÍTULO 3 22
OBJETIVOS 22
3.1 GENERAL 22
3.2 ESPECÍFICOS 22
CAPÍTULO 4 23
RESUMEN EJECUTIVO 23
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO 23
4.2 TIPO DE ESTUDIO 23
4.3 DISEÑO 23
4.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 23
4.5 PROCEDIMIENTOS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS 23
4.6 PRODUCTO 25
4.7 ESPECIFICACIONES Y TAREAS REALIZADAS 25
4.8 RECURSOS 26
4.9 FACTIBILIDAD TÉCNICA 26
4.10 NORMAS Y REGLAMENTOS UTLIZADAS. 26

4.11 PRESUPUESTO....27
CAPÍTULO 5.... 28
INGENIERÍA DE DISEÑO.... 28
5.1- SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA.... 28
5.1.1UBICACIÓN.... 28
5.1.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA.... 28
5.1.3 PLANO ARQUITECTÓNICO....29
5.1.4 PLACA CARACTERÍSTICA DEL TRANSFORMADOR....29
5.1.5 POTENCIA INSTALADA.... 30
5.1.6 NIVEL DE ILUMINACIÓN ACTUAL.... 30
5.1.8 RESISTIVIDAD DEL SUELO....32
5.1.9 CARGA REACTIVA DE LA INSTALACIÓN....32
5.2 CÁLCULO Y DIMENsIONAMIENTO DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS....32
5.2.1 PROYECTO DE ILUMINACIÓN....32
5.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES....33
5.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES....36
5.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADOR....39
5.2.5 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO de UN SISTEMA DE COMPENSACIÓN REACTIVA PARA LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA....41
5.2.6 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA....42
5.3 DISEÑO Y DIMENSIONMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA ALIMENTACIÓN ALTERNATIVA DE LA SALA DE ESTUDIO/AUDITORIO....45
5.4 DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA EDIFICACIÓN....54
5.5 LISTA DE MATERIALES....54
5.6 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO....56
PRESUPUESTO....56
DESCRIPCIÓN....56
PRECIO....56
BT....56

MT 56
SUBTOTAL....56
IMPREVISTOS....56
TOTAL....56
TOTAL, EN DÓLARES 56
CAPÍTULO 6 57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 57
6.1 CONCLUSIÓN....57
6.2 RECOMENDACIONES....58
BIBLIOGRAFÍA 59
APÉNDICE 60
APÉNDICE A: RESUMEN EJECUTIVO....60
A.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROPUESTA PRESENTADA 60
APÉNDICE B: INGENIERÍA DE DISEÑO 61
B.1 RELEVAMIENTO DE DATOS 61
B.2 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS....68
B.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO 135
B.4 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO 136

LISTA DE FIGURAS

Figure 1: Ubicación geográfica de la residencia universitaria. 28
Figure 2: Distribución de jabalinas en la malla. 44
Figure 3: Esquema representativo de conexión del sistema de puesta tierra. 45
Figure 4: Esquema TN-S de conexión del sistema de puesta tierra de la residencia universitaria. 45
Figure 5: Esquema del resultado del dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el sector auditorio/estudio de la residencia universitaria.....54
Figure 6: Lista de materiales en MT.....55
Figure 7: Lista de materiales en BT.....56
Figure 8: Análisis técnico de la propuesta presentada. 60
Figure 9: Plano arquitectónico de la residencia universitaria.....61
Figure 10: Plano arquitectónico de planta baja. 62
Figure 11: Plano arquitectónico de planta alta.....63
Figure 12: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria. 64
Figure 13: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria. 65
Figure 14: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria. 66
Figure 15: Placa característica del transformador actual. 67
Figure 16: Simulación del resultado final del Auditorio. 68
Figure 17: Tipo de lámpara seleccionada para el salón auditorio. 69
Figure 18: Valores de las luminarias del salón auditorio. 70
Figure 19: Isolíneas de iluminancia del salón auditorio.....70
Figure 20: Valores de iluminancia para salón auditorio.. 71
Figure 21: Valores de uniformidad para salón auditorio..... 71
Figure 22: Simulación del resultado final cancha de futsal. 72
Figure 23: Tipo de lámpara seleccionada para la cancha de futsal......73
Figure 24: Valores de las luminarias de la cancha de futsal.....74
Figure 25: Isolineas de iluminancia de la cancha de futsal. 74

Figure 26: Valores de iluminancia para la cancha de futsal. 75
Figure 27: Valores de uniformidad para cancha de futsal. 75
Figure 28: Simulación resultado final cancha de Básquet. 76
Figure 29: Tipo de lámpara seleccionada cancha de básquet. 77
Figure 30: Valores de luminarias de la cancha de básquet.. 78
Figure 31: Isolineas de iluminancia de la cancha de básquet. 78
Figure 32: Valores de iluminancia para la cancha de básquet. 79
Figure 33: Valores de uniformidad cancha de básquet. 79
Figure 34: Simulación resultado final de la plaza. 80
Figure 35: Simulación resultado final de la plaza. 80
Figure 36: Informe tipo de lámpara seleccionada para la plaza. 81
Figure 37: valores de las luminarias de la plaza. 82
Figure 38: Isolíneas de iluminancia de la plaza. 82
Figure 39: Valores de iluminancia y uniformidad para la plaza. 82
Figure 40: Simulación resultado final dormitorio. 83
Figure 41: Tipo de lámpara seleccionada para dormitorio. 84
Figure 42: Valores de iluminancia del dormitorio. 85
Figure 43: Isolíneas de iluminancia del dormitorio. 85
Figure 44: Valores de iluminancia y uniformidad para dormitorio. 85
Figure 45: Simulación resultado final del sanitario. 86
Figure 46: Tipo de lámpara seleccionada para sanitarios. 87
Figure 47: Valores de las luminarias para sanitarios. 88
Figure 48: Informe isolíneas de iluminancia de los sanitarios. 88
Figure 49: Valores de la iluminancia y uniformidad para sanitarios. 89
Figure 50: Simulación resultado final quincho. 89
Figure 51: Tipo de lámpara seleccionada para quincho. 90
Figure 52: Valores de las luminarias del quincho. 91
Figure 53: Isolíneas de iluminancia del quincho. 91
Figure 54: Valores de la iluminancia y uniformidad para quincho. 91
Figure 55: Simulación del resultado final recepción. 92
Figure 56: Tipo de lámpara seleccionada para la recepción. 93

Figure 57: Valores de las luminarias de la recepción..... 94
Figure 58: Isolíneas de iluminancia de la recepción. 94
Figure 59: Valores de la iluminancia y uniformidad para recepción. 95
Figure 60: simulación resultado final comedor. 95
Figure 61: Tipo de lámpara seleccionada para comedor. 96
Figure 62: Valores de las luminarias del comedor. 97
Figure 63: Isolíneas de iluminancia del comedor. 97
Figure 64: Valores de la iluminancia y uniformidad para el comedor. 98
Figure 71: Simulación resultado final de lavandería. 98
Figure 72: Tipo de lámpara seleccionada para lavandería. 99
Figure 73: Valores de las luminarias para lavandería 100
Figure 74: Isolíneas de la iluminancia de la lavandería. 100
Figure 75: Valores de iluminancia para lavandería. 100
Figure 76: Simulación resultado final cocina. 101
Figure 77: Tipo de luminaria para la cocina. 102
Figure 78: Valores de las luminarias para la cocina. 103
Figure 79: Isolineas de la iluminancia de la cocina. 103
Figure 80: Valores de la iluminancia y uniformidad para la cocina. 104
Figure 65: Simulación resultado final pasillos. 104
Figure 66: Simulación resultado final pasillos. 104
Figure 67: Tipo de luminaria seleccionada para pasillo. 105
Figure 68: Valores de las iluminarias del pasillo. 106
Figure 69: Isolíneas de iluminancia del pasillo. 106
Figure 70: Valores de iluminancia y uniformidad para pasillos. 107
Figure 84: Informe de cantidad de tormentas eléctricas por año para Coronel Oviedo de la DINAC. 115
Figure 85: Tabla de factor k. 126
Figure 86: Banco de compensación reactiva automático. 127
Figure 87: Características técnicas y constructivas del banco automático. 128
Figure 88: Controlador de banco de compensación reactiva automáticos. 129
Figure 89: Contactores para protección de bancos de compensación reactiva. 130

Figure 90: Resultado de las mediciones hechas para el sistema de puesta tierra. 133
Figure 91: Sección de conductor de tierra según la sección del conductor de fase. 134
Figure 92: Acumulador de 250Ah 12v. 135
Figure 93: Regulador de 12/48 v. 135
Figure 94: Inversor de 10kVA. 136
Figure 95: Panel 150w. 136
Figure 96: Presupuesto de materiales para MT. 137
Figure 97: Presupuesto de transformador de 200kVA 137
Figure 98: Presupuesto de materiales pata BT. 138
Figure 99: Presupuesto de mano de obra en MT. 138
Figure 97: Presupuesto de mano de obra en BT. 138

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características específicas del edificio. 29
Tabla 2: Características del trasformador actual. 30
Tabla 3: Potencia total actual. 30
Tabla 4: Nivel de iluminación actual. 31
Tabla 5: Nivel de radiación de la zona. 31
Tabla 6: Resultados del proyecto de iluminación. 33
Tabla 7: Protección General. 34
Tabla 8: Protección principal. 34
Tabla 9: Protección de tableros seccionales. 35
Tabla 10: Protección para cargas puntuales. 35
Tabla 11: Protecciones para cargas distribuidas. 36
Tabla 12: Protección de circuitos con cargas distribuidas. 36
Tabla 13: Valores del factor de corrección. 37
Tabla 14: Sección de la línea general. 38
Tabla 15: Sección de la línea principal. 38
Tabla 16: Sección líneas seccionales. 38
Tabla 17: Sección de líneas de cargas puntuales 39
Tabla 18: Sección conductores con cargas distribuidas. 39
Tabla 19: Potencia total nuevo transformador. 40
Tabla 20: Datos del sistema de compensación reactiva. 42
Tabla 21: Valores de la constante de jabalinas. 43
Tabla 22: Cargas a alimentar. 46
Tabla 23: Consumo total. 46
Tabla 24: Datos para la elección del sistema fotovoltaico. 47
Tabla 25: Resumen del presupuesto. 56

INTRODUCCIÓN

La correcta instalación de sistemas eléctricos es esencial para garantizar la seguridad integral y la eficiencia operativa en cualquier edificación.

La Gobernación del quinto departamento de Caaguazú cuenta con una residencia universitaria ubicada en Coronel Oviedo. Este espacio alberga a estudiantes de diversas carreras universitarias procedentes de diferentes ciudades del país. A pesar de estar en funcionamiento continuo desde su inauguración, la residencia presenta problemas significativos en la instalación eléctrica, no cumple con los criterios técnicos mínimos de seguridad, confiabilidad y calidad, provocando de esa forma múltiples incidentes eléctricos que han puesto en riesgo la integridad de los residentes y el correcto funcionamiento de los aparatos eléctricos instalados. En respuesta a estos incidentes, la administración de la Gobernación del Quinto Departamento ha solicitado a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNCA el diseño de un proyecto eléctrico para su posterior ejecución a fin de mejorar la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria.

Este proyecto tiene como objetivo proponer mejora de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú, ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo.

Para lograr los objetivos el proyecto de fin de grado se estructura en los siguientes capítulos: capítulo 1 revisión bibliográfica; capítulo 2 formulación del problema y justificación, capítulo 3 objetivos, metas y finalidades; capítulo 4 resumen ejecutivo; capítulo 5 ingeniería de diseño; capítulo 6 conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES

AUDITORIA Y PROPUESTA DE MEJORA A LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL POR JOSE JULIAN PARRALES REYES Y ANDRES MAURICIO FLORES BERNAL (2015). Este proyecto de tesis consiste en una auditoria eléctrica de los bloques centrales C, D y E de la Universidad Politécnica de Guayaquil, tiene como objetivo realizar un estudio de calidad de energía eléctrica a las instalaciones de la Universidad y proponer a los directivos un plan preventivo y correctivo aplicable a los bloques centrales relacionados a las seguridades mínimas requeridas por las normas locales a personas e instalaciones.

Finalmente se plantean propuestas de reingeniería eléctrica, así como un plan de evacuación para situaciones de emergencia.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE CENTRAL DE LA PROVINCIA DE JAÉN – CAJAMARCA POR JESÚS ALBERTO PÉREZ ZULUETA (2019). El proyecto de investigación muestra la alternativa que nos permita implementar un diseño de un sistema de iluminación de alumbrado público con tecnología LED y alimentada energéticamente por paneles fotovoltaicos para el parque central de la Provincia de Jaén, tiene como objetivo diseñar un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología, finalmente se consideró trabajar con la mínima radiación solar. Para determinar y calcular los niveles de iluminación para el parque central de la Provincia de Jaén se optó por una luminaria de 67 W una tensión de 12 V, el diseño y dimensionamiento de cada uno los componentes del sistema fotovoltaico autónomo con un panel de 130Wp.

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 POR MIGUEL FERNANDO LEIVA AGUILERA (2023). Este trabajo consiste 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 la elaboración del proyecto mencionado, se llevó a cabo un análisis de todas las cargas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del edificio, teniendo en cuenta las reglamentaciones y normativas locales para proporcionar un ambiente cómodo tanto para los estudiantes como para el personal de la institución educativa. Para concluir, se elaboró un presupuesto detallado del proyecto ejecutivo que abarca todas estas fases y elementos cruciales.

CAPÍTULO 2

2.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La Gobernación del departamento de Caaguazú dispone de una Residencia Universitaria ubicada sobre la ruta PY-08 en el Barrio Ex Barrera de la ciudad de Coronel Oviedo, con capacidad para albergar a 240 estudiantes provenientes de varias partes del país y con deseos de proseguir sus estudios en instituciones de educación superior de la localidad. La misma cuenta con habitaciones con una capacidad máxima de 4 personas, cocina, lavandería, sanitario, comedor, salón auditorio, sala de estar y recepción; posee otros espacios de uso común fuera de la edificación como estacionamiento, quincho, plaza y canchas para diferentes modalidades deportivas.

Aunque el edificio se encuentra operativo, un análisis preliminar de la instalación eléctrica evidenció que la misma no cumple con los estándares adecuados de seguridad y comodidad para las personas y equipos eléctricos. Se observó un mal dimensionamiento de los conductores, equipos de iluminación y dispositivos de protección en gran parte de la instalación eléctrica y la ausencia total de dispositivos de protección de personas y equipos como el disyuntor diferencial, descargadores de sobretensión, interruptores termomagnéticos en determinados circuitos, sistema de compensación reactiva, sistemas de puesta a tierra en toda la instalación, a consecuencia de las condiciones mencionadas se produjeron reiterados incidentes como descargas eléctricas parciales, averías de equipos de ducha eléctrica en las bañeras, parpadeos constantes y niveles iluminación inadecuados en pasillos y zonas comunes dentro y fuera de la edificación, dificultad para utilizar varios artefactos eléctricos en la cocina debido a la falta de un circuito independiente para los mismos ;que ponen en riesgo la integridad física de los estudiantes residentes y en otros casos limitan el desarrollo normal de las actividades dentro del edificio y sus instalaciones.

Dada la gravedad de las anomalías detectadas y entendiendo la necesidad, el Gobernador del quinto departamento de Caaguazú solicitó a la Facultad de Ciencias y Tecnologías diseñar un proyecto de adecuación de la instalación eléctrica de la residencia universitaria para garantizar un ambiente seguro y confiable a los residentes. Este trabajo final de grado se enfocó en la elaboración de una propuesta de mejora y la finalidad primordial fue mejorar la instalación eléctrica y optimizar el uso de la energía, poniendo especial

énfasis en la seguridad y en la comodidad cumpliendo con las normativas y estándares actuales del campo eléctrico.

2.2 JUSTIFICACIÓN

La correcta instalación en una edificación es de suma importancia, ya que cualquier negligencia podría resultar en pérdidas económicas significativas e incluso la pérdida de vidas humanas.

Con este proyecto se buscó mejorar la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria. De esta manera se pudo responder a la solicitud de la Gobernación y a la necesidad de los universitarios que habitan este espacio.

El proyecto es viable porque se alcanzó los estándares de calidad y se aumentó la seguridad de las personas y los equipos involucrados.

Los principales beneficiarios son los residentes y funcionarios que ocupan la Residencia ya que disponen de un entorno confortable y seguro.

CAPÍTULO 3
OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Proponer mejora de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú, ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo.

3.2 ESPECÍFICOS

- Relevar datos de la situación actual de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria.
- Calcular y dimensionar los materiales y equipos necesarios para la mejora de la instalación eléctrica actual, adoptando normas vigentes.
- Diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico para una alimentación alternativa del salón auditorio de la residencia universitaria.
- Diseñar los planos eléctricos de la instalación eléctrica de la edificación.
- Elaborar lista de materiales y el presupuesto para la instalación eléctrica.

CAPÍTULO 4
RESUMEN EJECUTIVO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Según la estructura y dimensión que abarca este trabajo se trata de una investigación descriptiva, debido a que se hizo un relevamiento de datos referidos a la situación actual de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú de la ciudad de Coronel Oviedo. Es también aplicada, porque se propone una mejora a la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria apoyada a las normas vigentes actuales.

4.2 TIPO DE ESTUDIO

Es un estudio de campo porque se levantaron los datos directamente de la edificación de la Residencia Universitaria.

4.3 DISEÑO

Es un estudio no experimental, ya que las conclusiones fueron hechas a través de interpretaciones de datos recolectados gracias a una observación directa y no debido a una manipulación de datos de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú.

4.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se emplearon dos técnicas principales para la recopilación de datos en este proyecto de fin de grado: la recopilación documental y la observación. La primera permitió la obtención de datos bibliográficos, que incluyen trabajos de investigación, revisión de textos y normativas relacionadas con el proyecto. Por otro lado, la observación se llevó a cabo de manera libre o no estructurada, utilizando como herramienta el registro descriptivo a través de cuadernos, notas, entrevistas a profesionales, fotografías e instrumentos de medición.

4.5 PROCEDIMIENTOS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se solicitó al Departamento de Obras de la Gobernación de Caaguazú el plano eléctrico y arquitectónico de la Residencia Universitaria, lo cual es necesario para el análisis de la

situación actual de la instalación eléctrica de la edificación. De las informaciones solicitadas no se pudo conseguir el plano eléctrico, debido a que no fue realizado por un profesional en el área. De los datos obtenidos gracias a un levantamiento directo de las instalaciones de la Residencia Universitaria del quinto departamento de Caaguazú se hizo una interpretación técnica y posterior categorización según las normativas utilizadas y puntos de vista de profesionales del área. Se analizó la carga instalada, distribución de cargas, sistema de puesta a tierra, niveles de iluminación, compensación reactiva, fuentes de alimentación alternativa y dimensiones de los conductores y el calibre de las protecciones existentes en toda la instalación.

4.5.1 FASES METODOLÓGICAS

FASE 1: Relevamiento de datos.

En esa fase, se llevó a cabo la recopilación de datos como la ubicación, el plano arquitectónico, las características constructivas generales y específicas. Así también, cantidad, ubicación y especificaciones de todos los puntos de consumo para el cálculo de la potencia instalada, la irradiación de la zona, la resistividad del suelo, los niveles de iluminación actual, la distribución en media y baja tensión del terreno.

FASE 2: Cálculo y dimensionamiento de materiales y equipos para la mejora de la instalación eléctrica de la residencia universitaria.

En esta etapa se procedió a realizar una definición precisa de la cantidad, ubicación y especificaciones de las luminarias, adaptándolas a las necesidades específicas de cada espacio o área mediante el uso del software DIALux.

Luego, se realizó el dimensionamiento del transformador, los conductores y el calibre de las protecciones requeridas para garantizar el correcto y óptimo funcionamiento de dicha instalación, adoptando la normativa y las reglamentaciones pertinentes.

Además, se hizo el diseño y dimensionamiento un sistema de compensación reactiva utilizando los datos recolectados en la fase 1. Se procedió a dimensionar y diseñar un banco de capacitores teniendo en cuenta las reglamentaciones utilizadas.

Por último, considerando los aspectos técnicos establecidos en la normativa utilizada se procedió a dimensionar el sistema de puesta a tierra más adecuado para garantizar que la misma desempeñe eficazmente su función.

FASE 3: Diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Se realizó el análisis y de acuerdo a los datos obtenidos en la fase anterior se procedió a la realización del diseño del sistema de alimentación alternativa mediante paneles solares para la sala de estudio.

FASE 4: Diseño de los planos de la instalación eléctrica de la edificación.

Durante esa etapa, se empleó el programa AutoCAD y de acuerdo a lo estipulado en las reglamentaciones utilizadas se procedió a diseñar los planos eléctricos del edificio. Así como esquemas unifilares detallados para cada tablero, junto con sus respectivos circuitos y otros esquemas relevantes de la instalación eléctrica.

FASE 5: Elaboración de presupuesto.

En esta fase se elaboró el presupuesto de materiales y el presupuesto de mano de obra de la implementación (con un imprevisto del 5%) de la mejora planteada en este proyecto final de grado.

4.6 PRODUCTO

Mejora de la instalación eléctrica de la Residencia Universitaria del quinto Departamento de Caaguazú.

4.7 ESPECIFICACIONES Y TAREAS REALIZADAS

Para la realización del Proyecto Final de Grado se realizó las siguientes actividades:

- Relevamiento de la ubicación.
- Relevamiento del plano arquitectónico
- Relevamiento de las características constructivas generales y específicas.
- Relevamiento de cantidad, ubicaciones y especificaciones de todos los puntos de consumo.
- Relevamiento de datos del transformador actual.
- Relevamiento de los datos de irradiación de la zona.
- Relevamiento de los datos de la resistividad del suelo.
- Relevamiento de niveles de iluminación de cada sector de la Residencia Universitaria.
- Cálculo y elección del calibre de las protecciones.
- Cálculo de la sección de conductores.
- Dimensionamiento del transformador.
- Diseño del proyecto de iluminación.

- Diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseño y dimensionamiento del banco de capacitores.
- Cálculo del sistema de puesta a tierra
- Elaboración de presupuesto.
- Elaboración y presentación del informe final del PFG.
- Defensa del PFG.

4.8 RECURSOS

4.8.1 RECURSOS HUMANOS

La elaboración de este proyecto final de grado estuvo a cargo del alumno proyectista de la carrera de Ingeniería en Electricidad de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, con el apoyo del Ingeniero tutor Pedro Pastor González.

4.8.2 RECURSOS MATERIALES

- Fotocopia e impresiones.
- Notebook.
- Software de simulación.
- Herramientas de medición.
- Bloc y agenda.
- Medio de transporte.

4.9 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Después de llevar a cabo los estudios y análisis, se determinó que la solución consiste en redimensionar los conductores eléctricos y el calibre de las protecciones, realizar una mejor distribución las cargas, adecuar los niveles de iluminación para cada sector, implementar un sistema de compensación reactiva, diseñar un sistema de puesta a tierra y utilizar fuentes de energía alternativa. Esto garantiza un entorno seguro y confortable tanto para los residentes como para los funcionarios.

En el apéndice A.1 se puede observar el análisis técnico de la propuesta presentada en este proyecto final de grado arrojando como resultado que es técnicamente viable.

4.10 NORMAS Y REGLAMENTOS UTLIZADAS.

- Norma Paraguaya NP 2 028 13 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN).

- Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Media Tensión. Administración Nacional de Electricidad.
- Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión. Administración Nacional de Electricidad.

4.11 PRESUPUESTO

La implementación de la propuesta presentada en este proyecto final de grado contempla un total de 59.943,92 dólares que se puede ver con más detalles en el capítulo 5 inciso 6.1 y 6.2.

CAPÍTULO 5
INGENIERÍA DE DISEÑO

5.1- SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA

5.1.1UBICACIÓN

Figure 1: Ubicación geográfica de la residencia universitaria.

La ubicación designada para la implementación del proyecto se encuentra al norte de la ciudad de Coronel Oviedo, a 5km del cruce internacional, sobre la ruta PY08 Dr. Blas Garay.

5.1.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

5.1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La construcción se centra en paredes de ladrillo prensado y hormigón armado para la estructura y el techo de la planta baja mientras que el techo de la planta alta es de chapa termoacústica trapezoidal (PIR) y el piso baldosa cerámica. Las paredes con revoque

texturizado de 2,5 cm, las aberturas de espacios comunes de vidrio templado en tanto que las habitaciones cuentan con ventanas de vidrio templado y puertas de madera.

5.1.2.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

En la siguiente tabla se muestra las características específicas de la residencia universitaria agrupados por sector:

SECTOR	COLOR			TIPO DE TECHO
	TECHO	PARED	PISO	
Auditorio	Blanco	Blanco-amarillo	Gris claro	Media agua
Recepción	Blanco	Blanco- gris claro	Gris claro	Dos aguas
Comedor	Blanco	Blanco- gris claro	Gris claro	Plano
Cocina	Blanco	Blanco-crema	Gris claro	Media agua
Dormitorio PA	Blanco	Gris claro	Marrón	Media agua
Dormitorio PB	Blanco	Gris claro	Marrón	Plano
Quincho	Blanco	Blanco-amarillo	Gris claro	Media agua
Lavandería	Blanco	Blanco- gris claro	Gris claro	Media agua
Pasillo PB	Blanco	Gris claro-amarillo	Gris claro	Plano
Pasillo PA	Blanco	Gris claro-amarillo	Gris claro	Dos aguas
Deposito	Blanco	Gris claro	Gris claro	Plano
Sanitarios	Blanco	Gris claro	Gris claro	Plano

Tabla 1: Características específicas del edificio.

5.1.3 PLANO ARQUITECTÓNICO

Los planos fueron proveídos por la Gobernación del quinto departamento de Caaguazú y se encuentra en el apéndice B.1.1. Solo se cuenta con el plano arquitectónico de la edificación, por lo que se tuvo que relevar directamente de la residencia universitaria. Los mismos se pueden observar en el archivo auxiliar de este proyecto final de grado.

5.1.4 PLACA CARACTERÍSTICA DEL TRANSFORMADOR

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de los datos recolectados en el apéndice B.1.3.

TRANSFORMADOR ACTUAL

Potencia	150kVA
Corriente	268,12A
Sección adoptada	50 mm²
Longitud	5M
Corriente admisible	116 A
Protección	3X200 A

Tabla 2: Características del trasformador actual.

5.1.5 POTENCIA INSTALADA

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de las cargas actuales de la instalación, la cual se encuentra en el archivo auxiliar de este proyecto final de grado junto a los planos eléctricos de la situación actual y la propuesta presentada:

SECCIONES	POTENCIA (W)
Pabellón mujeres	117.000
Pabellón varones	89.400
Comedor	35.400
Depósito	6.400
Pabellón huésped	15.200
Quincho	3.200
POTENCIA TOTAL	**266.600**

Tabla 3: Potencia total actual.

5.1.6 NIVEL DE ILUMINACIÓN ACTUAL

Para el relevamiento de los niveles de iluminación se utilizó un luxómetro con el método de la cuadrícula (método recomendado por la Comisión Internacional de Iluminación en su publicación [1]) y la normativa utilizada para el análisis de los datos son: [2] [3].

Para el valor de la uniformidad, se utiliza la siguiente formula:

$$U_o = E_{mín}/E_{prom}$$

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los datos relevados y resultado del cálculo:

AMBIENTES	$E_{mín}$ ILUMINANCIA MÍNIMA (LUX)	E_{prom} ILUMINANCIA PROMEDIO (LUX)	U_o UNIFORMIDAD	TEMPERATURA DE COLOR (k)	CUMPLE
Recepción	38.75	94.5	0,41	6500	NO

Sala de estudio/auditorio	34.38	95.5	0,36	6500	NO
Dormitorios	32	86.5	0,37	6500	NO
Comedor	60	120	0,50	6500	NO
Cocina	36.25	125	0,29	6500	NO
Quincho	21.77	57.3	0,38	6500	NO
Lavandería	10.66	66.6	0,16	6500	NO
Sanitarios	43.2	90	0,48	6500	NO
Canchas	0	0	0	-	NO
Plaza	4.2	35	0,12	6500	NO
Pasillos	33.25	95	0,35	6500	NO
Depósito	26.09	70.5	0,37	6500	NO

Tabla 4: Nivel de iluminación actual.

5.1.7 DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR DE LA ZONA

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de la irradiación solar por mes

MESES	**IRRADIACIÓN (WH/m^2)**
Enero	6,053
Febrero	5,697
Marzo	5,501
Abril	4,906
Mayo	4,050
Junio	3,583
Julio	4,142
Agosto	4,320
Setiembre	4,129
Octubre	4,686
Noviembre	6,081
Diciembre	6,211

Tabla 5: Nivel de radiación de la zona.

Del cuadro anterior se procedió a extraer la irradiación solar diaria y del mes donde la condición es más desfavorable para la generación/consumo.

$$G_{dm} = 4{,}142$$

Los demás datos están detallados en el apéndice B.1.2.

5.1.8 RESISTIVIDAD DEL SUELO

Se realizaron las mediciones correspondientes con el instrumento de medición ¨Telurómetro¨.

Teniendo en cuenta los siguientes criterios según la [3]**:**

- Zonas con baja resistividad (terreno húmedo).
- Distancia a estructuras o tuberías metálicas para evitar interferencias a la hora de la medición.
- Profundidad de entierro de la jabalina (2m asegurando la buena conexión con la tierra).
- Distribución uniforme de las jabalinas para lograr la dispersión uniforme.

Realizada la medición se obtuvo el siguiente valor:

Resistencia aparente del suelo = $\rho_a = 31.31\ \Omega$m

5.1.9 CARGA REACTIVA DE LA INSTALACIÓN

Se realizaron las mediciones correspondientes con el instrumento de medición ¨Analizador de redes¨.

Factor de potencia actual fp = $\cos\theta = 0.9$

5.2 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS

5.2.1 PROYECTO DE ILUMINACIÓN

Se realizó el análisis del sistema de iluminación, para lograr este objetivo con precisión y eficiencia se ha optado por utilizar la herramienta de diseño y análisis luminotécnico DIALux evo 12.1. Este programa permite realizar estudios detallados sobre los niveles de iluminación y su posterior documentación. Para definir el nivel de iluminación requerido en cada sector se utilizó el reglamento de baja tensión de la ANDE [2].

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de los resultados obtenidos y detallados en el apéndice B.2.1:

AMBIENTES	NIVEL REQUERIDO	NIVEL Obtenido (LUXES)	UNIFORMIDAD	TIPO DE LUMINARIA	TEMPERATURA DE COLOR (k)
Recepción	100	138	0,74	LED adosado al techo	4000
Sala de estudio/auditorio	300	490	0,55	LED adosado al techo	4000
Dormitorios	100	150	0,40	LED colgante	6500
Comedor	100	240	0,53	LED adosado al techo	6500
Cocina	200	360	0,53	LED adosado al techo	4000
Quincho	200	200	0,65	LED adosado al techo	4000
Lavandería	200	450	0,50	LED adosado al techo	4000
Sanitarios	100	130	0,52	LED adosado al techo	4000
Cancha futsal	180	290	0,59	VNa en columnas	4000
Cancha básquet	180	180	0,59	VNa en columnas	4000
Pasillos	100	180	0,50	LED adosado a la pared	4000
Depósito	100	120	0,50	LED adosado al techo	4000
Plaza	200	200	0,40	LED fotovoltaicos	6000

Tabla 6: Resultados del proyecto de iluminación.

Además, se sugirió utilizar el salón auditorio también como sala de estudio, debido a que la residencia no cuenta con un área destinado para ese propósito y en consecuencia se adaptó los niveles de iluminación para ambos fines. Para la plaza, se propuso emplear luminarias con alimentación de paneles fotovoltaicos, con el fin de reducir el consumo energético y brindar seguridad para los que ocupan dicho espacio. Las simulaciones y detalles se encuentran en el apéndice B.2.

5.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES

5.2.2.1 CONTRA SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITO

Según el Reglamento de Baja Tensión de la ANDE [2] para el dimensionamiento del calibre de las protecciones se debe de tener en cuenta la siguiente condición.

$$I_P > I_N$$

Donde:

I_P = Corriente de protección.

I_N = Corriente de carga.

Para calcular la corriente de carga se utiliza la siguiente formula:

Para cargas trifásicas:

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta}$$

Para cargas monofásicas:

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta}$$

Donde:

I_C: Corriente de carga.
P: Potencia de la carga.
V: Tensión del sistema.
$\cos\theta$: Factor de potencia.

5.2.2.1.1 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a los cálculos realizados en el apéndice B.2.2.1:

PROTECCIÓN GENERAL	
Potencia	170.000W
Corriente	303,8 A
Protección	3x320 A

Tabla 7: Protección General.

PROTECCIÓN PRINCIPAL	
Potencia	170.000W
Corriente	303,8 A
Protección	3x320 A

Tabla 8: Protección principal.

TABLEROS SECCIONALES			
NOMBRE	**POTENCIA (W)**	**CORRIENTE (A)**	**PROTECCIÓN (A)**
TS1 PBM	32.906	58,81	3x63
TS BAÑO PBM	6328	33,83	40
TS2 PAM	33063	59,09	3x63

TS BAÑO PAM	6337	33,88	40
TS3 PAV	29948	53,53	3x63
TS BAÑO PAV	3204	17,13	25
TS4 PBV	32998	58,98	3x63
TS BAÑO PVB	6328	33,83	40
TS5 QUINCHO	1160	6,20	10
TS6 COMEDOR	4598	22,77	25
TS7 HUESPED	10888	19,46	3x20
TS8 DEPOSITO	10400	18,58	3x20
TS9 AUDITORIO	17000	30,38	3x32
TS10 COCINA	17828	31,86	3x32
TS11 LAVANDERIA	5750	30,74	3x32

Tabla 9: Protección de tableros seccionales.

PROTECCIÓN DE CIRCUITOS CON CARGAS PUNTUALES			
CARGAS	**POTENCIA (W)**	**CORRIENTE (A)**	**PROTECCIÓN (A)**
A.A portátil	1500	8,021	10
A.A Split	7500	13,40	16
Cocina	5000	26,73	32
Lavarropas	1500	8,021	10
Motor de agua	1500	8,021	10
Termocalefón	1500	8,021	10

Tabla 10: Protección para cargas puntuales.

PROTECCIÓN PARA CIRCUITOS CON CARGAS DISTRIBUIDAS		
DEPENDENCIA	**N º DE CIRUITOS**	**PROTECCIÓN (A)**
Planta alta PM	1 a 9	10
Planta alta PV	1 a 8	10
Planta baja PM	1 a 8	10
Planta baja PV	1 a 8	10
Comedor	1 a 4	10
Cocina	1 a 3	10
Auditorio	1 a 2	10
Quincho	1 a 2	10

Lavandería	1 a 2	10
Depósito	1 a 5	25

Tabla 11: Protecciones para cargas distribuidas.

5.2.2.2 CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la selección de la misma se tiene en cuenta lo establecido en el apéndice B.2.2.2.

5.2.2.2.1 RESULTADOS

PROTECCIÓN PARA CIRCUITOS CON CARGAS DISTRIBUIDAS			
DEPENDENCIA	**N º DE CIRUITOS**	**SENSIBILIDAD**	**PROTECCIÓN (A)**
Planta alta PM	1 a 9	30 mA	2x25
Planta alta PV	1 a 8	30 mA	2x25
Planta baja PM	1 a 8	30 mA	2x25
Planta baja PV	1 a 8	30 mA	2x25
Comedor	1 a 4	30 mA	2x25
Cocina	1 a 3	30 mA	2x25
Auditorio	1 a 2	30 mA	2x25
Quincho	1 a 2	30 mA	2x25
Lavandería	1 a 2	30 mA	2x25
Depósito	1 a 5	30 mA	2x25

Tabla 12: Protección de circuitos con cargas distribuidas.

5.2.2.3 CONTRA SOBRETENSIONES

Para este proyecto según el apéndice B.2.2.3 no se prevé la utilización de dispositivos DPS en baja tensión.

5.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES

Según el [2] para el dimensionamiento de la sección de los conductores se debe de tener en cuenta tres condiciones:

Primera condición: sección mínima por caída de tensión.

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%}$$

Donde:

$e\%$: Caída de tensión.

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

P: Potencia.

L: Longitud

ρ: Conductancia del material.

S: Sección transversal del conductor.

V: Tensión de alimentación.

Una vez obtenidos los resultados se elige la sección del conductor, aproximándola al valor comercial, según lo especificado en el catálogo a utilizar.

Segunda condición: corriente admisible.

La corriente admisible del conductor seleccionado en el ítem anterior debe de ser mayor a la corriente de protección.

$$I_A > I_P$$

I_A: Corriente admisible del conductor.

I_P: Corriente de protección seleccionada para la carga.

Tercera condición: temperatura.

La temperatura acumulada en los ductos debido a la corriente circulante y la cantidad de conductores dentro del mismo.

$$I_K > I_P$$

Donde:

$$I_K = I_A \times k$$

I_K: Corriente corregido por condición de temperatura.

k: Factor de corrección cuyo valor depende de la siguiente tabla.

TEMPERATURA AMBIENTE	CANTIDAD DE CONDUCTORES	FACTOR DE CORRECCIÓN
40°	4, 5 o 6	0,66
40°	7, 8 o 9	0,57
45°	4, 5 o 6	0,57
45°	7, 8 o 9	0,50
50°	4, 5 o 6	0,46
50°	7, 8 o 9	0,41

Tabla 13: Valores del factor de corrección.

6.2.3.1 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a los cálculos realizados en el apéndice B.2.3 y B.2.5.2:

LÍNEA GENERAL	
Potencia	170.000W
Longitud	5m
Corriente nominal	303.8 A
Sección adoptada	4x120mm^2 NYY o 3x120+1x70 mm2 NYY
Corriente admisible	364 A
Sección de conductor de tierra	35mm^2

Tabla 14: Sección de la línea general.

LÍNEA PRINCIPAL	
Potencia	170.000W
Longitud	100m
Corriente nominal	303.8 A
Sección adoptada	120mm^2
Corriente admisible	364 A
Sección de conductor de tierra	35mm^2

Tabla 15: Sección de la línea principal.

LINEAS SECCIONALES					
NOMBRE	**POTENCIA (W)**	**CORRIENTE DE CARGA (A)**	**SECCIÓN (mm^2)**	**CORRIENTE ADMISIBLE (A)**	**TIERRA (mm^2)**
TS1 PBM	32.906	58,81	25	78	10
TS2 PAM	33.063	59,09	25	78	10
TS3 PAV	29.948	53,53	25	78	10
TS4 PBV	32.998	58,98	25	78	10
TS5 QUINCHO	1.160	6,20	4	25	2
TS6 COMEDOR	4.598	22,77	6	32	4
TS7 HUESPED	10.888	19,46	4	25	2
TS8 DEPOSITO	10.400	18,59	4	25	2
TS9 AUDITORIO	17.000	30,38	10	44	4
TS10 COCINA	17.828	31,86	10	44	4
TS11 LAVANDERIA	5.750	30,74	10	44	4

Tabla 16: Sección líneas seccionales.

LÍNEA DISTRIBUIDORA DE CARGAS PUNTUALES

CARGAS PUNTUALES	POTENCIA (W)	SECCIÓN (mm^2)	CORRIENTE ADMISIBLE (A)	TIERRA (mm^2)
A.A portátil	1.500	4	25	2
A.A Split	7.500	2,5	18	1
Cocina	5.000	6	44	4
Lavarropas	1.500	2,5	18	1
Motor de agua	1.500	1,5	13,5	1
Termo calefón	1.500	4	25	2

Tabla 17: Sección de líneas de cargas puntuales

LÍNEA DISTRIBUIDORA DE CARGAS DISTRIBUIDAS			
DEPENDENCIA	**CANTIDAD DE CIRUITOS**	**SECCIÓN (mm^2)**	**CORRIENTE ADMISILE (A)**
Planta alta PM	9	4	25
Planta alta PV	8	4	25
Planta baja PM	8	4	25
Planta baja PV	8	4	25
Comedor	4	4	25
Cocina	3	4	25
Auditorio	2	4	25
Quincho	2	4	25
Lavandería	2	4	25
Cancha	5	6	32

Tabla 18: Sección conductores con cargas distribuidas.

5.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADOR

Para calcular la potencia necesaria del transformador que suministrará energía al edificio debemos considerar la potencia total instalada. Esta potencia ya no es la relevada en la sección anterior debido a que se realizaron modificaciones a toda la instalación por lo que se debe de volver a calcular la potencia instalada. Esta es obtenida mediante la suma aritmética de todas las potencias parciales instaladas. El cuadro de carga correspondiente a la siguiente tabla se muestra en el archivo auxiliar junto al plano eléctrico de la situación actual y la propuesta presentada:

SECCIONES	POTENCIA (W)
Sala de estudio/auditorio	17.000
Planta alta mujeres	32.614
Planta alta varones	29.530
Planta baja mujeres	32.456
Planta baja varones	32.438
Comedor	4.720
Quincho	1.300
Cocina	16.472
Lavandería	5.880
Depósito	10.400
Pabellón huésped	10.888
POTENCIA TOTAL	**193.698**

Tabla 19: Potencia total nuevo transformador.

Seguidamente, se procedió a determinar la potencia del transformador. Para la realización del cálculo se multiplica la potencia instalada por el factor de demanda, se estima la utilización de la potencia instalada en un 80 %.

$$P_{INSTALADA} \times F_{UTILIZACIÓN} = 193.698W \times 0.8 = 154.958{,}4W$$

Teniendo en cuenta la potencia declarada considerando un factor de potencia promedio de la carga de la instalación que es de 0.85, se realiza los cálculos de la potencia aparente del transformador en kVA.

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

$$S = \frac{P}{\cos\theta}$$

Donde:

S: Potencia aparente de la instalación.

P: Potencia activa de la instalación.

$\cos\theta$: Factor de potencia promedio.

$$S = \frac{154.958{,}4}{0{,}85} = 182.303{,}52\ VA$$

Debido a que en el mercado no se cuenta con un transformador con la dimensión calculada, se optó por utilizar un transformador de potencia inmediato superior considerando también la posibilidad de futuras ampliaciones en la edificación.

5.2.4.1 RESULTADOS

Para cubrir las necesidades actuales y futuras, se utilizará un transformador con una potencia de 200kVA instalado en pórtico con columnas de H° A° de 9/500 kgf y ubicado en el lindero sur del terreno (la misma ubicación del transformador actual). Todos los materiales están detallados en el Capítulo 5 inciso 5.

5.2.5 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE COMPENSACIÓN REACTIVA PARA LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA

Debido a que la instalación cuenta con un factor de potencia promedio de 0,85 y cuidando los criterios del [2] se procedió a la realización de cálculos para mejorarla a 0,95.

La fórmula utilizada para el cálculo

$$QT = PA \times f$$

Donde:

QT: Potencia reactiva.

PA: Potencia activa.

f: Constante.

Los cálculos se detallan en el apéndice B.5.

La instalación tiene una carga muy variable en distintos horarios por el tipo de carga y la utilización de los mismos. Para mejorar se planteó de la instalación de un banco de capacitores trifásicos automáticos de 53,7 kVAR, el mismo estará ubicado junto al tablero general.

Seguidamente se procedió a realizar el cálculo para la elección de los contactores para maniobra de condensadores con la siguiente formula

$$I_C = \frac{Q \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$$

Donde:

Q: Potencia reactiva.

I_C: Corriente del condensador.

V: Voltaje.

El contactor seleccionado maneja una corriente de 115 A y el controlador seleccionado es para 12 etapas, teniendo en cuenta lo descrito anteriormente.

5.2.5.1 RESULTADOS

En la siguiente tabla se pueden observar los datos del sistema de compensación resultante de los cálculos realizados en el apéndice B.2.4.

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Banco de capacitores	Banco automático de capacitores trifásicos con protección	Potencia:58,3 kVar Corriente Nominal: 88,6 A Conexión en delta Vida útil: 150000 h.

Tabla 20: Datos del sistema de compensación reactiva.

En el apéndice B.2.4.1 se puede observar equipos similares utilizados como ejemplos en los cálculos realizados.

5.2.6 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA

Dimensionamiento de los conductores de puesta a tierra

En esta sección se procede a dimensionar el sistema de puesta a tierra para la cual se utilizan las siguientes formulas:

- Resistencia para una jabalina:

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

Donde:

ρ_a: Resistividad aparente del suelo.

l: Longitud de la jabalina.

r: Radio de protección de jabalina.

- Resistencia de para n jabalinas:

$$R_n = R_1 . K_n$$

Donde:

R_n: Resistencia final.

R_1: Resistencia de una jabalina.

n: Número de jabalinas.

k: Constante.

CANTIDAD DE JABALINAS	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 21: Valores de la constante de jabalinas.

- Resistencia de aterramiento:

$$R_a = \frac{\rho_a}{\pi l}\left[\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{Dh}}\right) + k_1\frac{l}{\sqrt{A}} - K_2\right]$$

Donde:

l: Longitud del conductor de cobre.
d: Diámetro de la malla.
h: Profundidad.
A: Área de la malla.

- Resistencia mutua de malla y jabalinas:

$$R_m = \frac{\rho_a}{\pi l}\left[\ln\left(\frac{2l}{l_e}\right) + k_1\frac{l}{\sqrt{A}} - K_2 + 1\right]$$

Donde:

ρ_a: Resistencia aparente del suelo.
l: Longitud del conductor de cobre.
l_e:Longitud total de las jabalinas.

- Resistencia total de la malla:

$$R_T = \frac{R_a . R_h - R_{m^2}}{R_a + R_h - 2R_m}$$

Donde:

R_a: Resistencia de aterramiento.

R_m: Resistencia mutua.

R_h: Resistencia de la malla en paralelo.

Los cálculos de la malla de puesta a tierra se detallan en el apéndice B.2.5.

5.2.6.1 RESULTADOS

Dimensión de la malla $\mathbf{25}\boldsymbol{m^2}$

Malla cuadrada: con 4 jabalinas de $\frac{5}{8}$”

Longitud: 2,4m

Conductor: de cobre desnudo de $35mm^2$

Profundidad de entierro de la malla: 60 cm

Para las uniones será utilizada soldadura exotérmica.

Representación del sistema de puesta tierra.

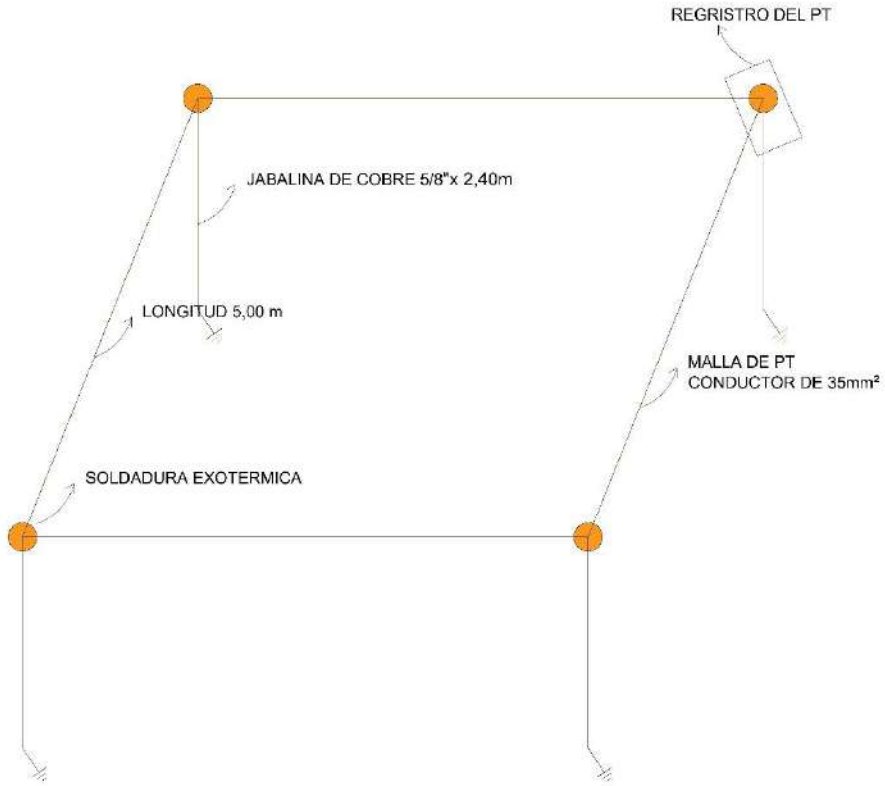


Figure 2: Distribución de jabalinas en la malla.

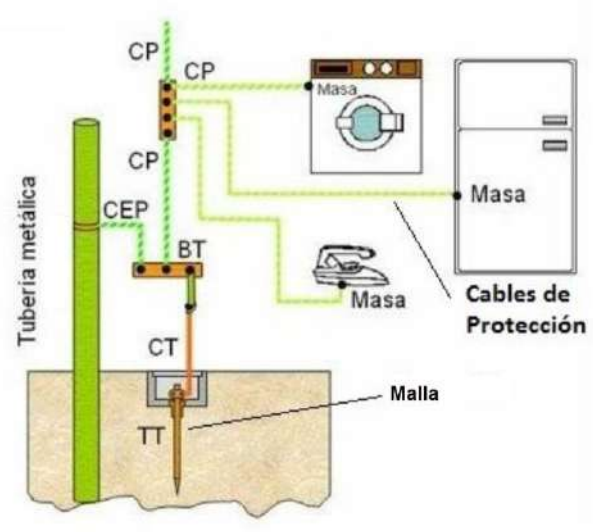


Figure 3: Esquema representativo de conexión del sistema de puesta tierra.

Esquema de conexión del sistema

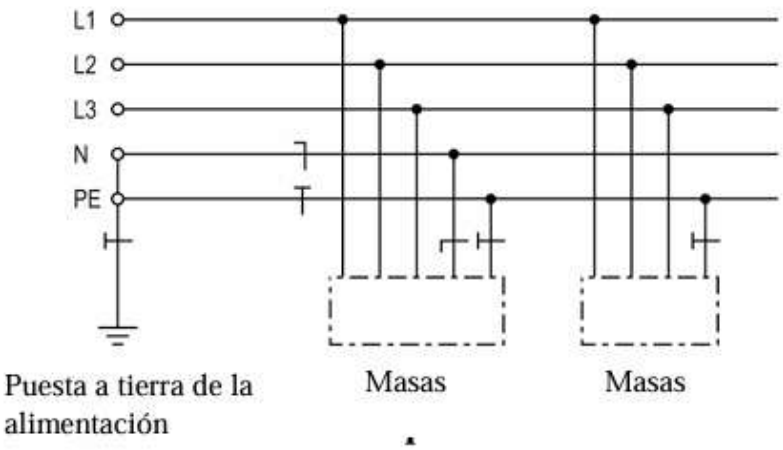


Figure 4: Esquema TN-S de conexión del sistema de puesta tierra de la residencia universitaria.

5.3 DISEÑO Y DIMENSIONMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA ALIMENTACIÓN ALTERNATIVA DE LA SALA DE ESTUDIO/AUDITORIO

En esta sección se procedió a realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico teniendo en cuenta que en Paraguay la elección de la misma se basa en consideraciones técnicas y prácticas. Se procedió al cálculo siguiendo lo estipulado en él [4], se optó por paneles conectados a la red con acumuladores.

En la siguiente tabla se detallan las cargas a alimentar:

CARGA	CANTIDAD	POTENCIA (W)
Lámparas	32	582.4
Toma corriente	14	1400
P. TOTAL	**1982,4 W**	

Tabla 22: Cargas a alimentar.

A continuación, la tabla de consumo:

CARGA	TIEMPO (horas)	CONSUMO (WH)
Lámparas	16	9318.4
Toma corriente	16	9318.4
CONSUMO TOTAL:	**18636,8 WH**	

Tabla 23: Consumo total.

Obteniendo el consumo diario y sumando un crecimiento de 40% se obtiene Wd: 2800Wh.

Luego de obtener la potencia a suministrar y el tiempo con el consumo diario calculamos el periodo de diseño. Este es el mes en donde la condición de la generación es más desfavorable. Seguidamente se extrae del apéndice B.1.2 el ángulo de inclinación óptimo del generador fotovoltaico que debe ser hacia el sur con un ángulo de 10,42 con la horizontal.

Para calcular la relación entre el valor de la irradiación solar diaria y mensual se utiliza la siguiente formula:

$$K = \frac{1}{\frac{G_{dm(0,Bopt)}}{G_{dm(0)}}}$$

Donde:

K = Relación entre la irradiación solar diaria y mensual.

$G_{dm(0,Bopt)}$ = Irradiación diaria.

$G_{dm(0)}$ = Irradiación mensual.

Ahora se procede a calcular el valor de la irradiación solar diaria y mensual.

$$K = \frac{1}{\frac{1.002}{4.906}} = \frac{1}{0.20}$$

Una vez obtenido el valor de K se utiliza la siguiente fórmula para calcular la potencia del generador fotovoltaico, para la misma se utiliza la siguiente formula:

$$P_{min} = \frac{Wd}{K \times PR}$$

Donde:

P_{min}: Potencia mínima del generador.

Wd: Energía diaria necesaria.

PR: Rendimiento energético.

Seguidamente se calcula la potencia del generador fotovoltaico:

$$P_{min} = \frac{2800}{\frac{1}{0.20} \times 0.6} = 933{,}33W$$

$$Aprox = 950W$$

$$P_{máx} = P_{min} \times 1{,}2 = 1140\ W$$

$$Aprox = 1150\ W$$

Una vez obtenida la potencia se utilizan los datos de la siguiente tabla para la elección del sistema fotovoltaico:

POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
P≤ 800W	12V
800<P≤1.600W	24V
1.600<P≤3.200W	48V
P>3.200W	120 o 300V

Tabla 24: Datos para la elección del sistema fotovoltaico.

El panel seleccionado tiene las siguientes características:

Potencia: 150 W monocristal.

Voltaje: 12V.

Corriente: 8,12 A.

Seguidamente se procede a calcular el número de paneles con la siguiente formula:

Numero de Paneles:

$$Np \times Ns \geq \frac{P_{min}}{P_{panel}}$$

Donde:

$Np =$ Número de ramas conectadas en paralelo.

$Ns =$ Número de ramas conectadas en serie.

$P_{min} =$ Potencia mínima.

$P_{panel} =$ Potencia del panel.

Al ser el sistema de 48V necesitamos 4 paneles en serie

$$Np \times 4 = \frac{950}{150} = 1{,}58 \approx 2\ paneles$$

Arrojando como resultado que serán necesarios dos grupos en paralelo de cuatro paneles en serie.

A continuación, se realiza el cálculo de las baterías:

$$\text{Consumo diario: } Qd = \frac{Wd}{Vn} = \frac{2775.4}{48} = 57{,}82\ Wh$$

Seguidamente se calcula la capacidad del sistema:

$$Cn = \frac{Qd \times A}{P_{max} \times n_{inv} \times n_{rb}}$$

Donde:

A: Días de autonomía.

P_{max}: Profundidad de descarga.

n_{inv}: Eficiencia del inversor.

n_{rb}: Eficiencia del regulador y batería.

Se procede a realizar el cálculo:

$$Cn = \frac{57{,}82 \times 2}{0.7 \times 0.85 \times 0.80} = 242{,}94Ah$$

Manteniendo a 20º C.

Calculamos la temperatura necesaria para mantener la capacidad de las baterías a 250 Ah utilizando la siguiente formula.

$$C_B = \frac{242{,}94}{1 - \frac{T - 20}{160}}$$

$$T = 24{,}51° C$$

Seguidamente se calcula el número de baterías utilizando la fórmula siguiente:

$$N = \frac{V_n}{V_b}$$

Donde:

V_n: Voltaje del sistema.

V_b: Voltaje de la batería.

$$N = \frac{48v}{12v} = 4\ baterias$$

Las mismas deben ir 4 baterías conectadas en serie, y 2 ramas en paralelo por el consumo diario requerido.

Se procede a la elección del regulador de carga:

Datos necesarios para la elección:

-Voltaje del sistema: 48 V.

-Corriente nominal: 16,24 A.

-Corriente de regulación:

$$1{,}25\times I_{GSC}$$

-I_{GSC}: Corriente de cortocircuito.

$$C_R = 1{,}25 \times 8{,}77 = 10{,}96\ A$$

Una vez obtenido todos los datos se procede a la elección de reguladores de carga con las siguientes características:

-Voltaje: $^{12}/_{48}\,V$.

-Corriente nominal: 60 A.

-Potencia: 1200W.

Elección de Inversor:

Datos necesarios:

-Trifásico

-Voltaje del sistema: 48V

-Potencia de la carga: 2800 w

-Voltaje: 48 V

-Eficiencia: n: 98%.

5.3.1 RESULTADOS

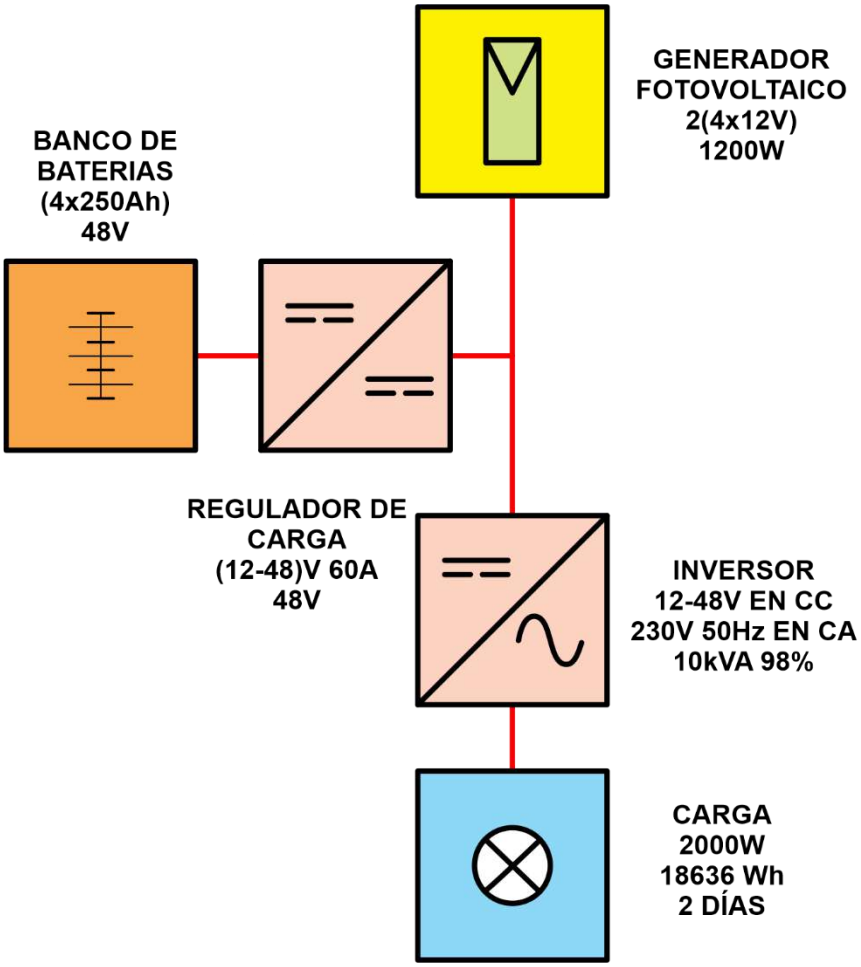


Figure 5: Esquema del resultado del dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el sector auditorio/estudio de la residencia universitaria.

5.4 DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA EDIFICACIÓN

Los planos eléctricos de la propuesta de mejora fueron elaborados en base a la reglamentación utilizada y se encuentran anexados al PFG como documento auxiliar y en formato digital en un disco.

5.5 LISTA DE MATERIALES

MATERIALES PARA MEDIA TENSION		
Ítem	**Descripción**	**Cant.**
1	ARANDELA CUADRADA DE 2"x2"x11/16" AC-5	5

	BULON CAB HX AC 1/2 x 4 1/2"	2
2	BULON CAB HX AC 5/8" X 9"	1
3	BULON CAB HX AC 5/8" X 6" 1/2"	1
4	CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu 70mm²	10
5	CABLE DESNUDO Cu duro 25 mm²	35
6	CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu 35mm²	15
7	CONECTOR A COMPRESON AL-CU 70/35-70/35 mm².	1
8	CRUCETA POLMERICA 3X4 x2,4m. M. T	2
9	HERRAJE PARA SECCIONADOR FUSIBLE NH	1
10	DESCARGADOR DE SOBRETENDON 23 KV MT	3
11	ELEMENTO FUSIBLE MT SA 5A	3
12	JABALINA CILINDRICA COBREADA	3
13	MANO FRANCESA P/ POSTE PA MT	2
14	PRENSA LINEA IVA P/ESTRIBO LINEA PROTEGIDA	2
15	PRENSA PARALELA CU 95/38mm	9
16	SECCIONADOR FUSIBLE MT 100A	3
17	SECCIONADOR FUSIBLE BT	6
18	SOPORTE PLANCHUELA 5/16"x3"	2
19	POSTE DE H A9-500	1
20	POLVO PARA SOLDADURA EXOTERMICA	2
21	TERMINAL, A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm²	9

Figure 6: Lista de materiales en MT.

MATERIALES PARA BAJA TENSIÓN			
Ítem	**Material**	**Unidad**	**Cant.**
1	Reflector de 400W	un	20
2	tablero de 12 módulos	un	2
3	tablero de 6 módulos	un	1
4	Llave TM de 10 A monofásico	un	56
5	Llave TM de 16 A monofásico	un	59
6	Llave TM de 20A monofásico	un	15
7	Llave TM de 20A trifásico	un	5
8	Llave TM de 40 A monofásico	un	4
9	Llave TM de 320 trifásico	un	2
10	jabalina 5/8 de 2,40 metros	un	4
11	Cable de 4 mm2	m	3000
13	Cable de 35mm2	m	300
14	Equipo para compensación reactiva	gl	1
15	Lámparas fotovoltaicas	un	16
16	Toma corriente	un	66

17	Llave TM 63 A trifásico	un	6
18	Equipo paneles solares	gl	1
19	Caño Zincado	m	500
20	Lámpara led de 9 W	un	56
21	Lámpara led de 12 W	un	18
22	Lámpara led de 20 W	un	150
23	Lámpara led de 16 W	un	32
24	Lámpara led de 48 W	un	9
25	Reflector de 400W	un	20
26	Ventiladores de techo	un	75

Figure 7: Lista de materiales en BT.

También se debe de comprar un transformador de 200Kva.

5.6 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se puede observar el resumen del presupuesto elaborado en el apéndice B.4.

PRESUPUESTO	
DESCRIPCIÓN	**PRECIO**
BT	374.615.000
MT	70.770.000
SUBTOTAL	**445.385.000 Gs**
IMPREVISTOS	**22.269.250 Gs**
TOTAL	**467.654.250 Gs**
TOTAL, EN DÓLARES	**59.943,92 $**

Tabla 25: Resumen del presupuesto.

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIÓN

En el transcurso de este trabajo, hemos explorado en profundidad la importancia de las instalaciones eléctricas diseñadas bajo criterios de calidad y seguridad. Hemos discutido cómo una instalación eléctrica segura y de alta calidad no solo mejora la eficiencia energética, sino que también protege a las personas y sus bienes de posibles daños. Además, al cumplir con todas las reglamentaciones aseguramos el correcto funcionamiento de toda la instalación, simplicidad en su utilización y la promoción de un ambiente seguro y confortable para sus ocupantes.

Cabe mencionar que las modificaciones de las canalizaciones presentadas en la propuesta se hicieron cuidando de no afectar la estructura de la instalación y una modificación a la misma debe estar sujeta a la realización de un análisis técnico para evitar la alteración de la estructura civil.

Como parte de este proyecto, se realizó una lista detallada de materiales necesarios para la implementación de las mejoras propuestas. Esta lista incluye todos los componentes y equipos necesarios, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y seguridad.

Además, se elaboró un presupuesto que estima los costos asociados con la adquisición de materiales, la mano de obra y otros gastos relacionados. Este presupuesto proporciona una visión clara de la inversión necesaria para llevar a cabo las mejoras propuestas en la instalación eléctrica. Estos elementos son fundamentales para la planificación y ejecución exitosa del proyecto. Permiten una gestión eficiente de los recursos y aseguran que el proyecto se pueda completar dentro de los límites de costos previstos

Con los resultados obtenidos, se concluye que es técnicamente viable la ejecución de la propuesta de mejora presentada en este proyecto final de grado.

6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis económico de la propuesta presentada en este proyecto de fin de grado.
- Estudiar la posibilidad de aumentar la producción de energía a través de sistemas fotovoltaicos para cubrir las necesidades energéticas de más sectores o la totalidad de la instalación.
- Finalmente, se recomienda a los futuros estudiantes que profundicen en el tema y exploren la posibilidad de aplicar la misma metodología de análisis con problemas similares a la planteada en este proyecto de fin de grado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] C. I. D. ILUMINACIÓN, CIE 14-2000, 2010.
[2] ANDE, Reglamento para isntalaciones electricas de baja tension, Asuncion.
[3] I. N. d. Tecnologia, Norma Paraguaya NP 2 028 13 Instalaciones Eléctricas, Asuncion, 2013.
[4] instalaciones solares.
[5] S. CATALOGO.
[6] ANDE, Reglamento para instalaciones electricas de Media Tension, Asuncion, 1975.
[7] C. IMPACO.
[8] A. N. d. Electricidad, Reglamento de para instalaciones electricas de baja tension, Asuncion, 1971.
[9] G. S. Agustin Castejon, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Madrid: Editex, 2010.
[10] B. M. 2024, Atlas Global Solar recuperado de https://globalsolaratlas.info/detail?c=-25.432733,-56.424408,11&m=site&s=-25.43248,-56.425912&pv=small,0,23,3.
[11] M. Leiva, Elaboración del Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica delfuturo edificio de la Facultad de Ciencias yTecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, ubicado en la cuidad de Coronel Oviedo, 2023.

APÉNDICE

APÉNDICE A: RESUMEN EJECUTIVO

A.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROPUESTA PRESENTADA

Con lo desarrollado en el capítulo 6 se procede a realizar el análisis técnico de la propuesta presentada para mejorar la instalación eléctrica de la residencia universitaria:

ANÁLISIS TÉCNICO	
CRITERIO	**RESULTADO**
SECCIÓN DE CONDUCTORES	ADECUADO
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA	ADECUADO
PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS	ADECUADO
PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	ADECUADO
NIVEL DE ILUMINACIÓN	ADECUADO
FACTOR DE POTENCIA	ADECUADO
EQUILIBRIO DE CARGAS	ADECUADO
CONCLUSIÓN: LA INSTALACIÓN CUMPLE CON LAS NORMATIVAS UTILIZADAS	

Figure 8: Análisis técnico de la propuesta presentada.

APÉNDICE B: INGENIERÍA DE DISEÑO

B.1 RELEVAMIENTO DE DATOS

B.1.1 PLANO ARQUITECTÓNICO

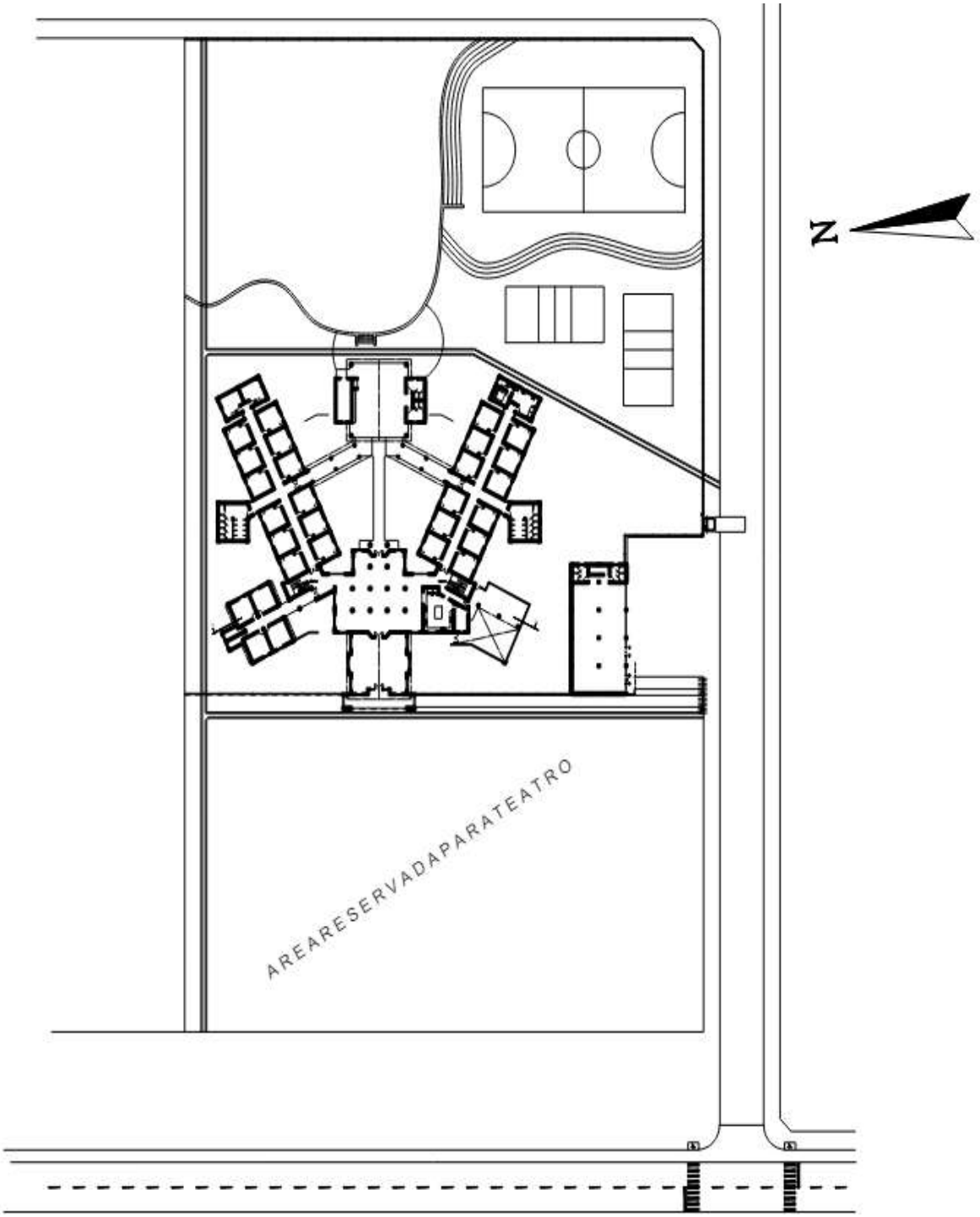


Figure 9: Plano arquitectónico de la residencia universitaria.

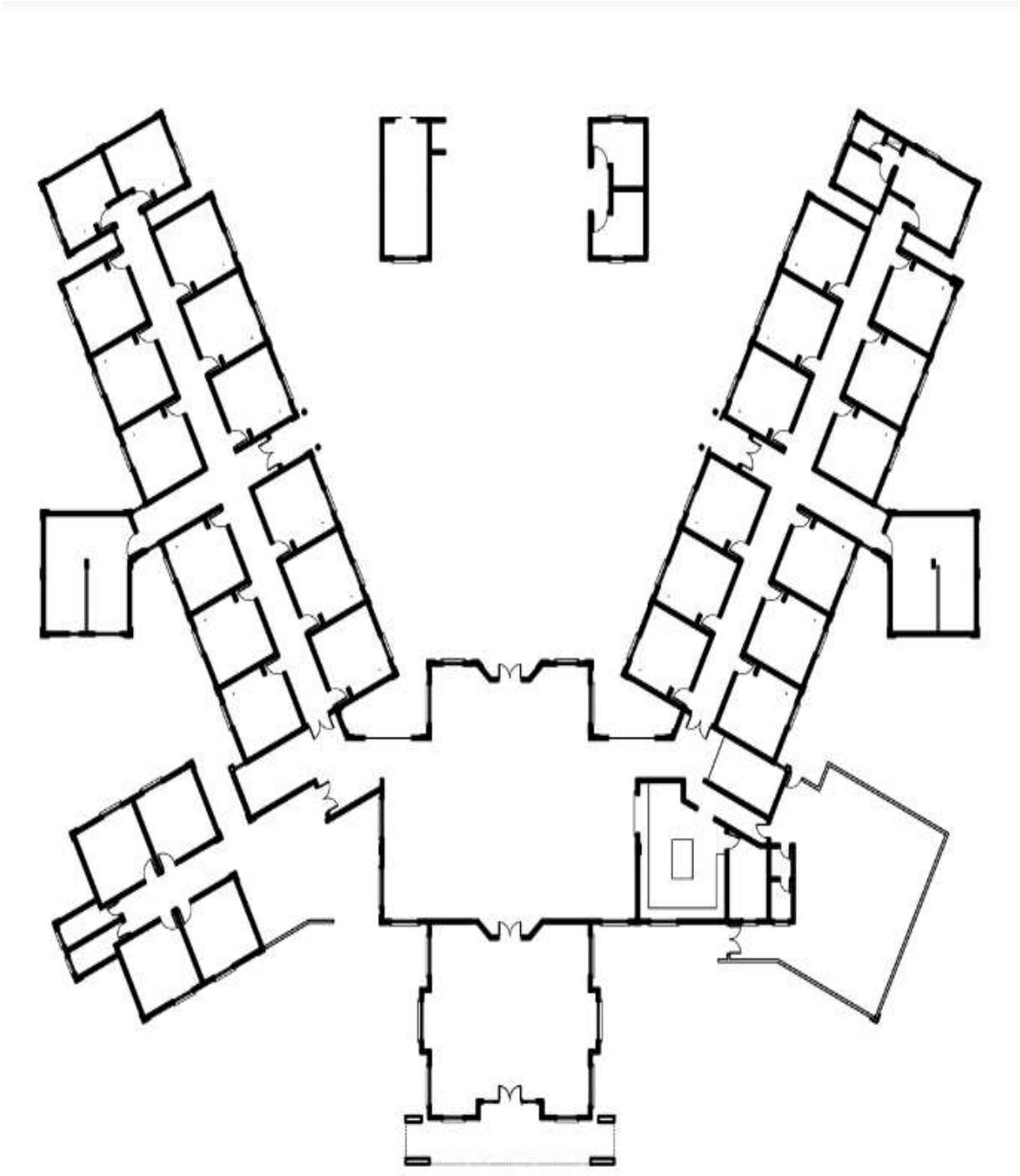


Figure 10: Plano arquitectónico de planta baja.

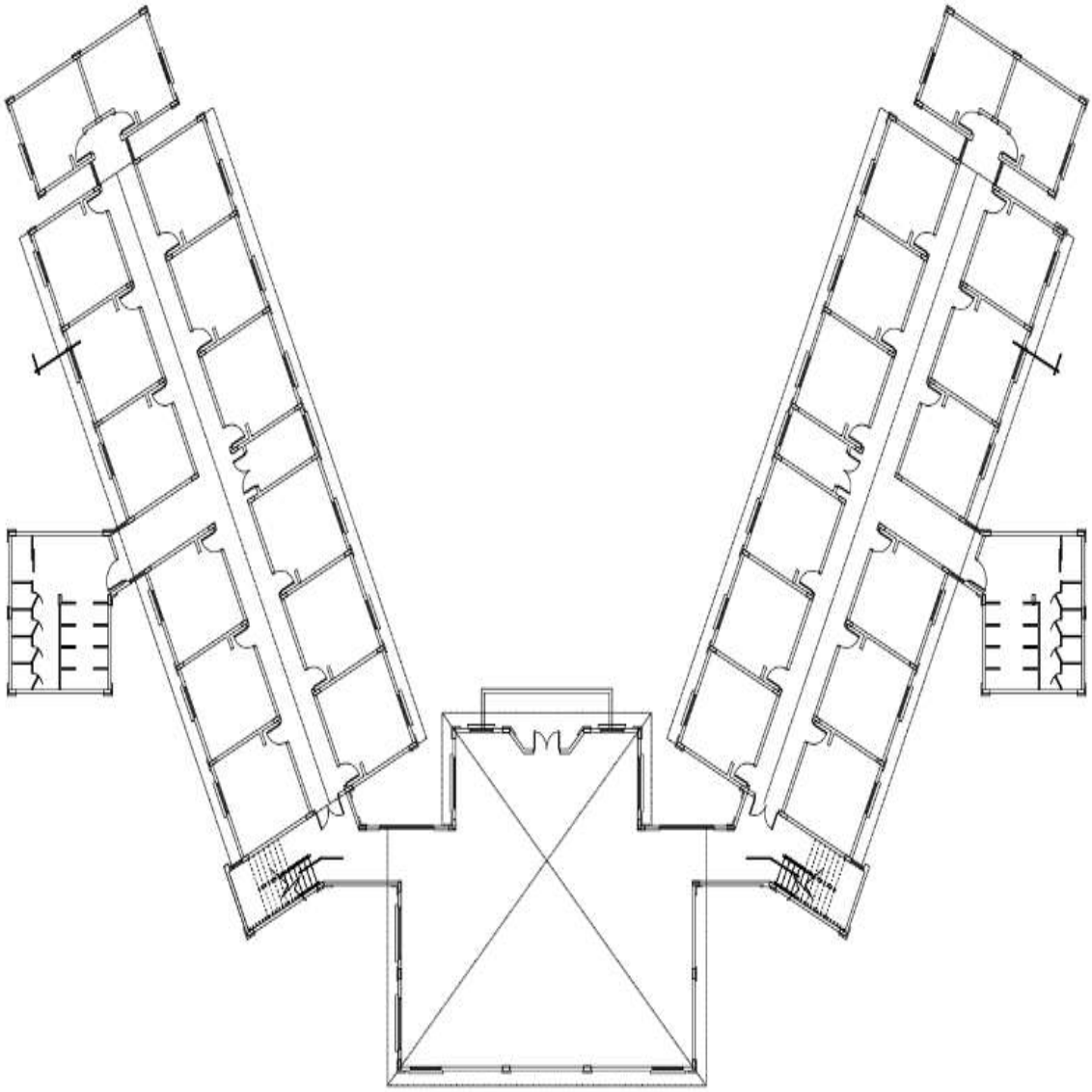


Figure 11: Plano arquitectónico de planta alta.

B.1.2 DATOS DE IRRADIACIÓN

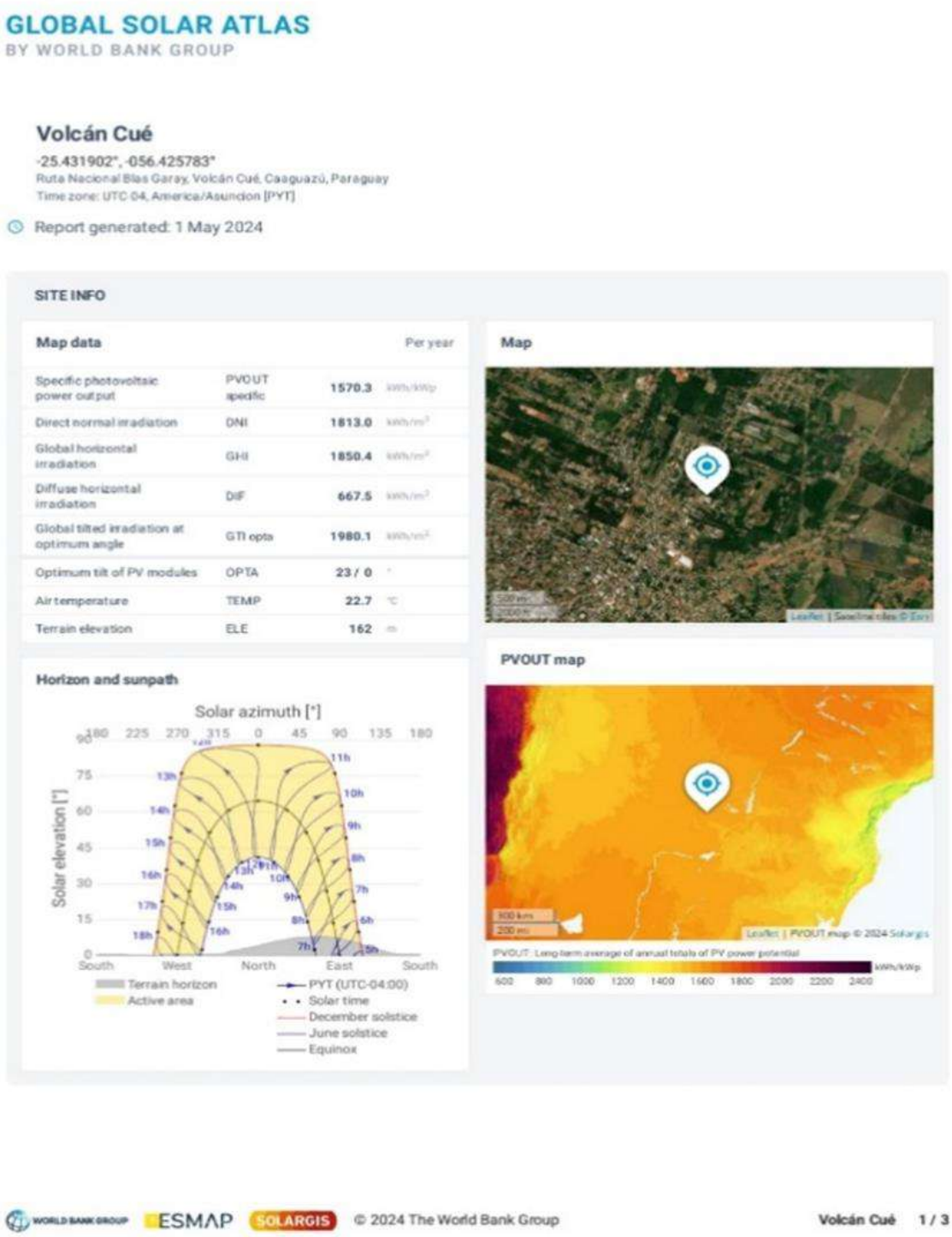


Figure 12: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria.

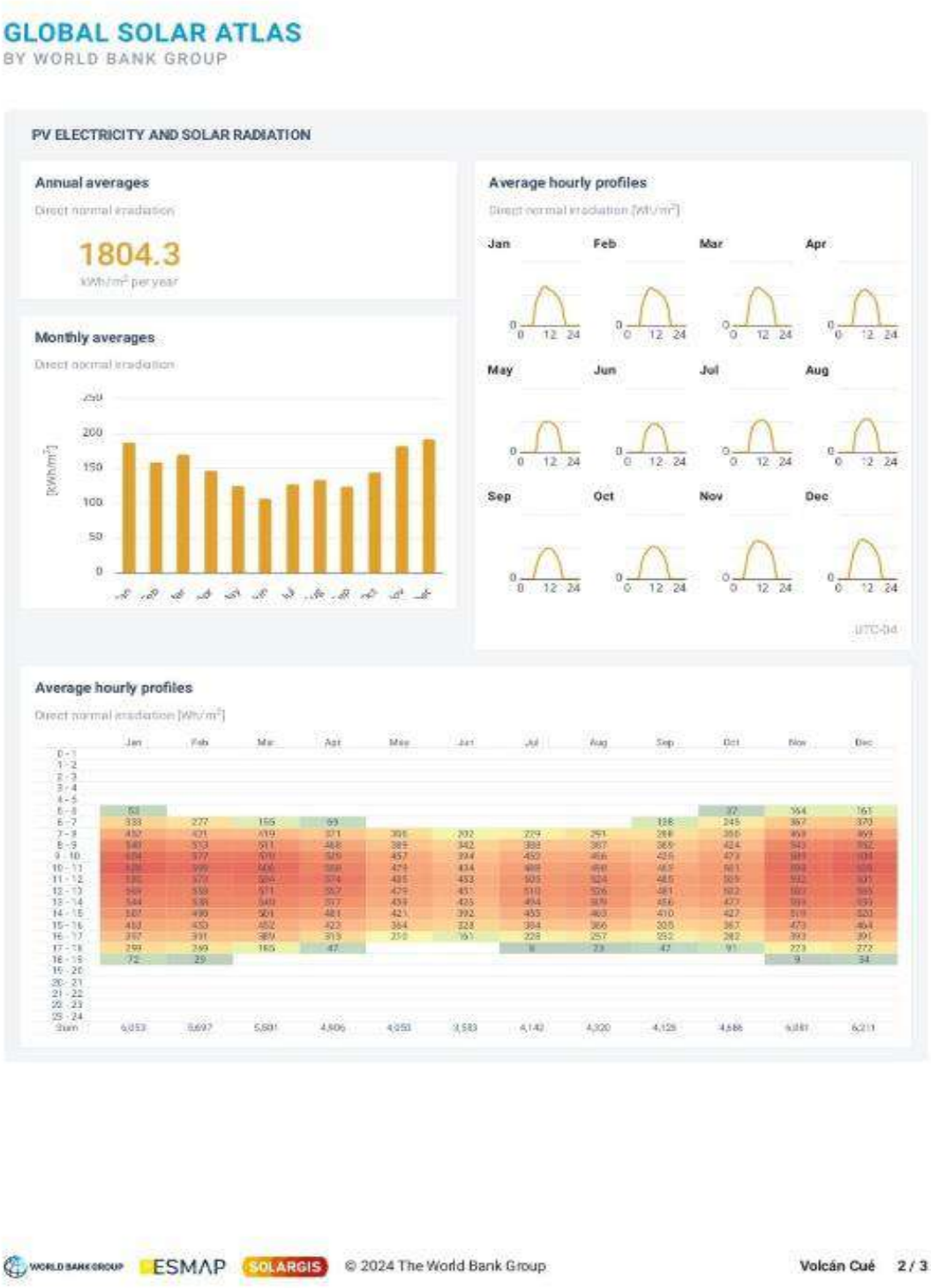


Figure 13: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria.

GLOBAL SOLAR ATLAS
BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2023 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2023 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2023, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2023 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2023 Solargis)
GTI_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m², MJ/m²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2023 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2023 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2023 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2023 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2023 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (https://globalsolaratlas.info/), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2024 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2024 Solargis

Figure 14: Datos extraídos del sitio Global Solar Atlas para la ubicación de la residencia universitaria.

B.1.3 PLACA CARACTERÍSTICA DEL TRANSFORMADOR.

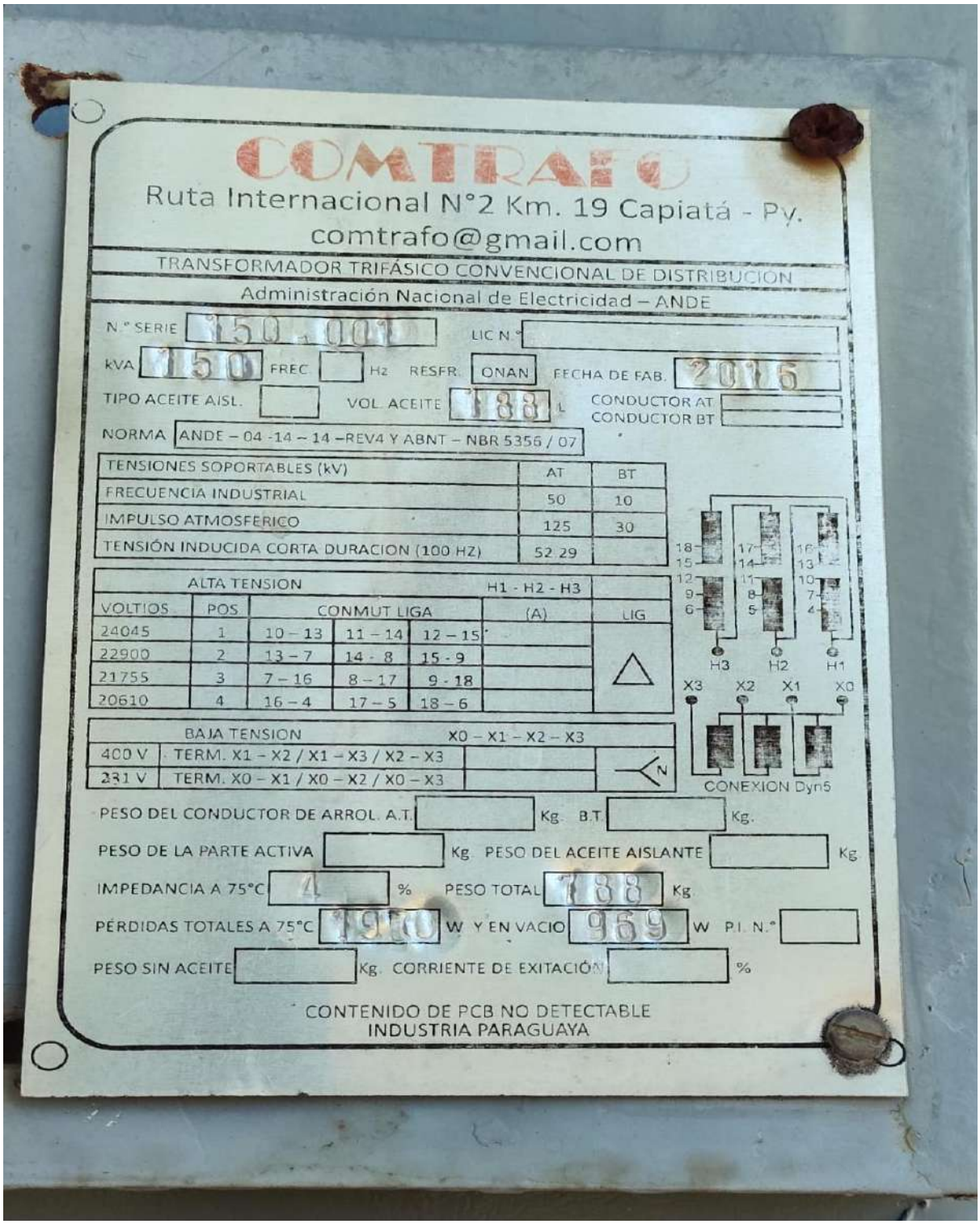


Figure 15: Placa característica del transformador actual.

B.2 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS

B.2.1 PROYECTO DE ILUMINACION

SALA DE ESTUDIO/ AUDITORIO

Figure 16: Simulación del resultado final del Auditorio.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 16 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

3F Filippi - P 202x30W LED 2US 270x1531

N° de artículo	12689
P	36.4 W
$\Phi_{Lámpara}$	6200 lm
$\Phi_{Luminaria}$	6200 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	170.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

Figure 17: Tipo de lámpara seleccionada para el salón auditorio.

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
99200 lm	582.4 W	170.3 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
16	3F Filippi	12689	P 202x30W LED 2US 270x1531	36.4 W	6200 lm	170.3 lm/W

Figure 18: Valores de las luminarias del salón auditorio.

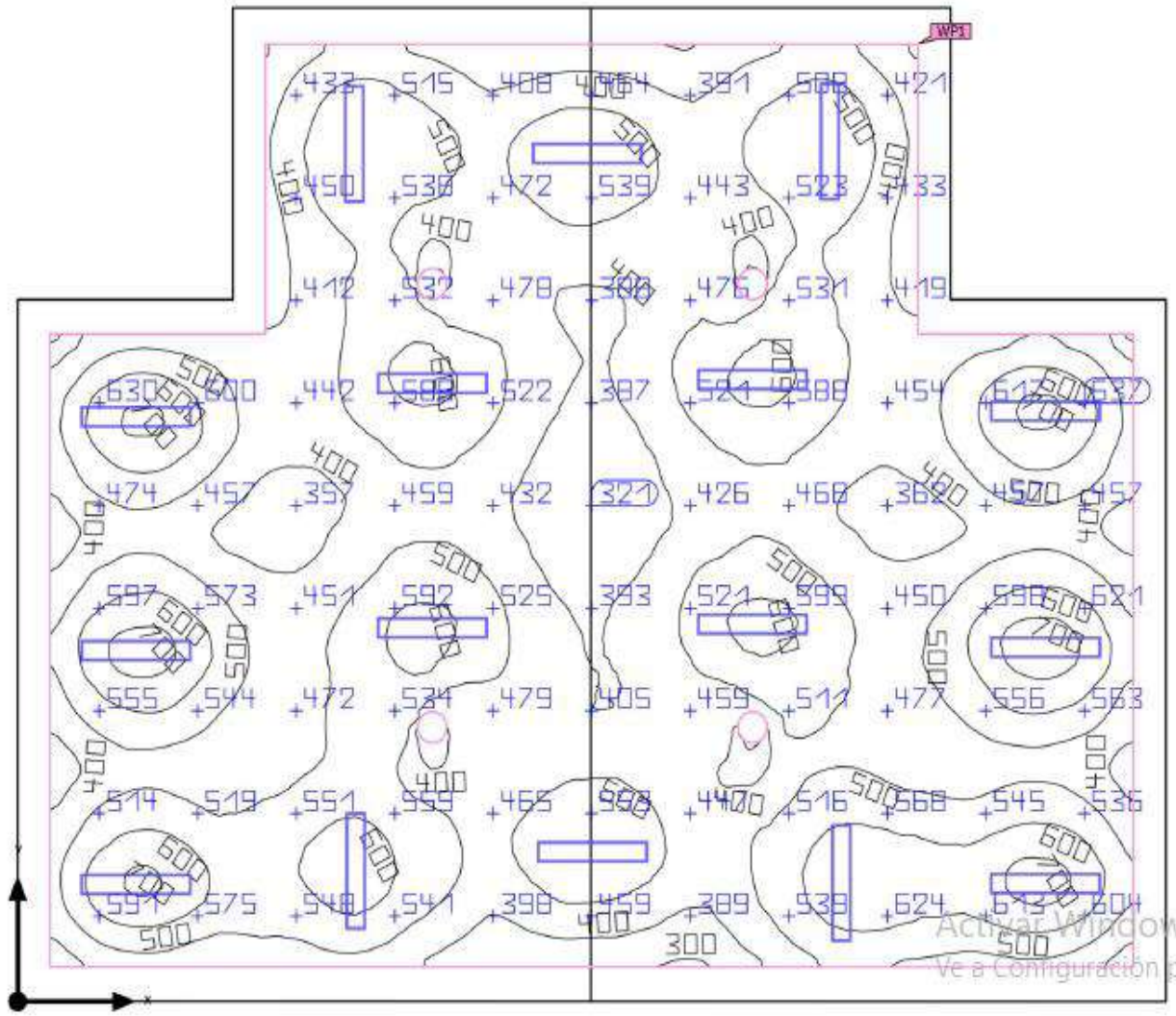


Figure 19: Isolíneas de iluminancia del salón auditorio.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)
Plano útil (AUDITORIO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.450 m	497 lx (≥ 300 lx) ✔

Figure 20: Valores de iluminancia para salón auditorio..

E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)
273 lx	748 lx	0.55 (≥ 0.40) ✔

Figure 21: Valores de uniformidad para salón auditorio.

CANCHA FUTSAL

Figure 22: Simulación del resultado final cancha de futsal.

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

Ficha de producto

NVC - Flood Light

N° de artículo	NFM845-3/400W
P	400.0 W
Φ Lámpara	48000 lm
Φ Luminaria	18617 lm
η	38.79 %
Rendimiento lumínico	46.5 lm/W
CCT	2000 K
CRI	60

Figure 23: Tipo de lámpara seleccionada para la cancha de futsal..

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
378702 lm	8000.0 W	47.3 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
18	NVC	NFM845-3/400W	Flood Light	400.0 W	18617 lm	46.5 lm/W
2	NVC	NFM845-3/400W	Flood Light	400.0 W	21798 lm	54.5 lm/W

Figure 24: Valores de las luminarias de la cancha de futsal.

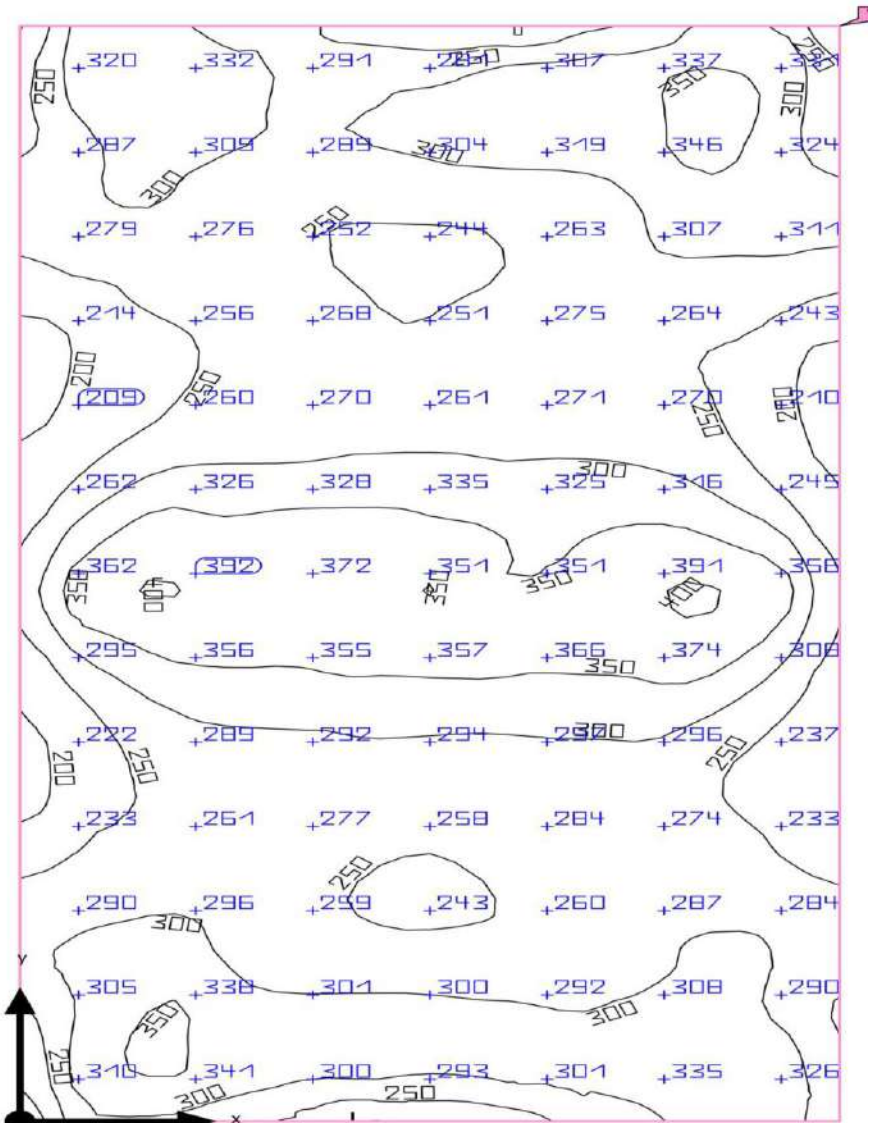


Figure 25: Isolineas de iluminancia de la cancha de futsal.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Plano útil (Área externa 3) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.920 m, Zona marginal: 0.000 m	293 lx (≥ 100 lx) ✔

Figure 26: Valores de iluminancia para la cancha de futsal.

$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)
110 lx	286 lx	0.59 (≥ 0.40) ✔

Figure 27: Valores de uniformidad para cancha de futsal.

CANCHA BASQUET

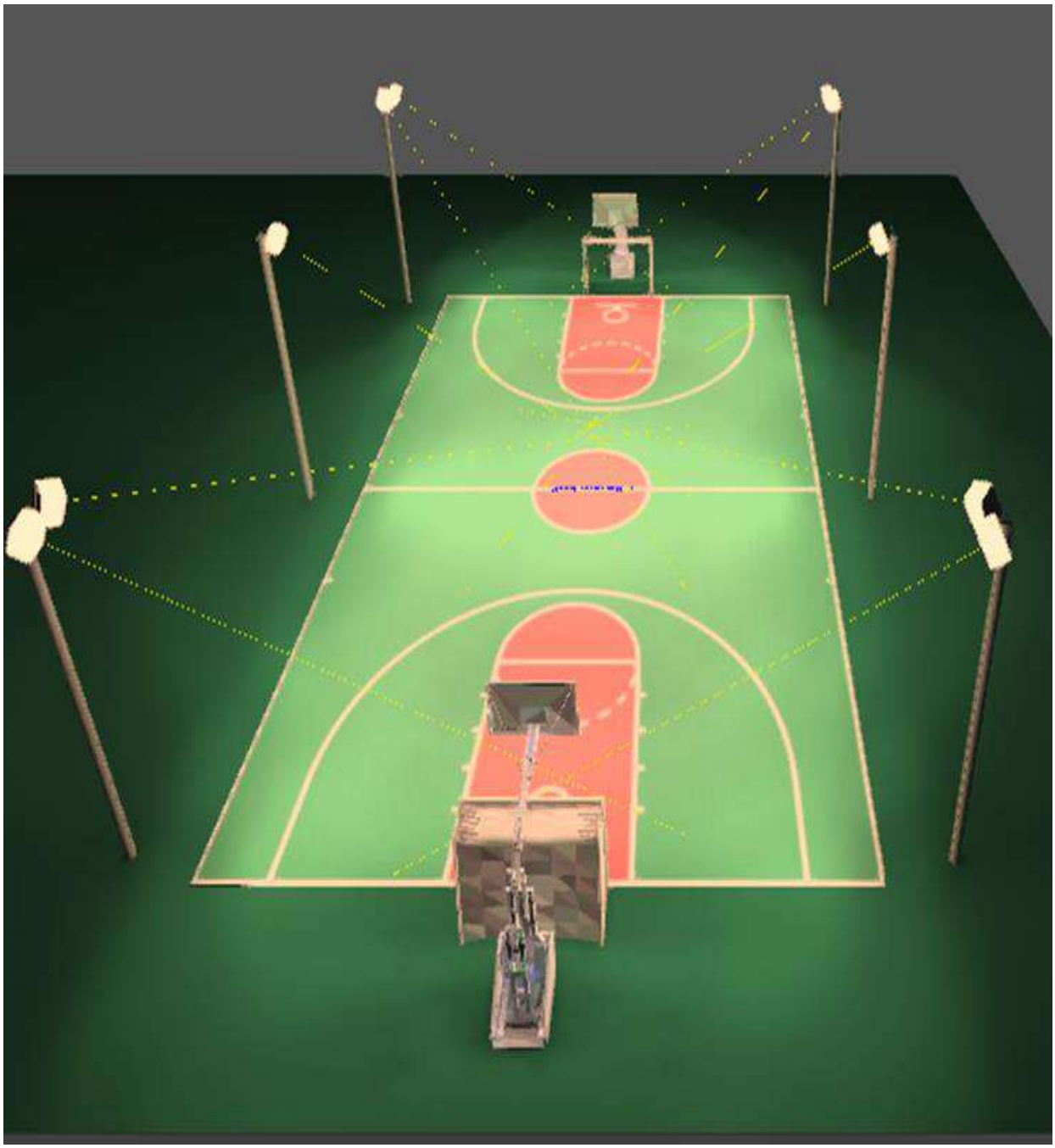


Figure 28: Simulación resultado final cancha de Básquet.

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

Ficha de producto

NVC - Flood Light

N° de artículo	NFM845-3/400W
P	400.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	48000 lm
$\Phi_{Luminaria}$	18617 lm
η	38.79 %
Rendimiento lumínico	46.5 lm/W
CCT	2000 K
CRI	60

Figure 29: Tipo de lámpara seleccionada cancha de básquet.

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
378702 lm	8000.0 W	47.3 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
18	NVC	NFM845-3/400W	Flood Light	400.0 W	18617 lm	46.5 lm/W
2	NVC	NFM845-3/400W	Flood Light	400.0 W	21798 lm	54.5 lm/W

Figure 30: Valores de luminarias de la cancha de básquet..

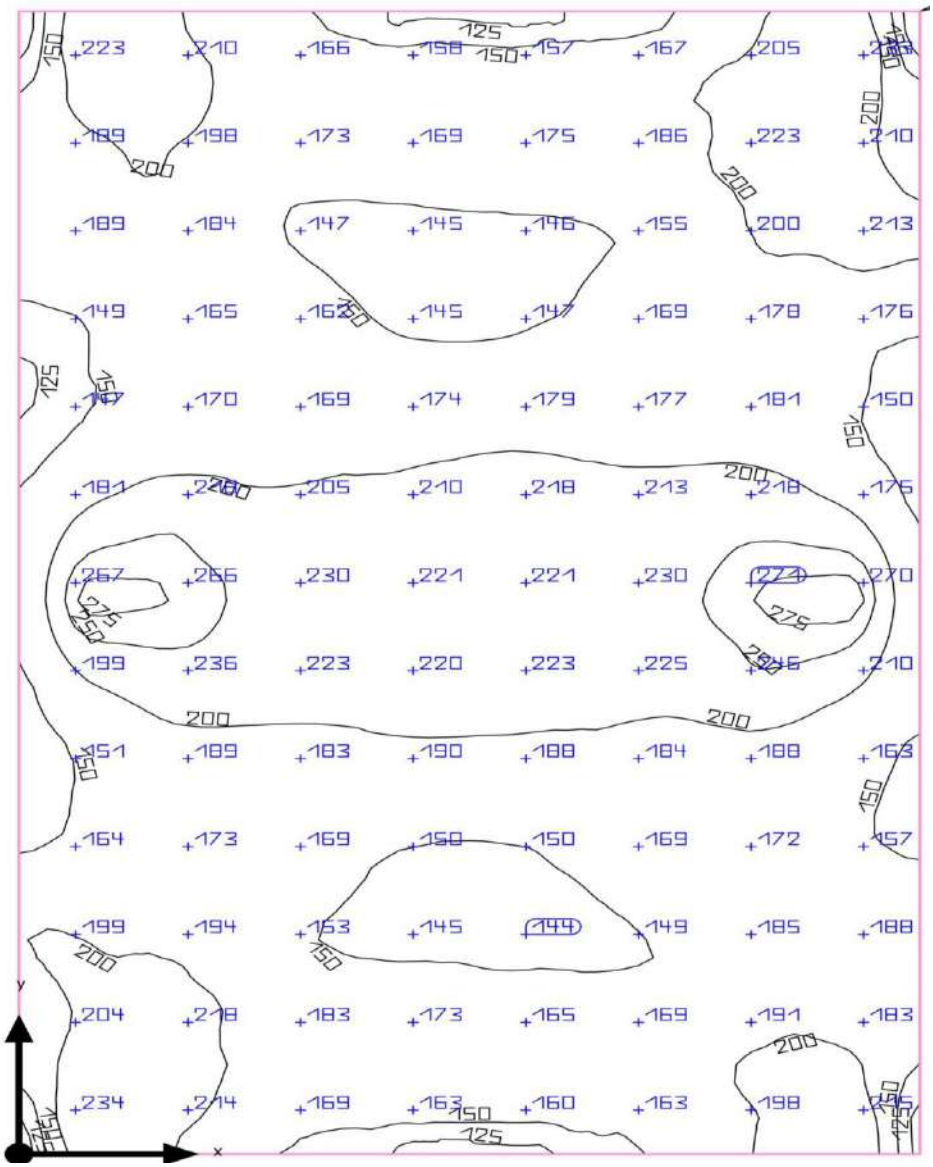


Figure 31: Isolineas de iluminancia de la cancha de básquet.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)
Plano útil (Área externa 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.920 m, Zona marginal: 0.000 m	186 lx (≥ 100 lx) ✔

Figure 32: Valores de iluminancia para la cancha de básquet.

E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)
110 lx	286 lx	0.59 (≥ 0.40) ✔

Figure 33: Valores de uniformidad cancha de básquet.

PLAZA

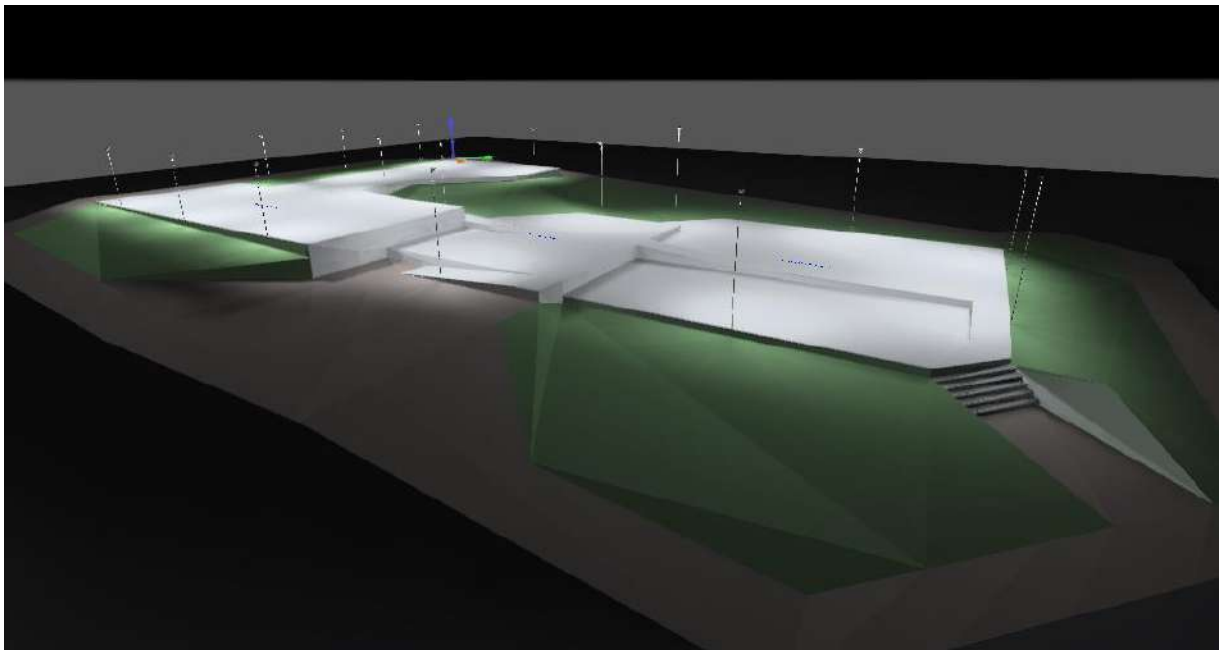


Figure 34: Simulación resultado final de la plaza.

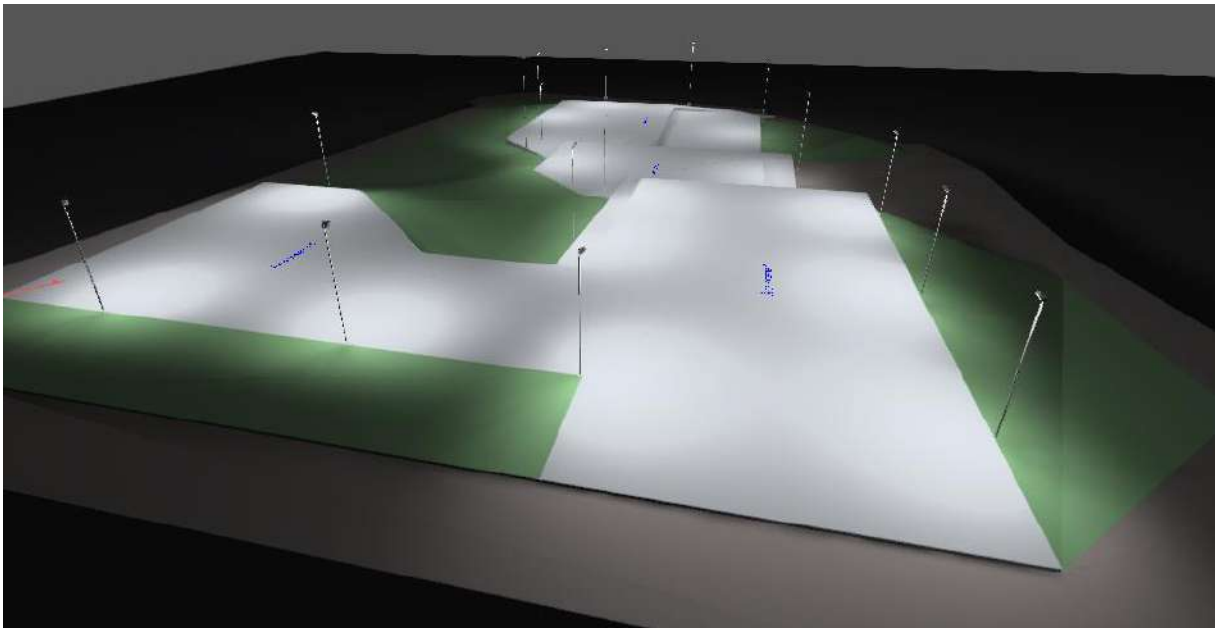


Figure 35: Simulación resultado final de la plaza.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 16 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

Philips - BVP080 LED48 G2

PHILIPS

P	200.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	24000 lm
$\Phi_{Luminaria}$	24000 lm
η	100.00 %
Rendimiento luminico	120.0 lm/W
CCT	6000 K
CRI	100

Figure 36: Informe tipo de lámpara seleccionada para la plaza.

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
384000 lm	3200.0 W	120.0 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
16	Philips		BVP080 LED48 G2	200.0 W	24000 lm	120.0 lm/W

Figure 37: valores de las luminarias de la plaza.

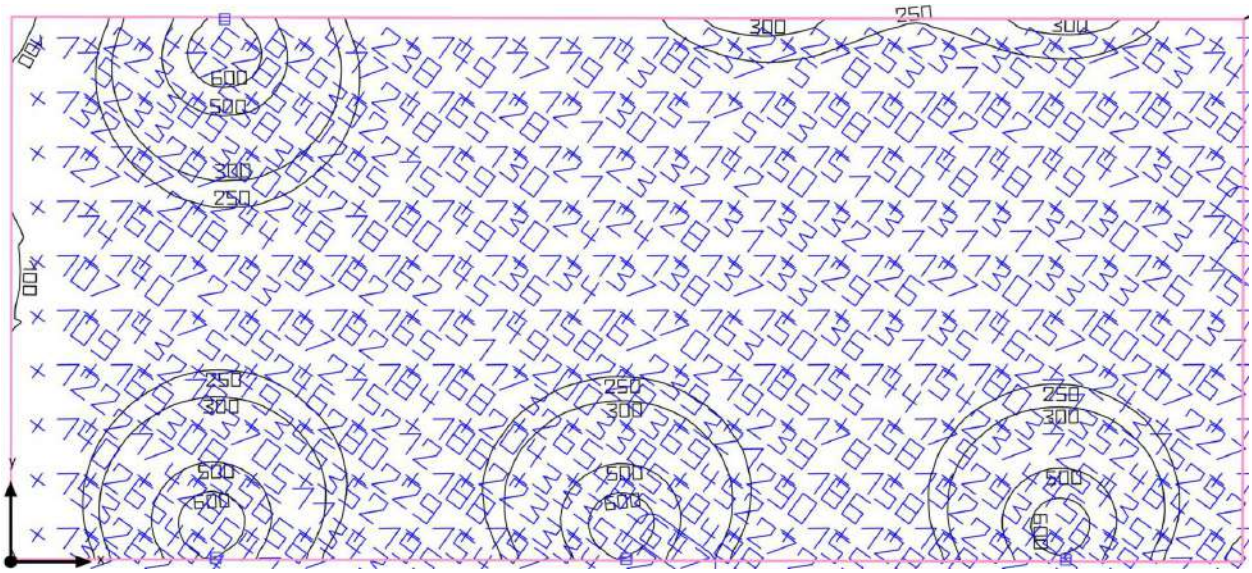


Figure 38: Isolíneas de iluminancia de la plaza.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Área externa 4) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	224 lx (≥ 20.0 lx) ✓	82.6 lx	664 lx	0.37 (≥ 0.20) ✓	0.12	WP1
Plano útil (Área externa 5) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	171 lx (≥ 20.0 lx) ✓	41.3 lx	616 lx	0.24 (≥ 0.20) ✓	0.067	WP2
Plano útil (Área externa 6) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	134 lx (≥ 20.0 lx) ✓	53.8 lx	322 lx	0.40 (≥ 0.20) ✓	0.17	WP3
Plano útil (Área externa 7) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	139 lx (≥ 20.0 lx) ✓	44.3 lx	358 lx	0.32 (≥ 0.20) ✓	0.12	WP4

Figure 39: Valores de iluminancia y uniformidad para la plaza.

DORMITORIOS

Figure 40: Simulación resultado final dormitorio.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 4 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

LUXIONA - NEPTUN LED COMPACT V2

LUXIONA
Technical and Emergency Lighting

N° de artículo	19.3205.0004.21
P	8.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	800 lm
$\Phi_{Luminaria}$	734 lm
η	91.79 %
Rendimiento lumínico	91.8 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80

Figure 41: Tipo de lámpara seleccionada para dormitorio.

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
2936 lm	32.0 W	91.8 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	LUXIONA	19.3205.0004.21	NEPTUN LED COMPACT V2 2600 PC-FROZEN EDD 21 IP66 840 / 1200X72X58MM	8.0 W	734 lm	91.8 lm/W

Figure 42: Valores de iluminancia del dormitorio.

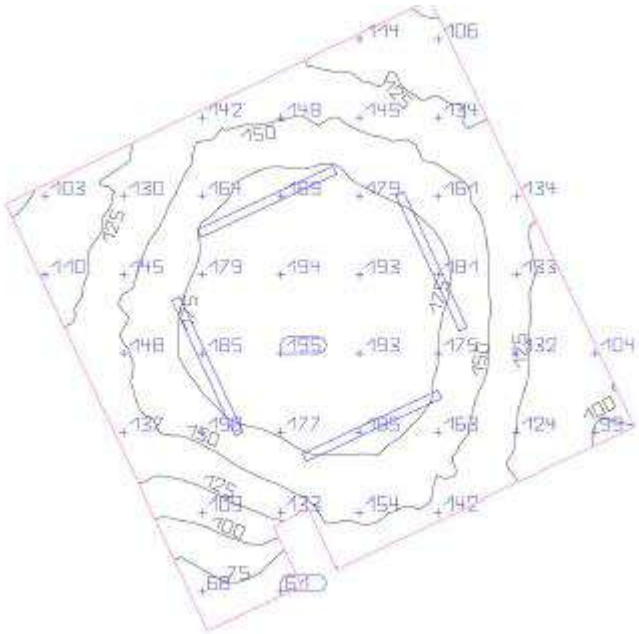


Figure 43: Isolíneas de iluminancia del dormitorio.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (DORMITORIO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.081 m	150 lx (≥ 100 lx) ✔	59.8 lx	196 lx	0.40 (≥ 0.33) ✔	0.31	WP15

Figure 44: Valores de iluminancia y uniformidad para dormitorio.

SANITARIOS

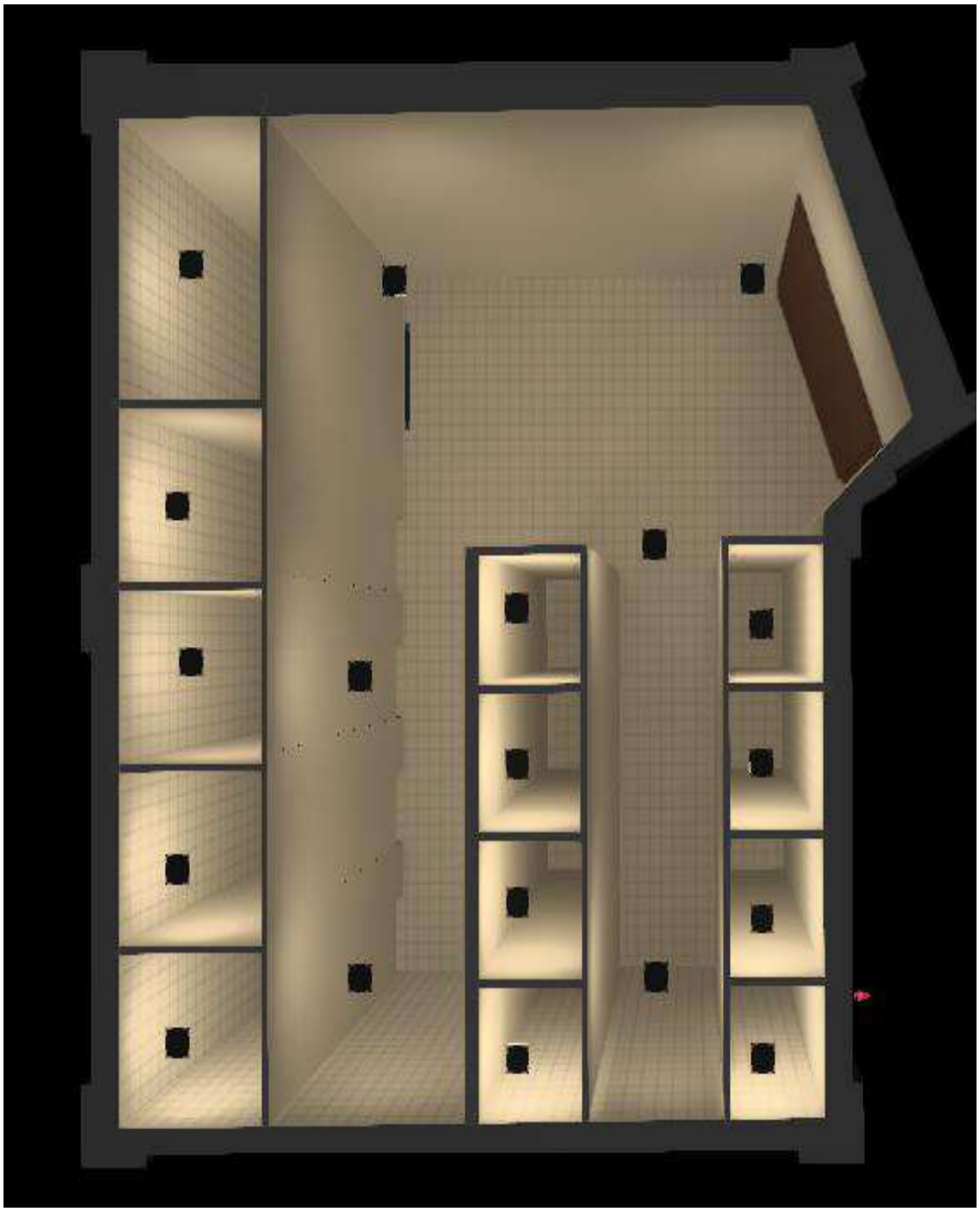


Figure 45: Simulación resultado final del sanitario.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 19 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

RZB - TOLEDO FLAT square E

N° de artículo	672242.002.89
P	12.0 W
$P_{Alumbrado\ de\ emergencia}$	9.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	900 lm
$\Phi_{Alumbrado\ de\ emergencia}$	730 lm
ELF	100 %

Figure 46: Tipo de lámpara seleccionada para sanitarios.

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico	$\Phi_{Alumbrado\ de\ emergencia}$	$P_{Alumbrado\ de\ emergencia}$
16760 lm	222.0 W	75.5 lm/W	13870 lm	171.0 W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
17	RZB	672242.002.89	TOLEDO FLAT square E	12.0 W	900 lm	75.0 lm/W
				9.0 W	730 lm (100 %)	-
2	RZB	672242.002.89	TOLEDO FLAT square E	9.0 W	730 lm	81.1 lm/W
				9.0 W	730 lm (100 %)	-

Figure 47: Valores de las luminarias para sanitarios.

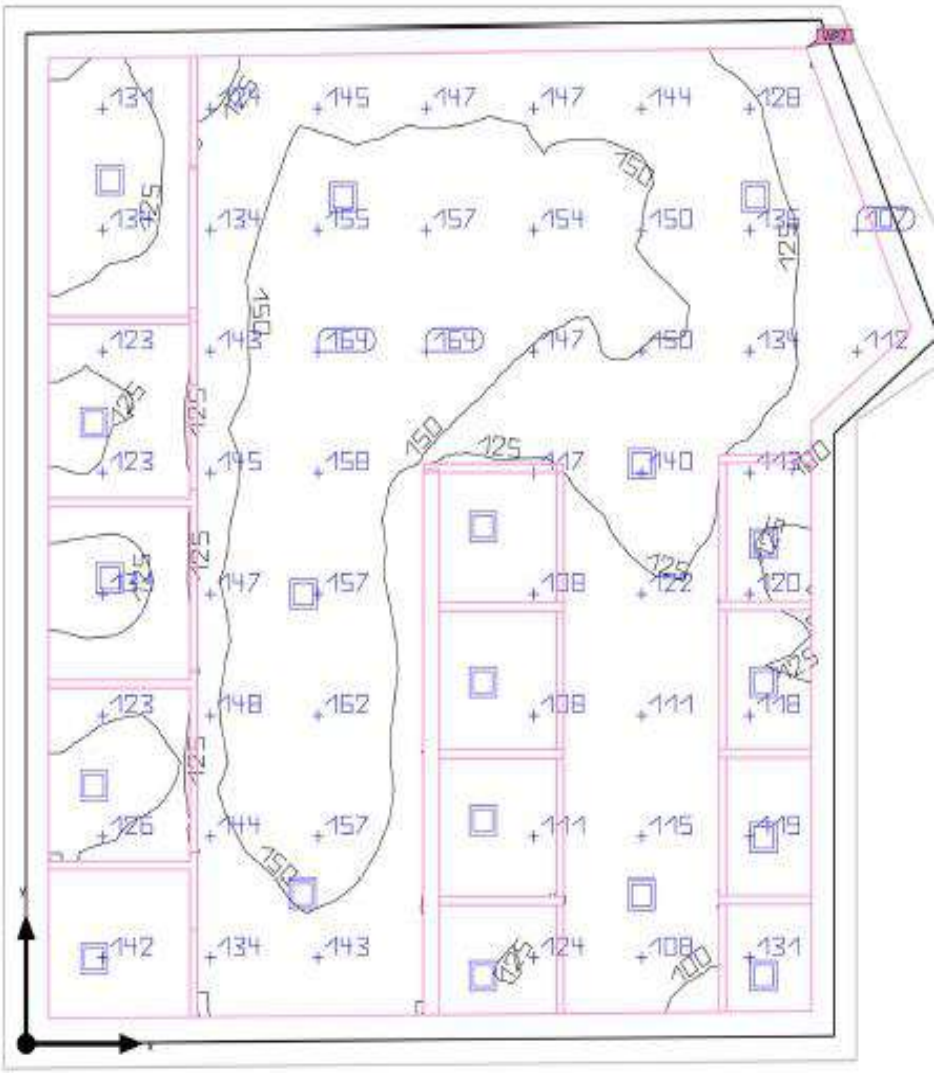


Figure 48: Informe isolíneas de iluminancia de los sanitarios.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Local 18) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.500 m, Zona marginal: 0.145 m	134 lx (≥ 100 lx) ✓	69.5 lx	169 lx	0.52 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP2

Figure 49: Valores de la iluminancia y uniformidad para sanitarios.

QUINCHO

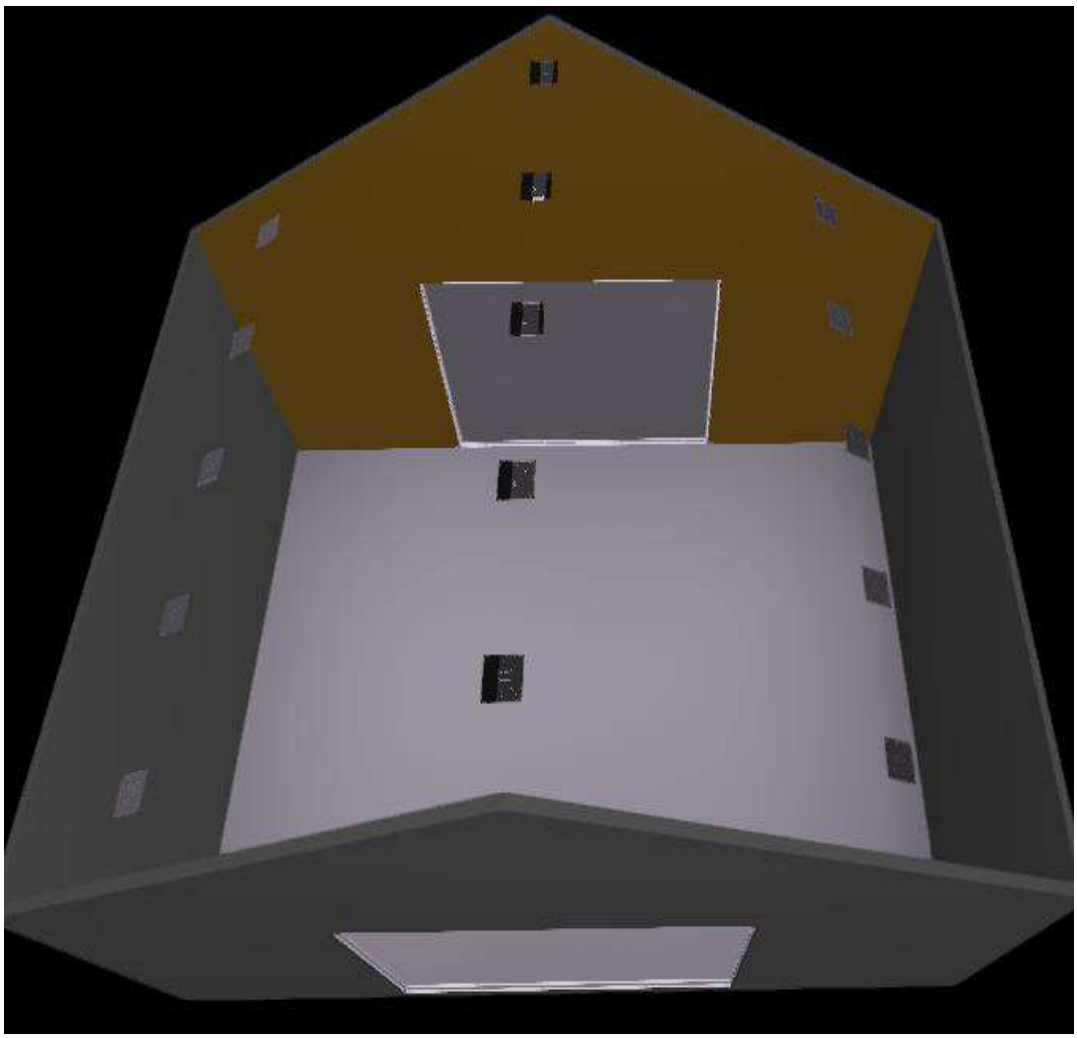


Figure 50: Simulación resultado final quincho.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 15 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

Paulmann - Atria LED panel rectangular 20 W

Paulmann

N° de artículo	70939
P	20.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	1698 lm
$\Phi_{Luminaria}$	1696 lm
η	99.87 %
Rendimiento lumínico	84.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	84

Figure 51: Tipo de lámpara seleccionada para quincho.

Local 15

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
300.0 W	66.99 m²	4.48 W/m² = 2.35 W/m²/100 lx (Local) 5.85 W/m² = 3.06 W/m²/100 lx (Plano útil)	191 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
15	Paulmann	70939	Atria LED panel rectangular 20 W matt white "	20.0 W	1696 lm

Figure 52: Valores de las luminarias del quincho.

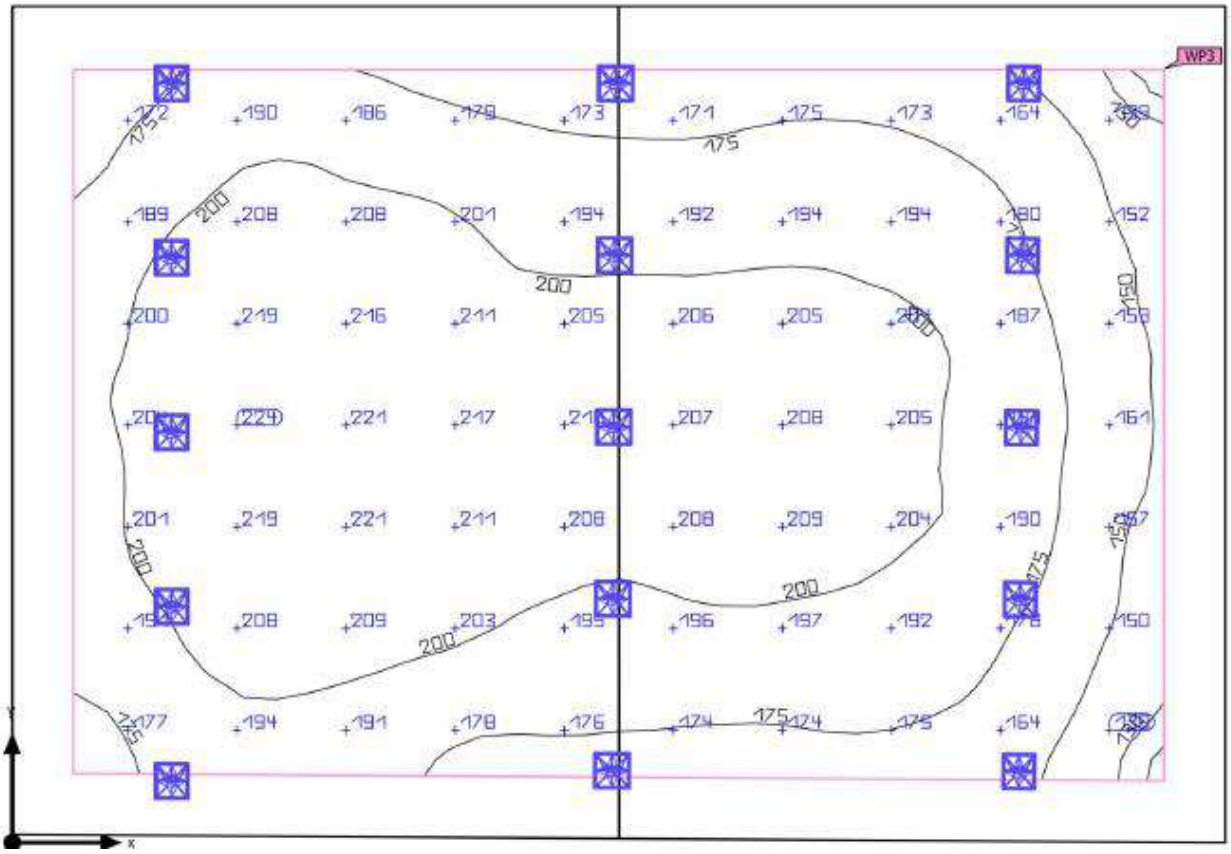


Figure 53: Isolíneas de iluminancia del quincho.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Local 15) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.500 m	191 lx (≥ 100 lx) ✔	125 lx	225 lx	0.65 (≥ 0.40) ✔	0.56	WP3

Figure 54: Valores de la iluminancia y uniformidad para quincho.

RECEPCION

Figure 55: Simulación del resultado final recepción.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 15 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

Paulmann - Atria LED panel rectangular 20 W

N° de artículo	70939
P	20.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	1698 lm
$\Phi_{Luminaria}$	1696 lm
η	99.87 %
Rendimiento lumínico	84.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	84

Figure 56: Tipo de lámpara seleccionada para la recepción.

RECEPCION

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento lumínico
20355 lm	300.0 W	67.9 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
12	Paulmann	70939	Atria LED panel rectangular 20 W matt white "	20.0 W	1696 lm	84.8 lm/W
3	Paulmann	70939	Atria LED panel rectangular 20 W matt white "	20.0 W	1 lm	0.0 lm/W

Figure 57: Valores de las luminarias de la recepción.

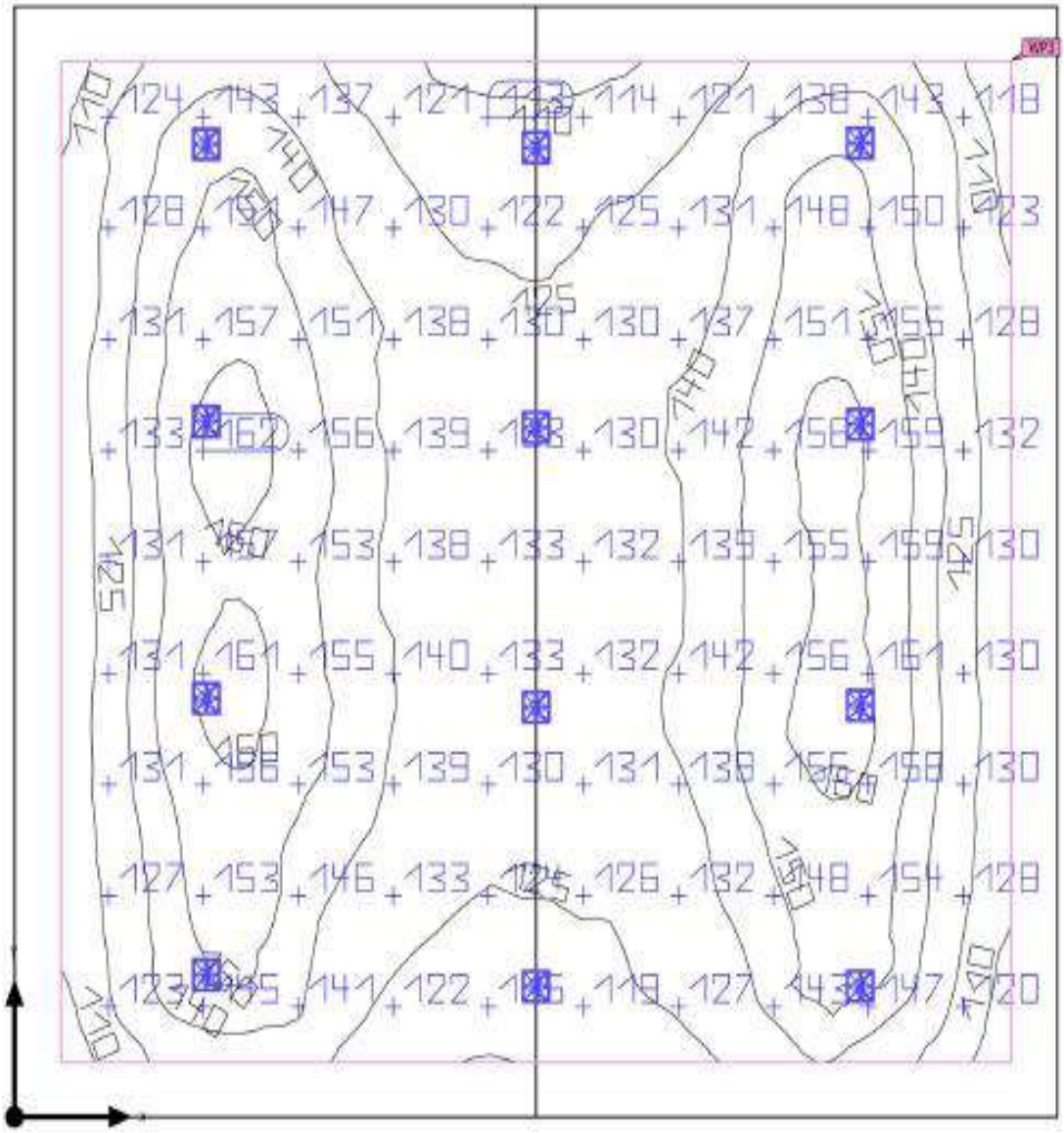


Figure 58: Isolíneas de iluminancia de la recepción.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (RECEPCION) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.760 m, Zona marginal: 0.500 m	138 lx (≥ 100 lx) ✓	100 lx	164 lx	0.72 (≥ 0.50) ✓	0.61	WP3

Figure 59: Valores de la iluminancia y uniformidad para recepción.

COMEDOR

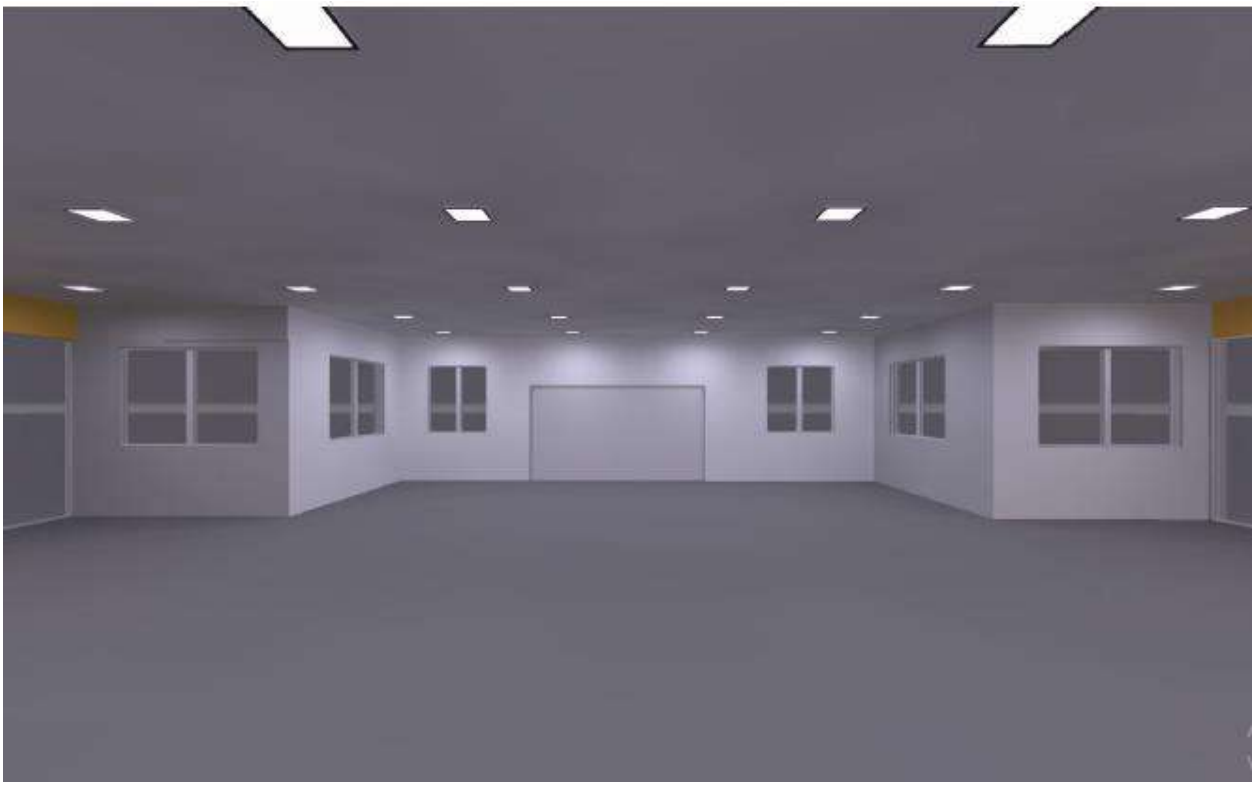


Figure 60: simulación resultado final comedor.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 32 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

Paulmann - Atria LED panel rectangular 20 W

N° de artículo	70939
P	20.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	1698 lm
$\Phi_{Luminaria}$	1696 lm
η	99.87 %
Rendimiento lumínico	84.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	84

Figure 61: Tipo de lámpara seleccionada para comedor.

Lista de luminarias

Φ_{total}	P_{total}	Rendimiento luminico
54272 lm	640.0 W	84.8 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de articulo	Nombre del articulo	P	Φ	Rendimiento luminico
32	Paulmann	70939	Atria LED panel rectangular 20 W matt white ''	20.0 W	1696 lm	84.8 lm/W

Figure 62: Valores de las luminarias del comedor.

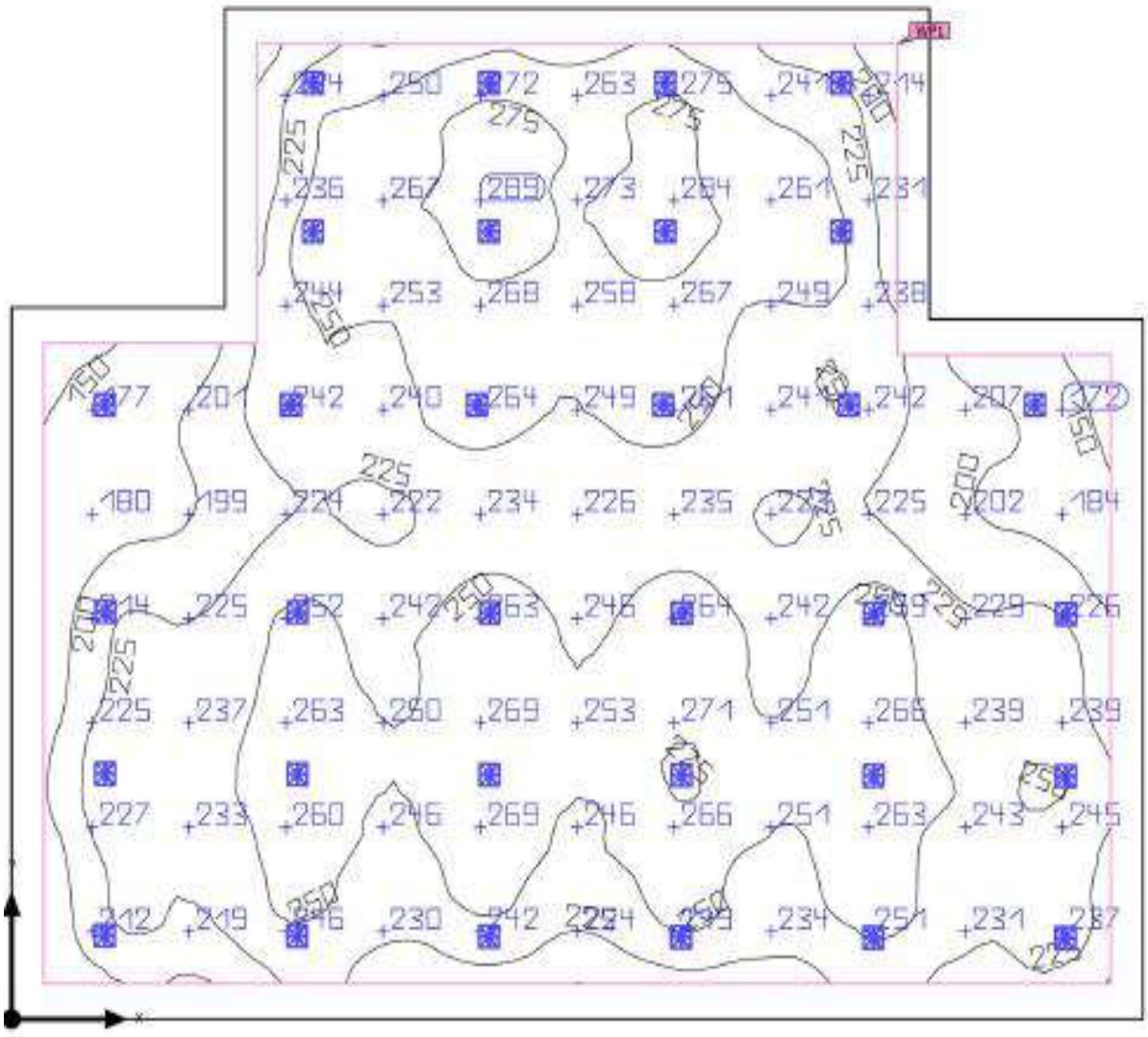


Figure 63: Isolíneas de iluminancia del comedor.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Local 14) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.450 m	240 lx (≥ 100 lx) ✔	128 lx	290 lx	0.53 (≥ 0.25) ✔	0.44	WP1

Figure 64: Valores de la iluminancia y uniformidad para el comedor.

LAVANDERIA

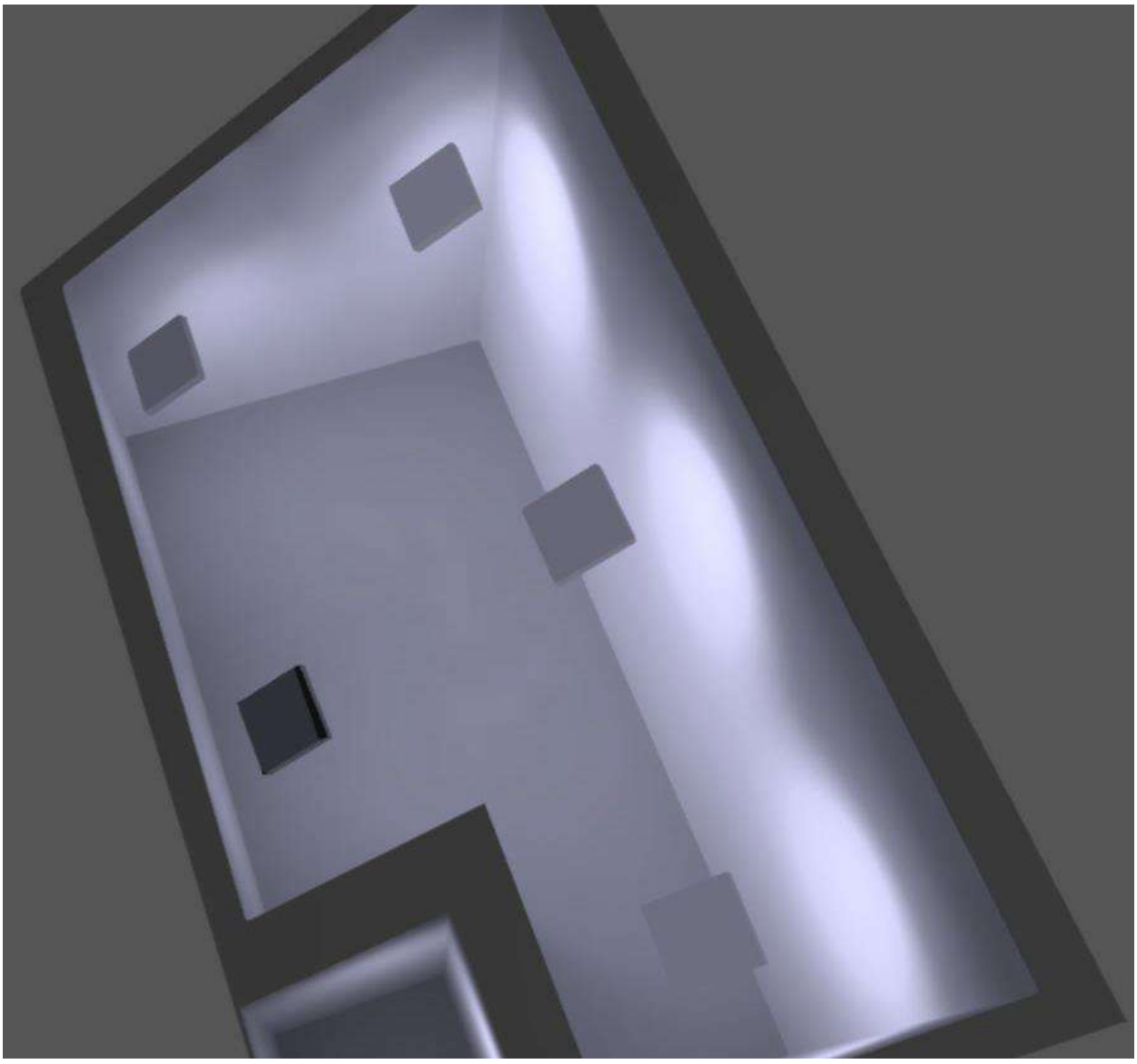


Figure 65: Simulación resultado final de lavandería.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 5 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

3F Filippi - L 650 42W/840 DALI EP VSS

3F Filippi

N° de artículo	21887
P	48.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	4965 lm
$\Phi_{Luminaria}$	4965 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	103.4 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

Figure 66: Tipo de lámpara seleccionada para lavandería.

Lista de luminarias

Φtotal	Ptotal	Rendimiento luminico
26521 lm	260.0 W	102.0 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento luminico

Figure 67: Valores de las luminarias para lavandería

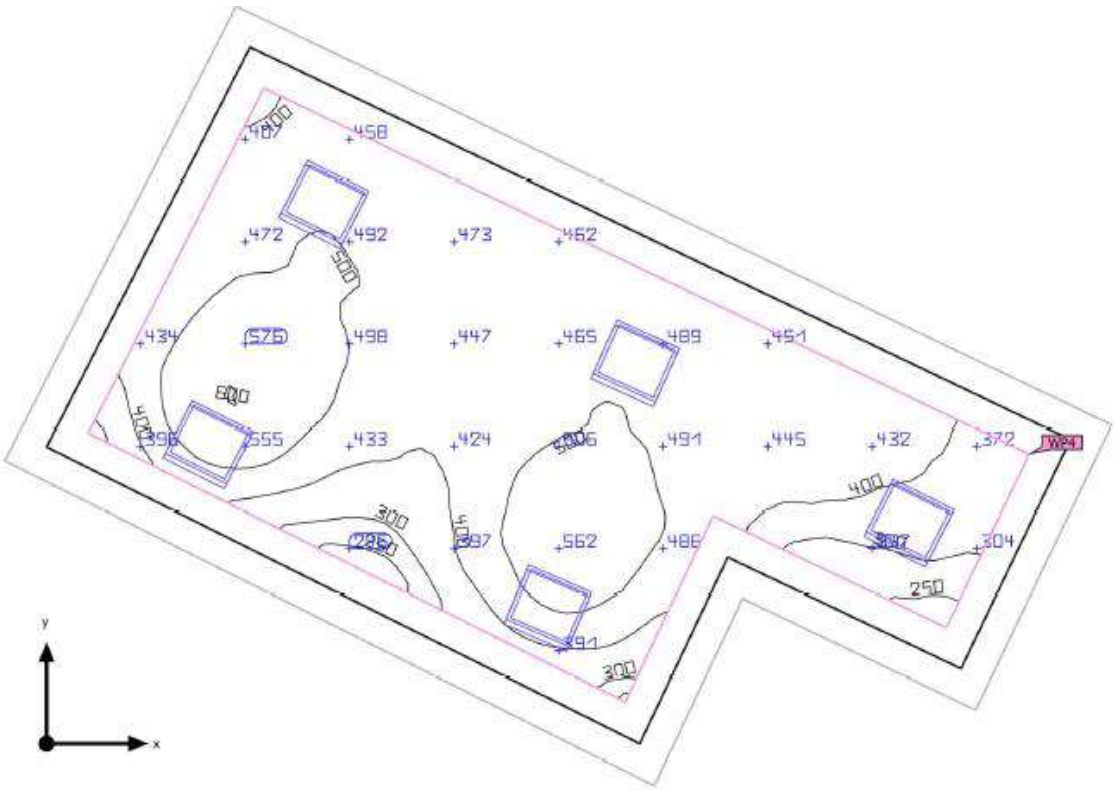


Figure 68: Isolíneas de la iluminancia de la lavandería.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Planos útiles

Propiedades	Ē (Nominal)	Emín	Emáx	Uo (gl) (Nominal)	g1	Índice
Plano útil (Local 8) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.239 m	169 lx (≥ 100 lx) ✓	120 lx	195 lx	0.71 (≥ 0.50) ✓	0.62	WP1

Figure 69: Valores de iluminancia para lavandería.

COCINA

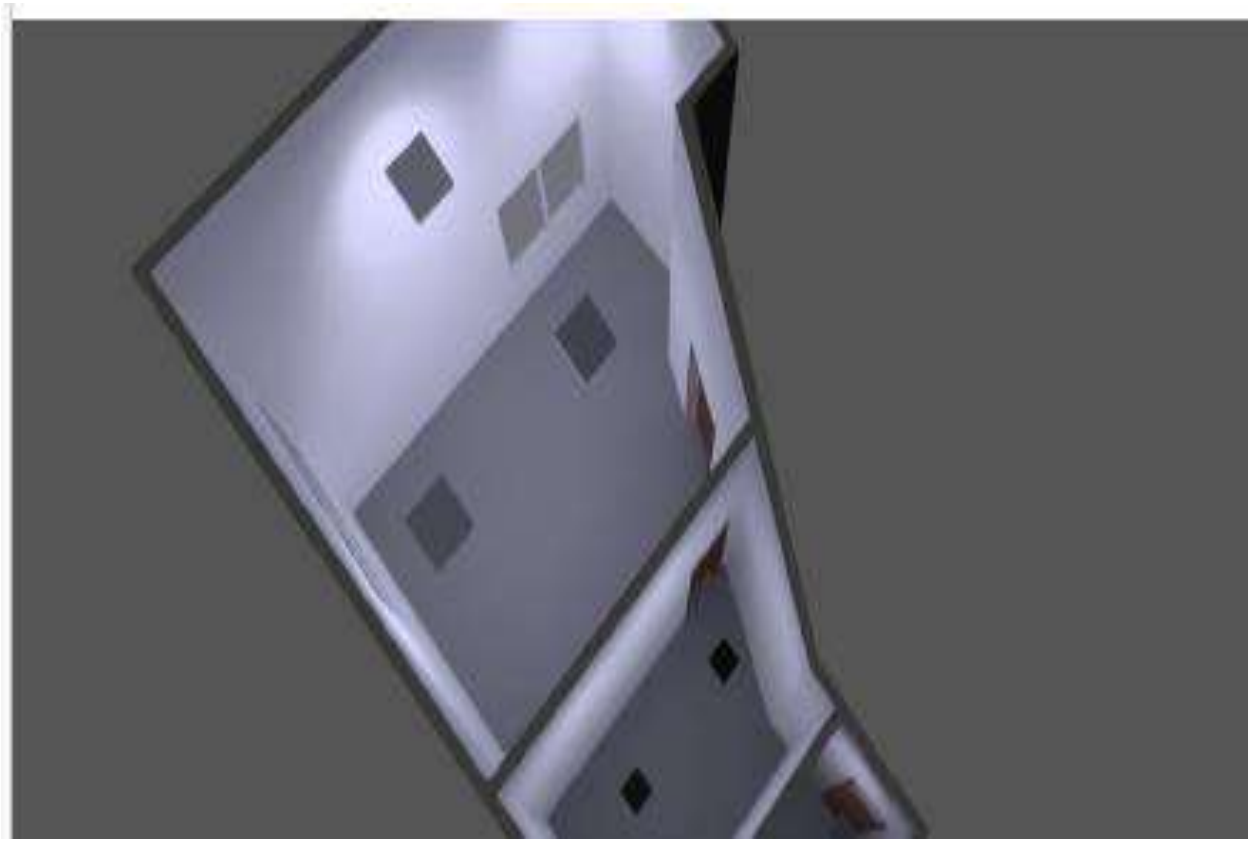


Figure 70: Simulación resultado final cocina.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 4 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

3F Filippi - L 650 42W/840 DALI EP VSS

N° de artículo	21887
P	48.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	4965 lm
$\Phi_{Luminaria}$	4965 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	103.4 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

Figure 71: Tipo de luminaria para la cocina.

COCINA 1

P_{total}	A_{Local}	Potencia específica de conexión	$\bar{E}_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
192.0 W	34.08 m²	5.63 W/m² = 1.57 W/m²/100 lx (Local) 6.28 W/m² = 1.75 W/m²/100 lx (Plano útil)	359 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	3F Filippi	21887	L 650 42W/840 DALI EP VSS 596x596	48.0 W	4965 lm

Figure 72: Valores de las luminarias para la cocina.

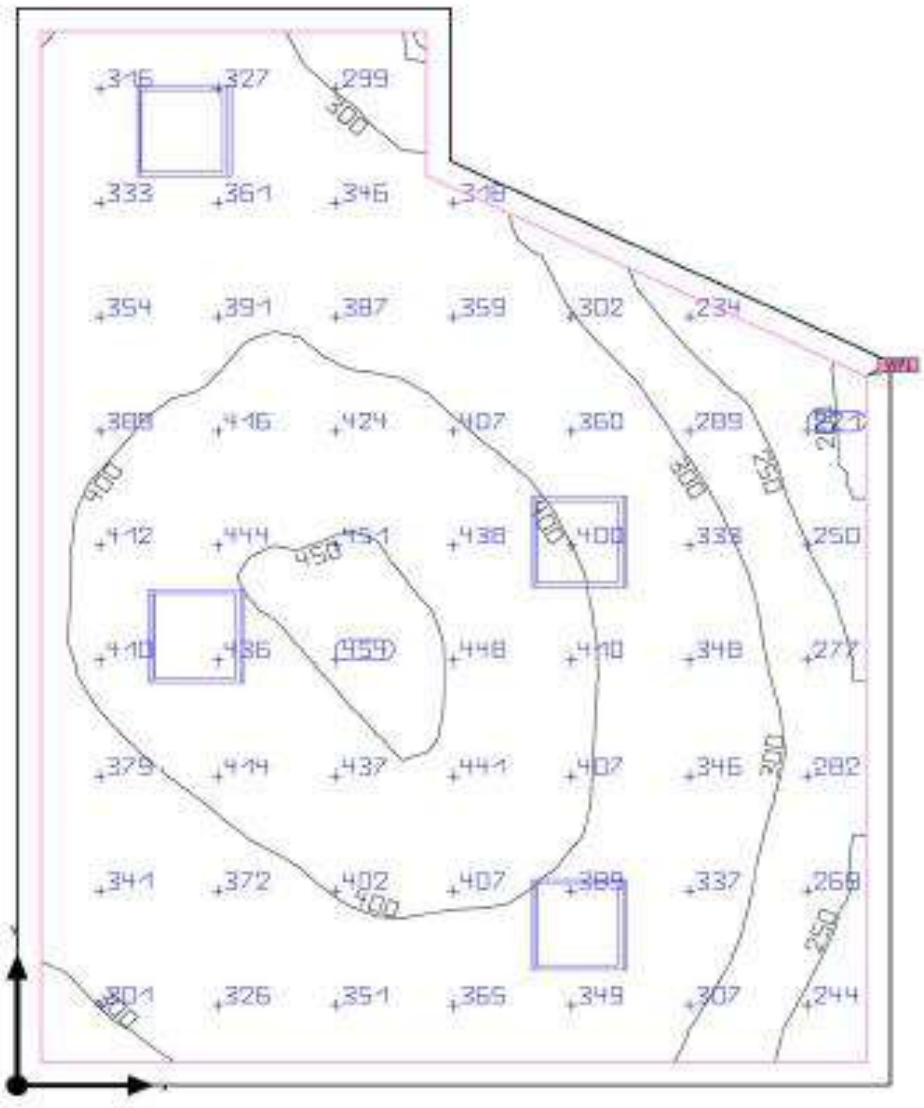


Figure 73: Isolineas de la iluminancia de la cocina.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (COCINA 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.150 m	359 lx (≥ 200 lx) ✓	189 lx	459 lx	0.53 (≥ 0.40) ✓	0.41	WP1

Figure 74: Valores de la iluminancia y uniformidad para la cocina.

PASILLO

Figure 75: Simulación resultado final pasillos.

Figure 76: Simulación resultado final pasillos.

Para el cumplimiento del nivel de iluminación se necesitarán 18 luminarias con las siguientes características.

Ficha de producto

SIMES S.p.A. - LOOK APPLIQUE EMIS

SIMES

N° de artículo	S.7250W
P	12.1 W
$\Phi_{Luminaria}$	1113 lm
Rendimiento lumínico	92.0 lm/W
CCT	3126 K
CRI	91

Figure 77: Tipo de luminaria seleccionada para pasillo.

PASILLO MASC.

P_{total}	A_{local}	Potencia específica de conexión	$E_{perpendicular\ (Plano\ útil)}$
217.8 W	76.43 m²	2.85 W/m² = 1.62 W/m²/100 lx (Local) 3.49 W/m² = 1.98 W/m²/100 lx (Plano útil)	176 lx

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{luminaria}$
18	SIMES S.p.A.	S.7250W	LOOK APPLIQUE EMISSIONE SINGOLA L 290mm	12.1 W	1113 lm

Figure 78: Valores de las iluminarias del pasillo.

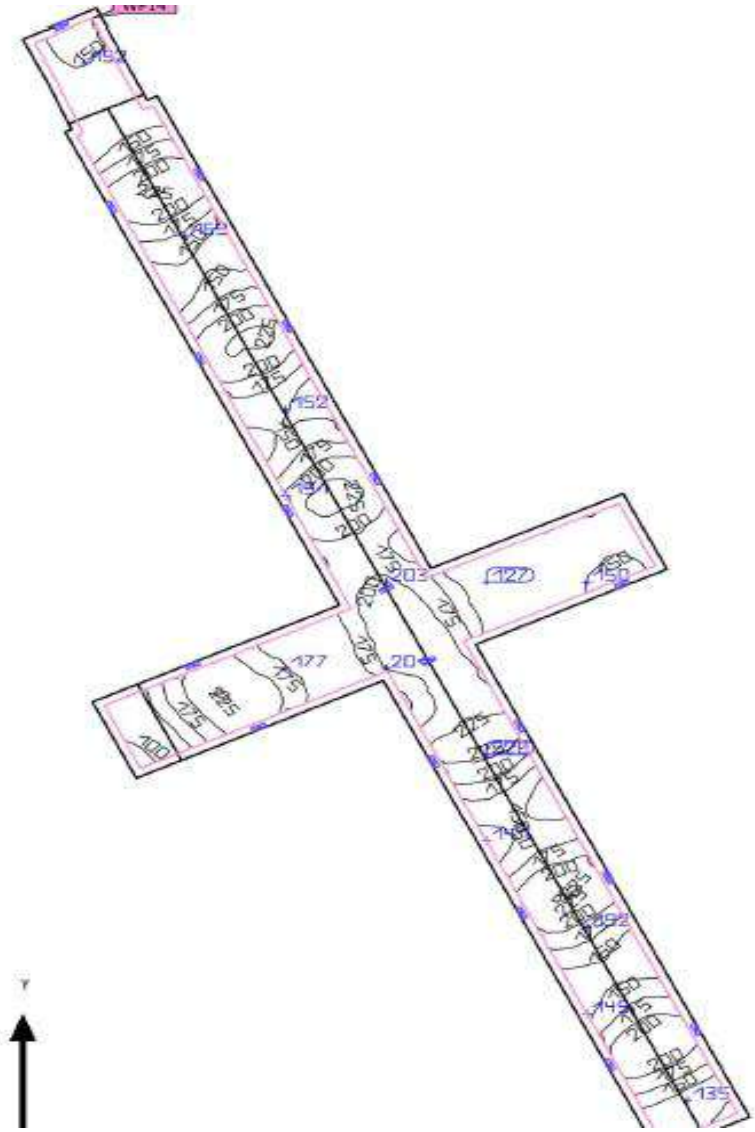


Figure 79: Isolíneas de iluminancia del pasillo.

Los valores obtenidos en las simulaciones realizadas se presentan en la siguiente tabla:

Propiedades	Ē (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	U_o (g_1) (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (PASILLO MASC.) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.173 m	176 lx (≥ 100 lx) ✓	86.7 lx	237 lx	0.49 (≥ 0.40) ✓	0.37	WP14

Figure 80: Valores de iluminancia y uniformidad para pasillos.

B.2.2 PROTECCIONES

B.2.2.1 CONTRA SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITO

En esta sección se calcula el calibre de las termomagnéticas utilizadas para las diferentes cargas y/o tableros de toda la instalación.

TABLERO GENERAL

Protección General

Datos

$P_{TOTAL=}$170000 W
FP: 0,85
$Voltaje\ = 380V$

Para hallar la corriente de carga se utilizó la siguiente formula

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{170000W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 303{,}8\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica regulable con una corriente de R(40-630)A regulada a 320 A.

$$I_P > I_C$$

$$320 > 303{,}8$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

TABLERO PRINCIPAL

Protección principal

DATOS

$P_{TOTAL=}$170000W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 380\ V$

Para hallar la corriente de carga se utilizó la siguiente formula

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{170000W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 303{,}8\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica regulable con una corriente de R(40-630)A regulada a 320 A.

$$I_P > I_C$$

$$320\ \text{A} > 303{,}8\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

Protección de Tableros Seccionales

La Instalación cuenta con 14 tableros seccionales, seguidamente se realiza el cálculo para los mismos.

TABLEROS SECCIONALES

- **Tablero Pabellones:** debido a que los cuatro pabellones manejan valores muy similares, se reduce el cálculo a uno solo, para evitar repeticiones.

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}32.614\text{W}$
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje\ = 380V$

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{32.614W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 58{,}29\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 63 A.

$$I_P > I_C$$

$$63\ \text{A} > 58{,}29\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Sanitarios:** debido a que los sanitarios manejan valores muy similares, se reduce el cálculo a uno solo, para evitar repeticiones.

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$6.258W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 220$V

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{6.258W}{220 \times 0{,}85} = 33{,}46\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 40 A.

$$I_P > I_C$$

$$40\ \text{A} > 33{,}46\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Quincho:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$1.300W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 220V$

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{1.300W}{220 \times 0{,}85} = 6{,}95A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 10 A.

$$I_P > I_C$$

$$10\ \text{A} > 6{,}95\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero comedor**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$4720W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 220\ V$

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{4.720W}{220 \times 0{,}85} = 25{,}24\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$

$$32\ \text{A} > 25{,}24\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Huésped:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}10888\text{W}$
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 380\ V$

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{10888W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 19{,}46\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 20 A.

$$I_P > I_C$$

$$20\ \text{A} > 19{,}46\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Deposito:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}10400\text{W}$
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje = 220\text{V}$

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{10400W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 18{,}58\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 20 A.

$$I_P > I_C$$

$$20\ \text{A} > 18{,}58\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Auditorio:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$17000W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje =$ 380V

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{17000W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 30{,}38\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$

$$32\ \text{A} > 30{,}38\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero lavandería:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$5.880W
$\cos\theta$=0,85
$Voltaje =$ 380V

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{5.880W}{220 \times 0{,}85} = 31{,}34\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$

$$40\ \text{A} > 31{,}34\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Tablero Cocina:**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$P_{TOTAL=}$16.472W
$\cos\theta = 0{,}85$
$Voltaje =$ 380V

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{16.472W}{\sqrt{3} \times 380 \times 0{,}85} = 29{,}44\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$

$$40\ \text{A} > 29{,}44\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

CARGAS

- **Aire Acondicionado Sala de Estudio/ Salón Auditorio**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}7500\text{W}$$
$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 380\text{V}$$

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} = \frac{7500W}{\sqrt{3} \times 380 \times \cos\theta} = 13{,}40\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave trifásica con una corriente de 16 A.

$$I_P > I_C$$

$$16\ \text{A} > 13{,}40\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Aire acondicionado portátil**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}1500\text{W}$$

$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 220\text{V}$$

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{1500W}{220 \times 0{,}85} = 8.021\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 16 A.

$$I_P > I_C$$

$$16\ \text{A} > 13{,}40\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Toma especial cocina**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}5000\text{W}$$
$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 220V$$
$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{5000W}{220 \times 0{,}85} = 26{,}73\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$
$$32\ \text{A} > 26{,}73\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Lavarropas**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}1500\text{W}$$
$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 220V$$
$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{1500W}{220V \times 0{,}85} = 8{,}021\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 32 A.

$$I_P > I_C$$
$$32\ \text{A} > 26{,}73\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Motor de agua**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}1500\text{W}$$
$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 220\text{V}$$
$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{1500W}{220 \times 0{,}85} = 8{,}021\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 10 A.

$$I_P > I_C$$

$$10\ \text{A} > 8{,}021\ \text{A}$$

Se puede observar que la protección seleccionada cumple con la desigualdad requerida.

- **Termocalefón**

Se procede a calcular la corriente de carga

DATOS

$$P_{TOTAL=}1500\text{W}$$
$$\cos\theta = 0{,}85$$
$$Voltaje = 380V$$

$$I_C = \frac{P}{V \times \cos\theta} = \frac{1500W}{220 \times 0{,}85} = 8{,}021\ A$$

Una vez obtenida la corriente de carga se procede a la elección de la protección, se utilizó el [5]. La protección seleccionada es una llave monofásica con una corriente de 25 A.

$$I_P > I_C$$

$$10\ \text{A} > 8{,}021\ \text{A}$$

- **Cargas distribuidas**

Todos los circuitos con cargas distribuidas se conformaron en base a las reglamentaciones utilizadas, por ende, el calibre de las protecciones son todas 10 A.

B.2.2.2 PROTECCIONES CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Son interruptores diferenciales con una sensibilidad de 30 mA y serán del mismo calibre que las termomagnéticas. Su utilización está prevista en los circuitos con cargas distribuidas.

B.2.2.3 PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES

Son DPS y según [6] su utilización no es obligatoria ya que la tensión de abastecimiento está limitada a ±10% y cualquier consecuencia que traiga una variación fuera de ese rango es responsabilidad de la ANDE el resarcimiento por daños. De la misma forma según [3] su utilización a nivel residencial se limita a zonas con una alta densidad de tormentas eléctricas.

Y según datos de la DINAC:

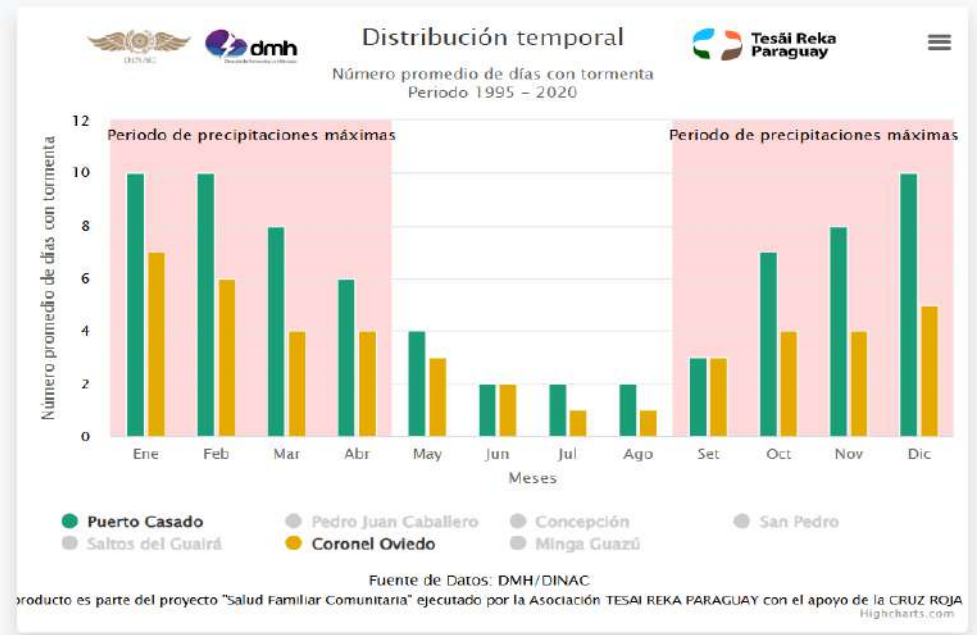


Figure 81: Informe de cantidad de tormentas eléctricas por año para Coronel Oviedo de la DINAC.

Por tanto, no se necesita protecciones contra sobretensiones transitorias en baja tensión.

B.2.3 SECCIÓN DE CONDUCTORES

En este apartado, se procede a calcular la sección del conductor necesario para la alimentación de las cargas.

LÍNEA GENERAL

DATOS

$$P_{TOTAL}=170000\ \text{W}$$
$$Longitud\ = 5m$$
$$e\%\ =\ 2\ \%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 170000 \times 5}{58 \times 380^2 \times 5} = 92{,}97 mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de 92,97 mm^2, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 95 mm^2, con una corriente admisible de 180 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$180A < 320A$$

El conductor de 95 mm^2 no es adecuado para esta aplicación y por consiguiente se procede a buscar un conductor adecuado la sección elegida es la de 120mm^2 con una corriente admisible de 364 A para tres conductores.

Verificamos por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$364\ A > 320A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

LÍNEA PRINCIPAL

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 170000 \times 100}{58 \times 380^2 \times 2} = 101{,}4mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de 101,4 mm^2, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 120 mm^2, con una corriente admisible de 364A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$18A < 320\ A$$

El conductor de 2,5mm^2 no es adecuado para esta aplicación y por consiguiente se procede a buscar un conductor adecuado la sección elegida es la de 120mm^2 con una corriente admisible de 364 A para tres conductores.

Verificamos por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$364\ A > 320A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Según el [2] la línea principal debe cumplir las mismas condiciones que la línea general, entonces por reglamento se utilizara la misma sección conductor

LÍNEAS SECCIONALES

La instalación cuenta con 14 tableros seccionales, se procede a realizar los cálculos para cada uno.

- **Pabellones**

Los datos que se manejan en los cuatro pabellones son muy semejantes, por lo tanto, el cálculo se reduce a uno para evitar repeticiones innecesarias.

DATOS

$$PTotal = 32.614\,W$$

$$Longitud = 30\,m$$

$$e\% = 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 32.614W \times 30m}{58 \times 380^2 \times 2\%} = 5{,}84mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $5{,}84mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 6 mm^2, con una corriente admisible de 32 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$32\,A < 63A$$

El conductor de 6 mm^2 no es adecuada para esta aplicación y por consiguiente se procede a buscar un conductor adecuado la sección más próxima es la de $25mm^2$ con una corriente admisible de 78 A para tres conductores.

Verificamos por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$78\,A > 63\,A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Baños**

Debido a que se manejan valores semejantes entre los 3 sanitarios, tanto en la potencia como en la longitud, se opta por el cálculo con la mayor potencia y longitud para evitar repeticiones innecesarias.

DATOS

$$PTotal = 6.258\,W$$

$$Longitud = 15\,m$$

$$e\% = 1\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 6.258 \times 15}{58 \times 220^2 \times 1\%} = 6{,}68mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de 6, $68mm^2$, se

seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 10 mm^2, con una corriente admisible de 44 A para tres conductores.
Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$44\,A > 40A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Quincho**

DATOS

$$PTotal\ =\ 1.300\,W$$

$$Longitud\ =\ 45\,m$$

$$e\%\ =\ 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 1300 \times 45}{58 \times 220^2 \times 2\%} = 2{,}08mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $2{,}08mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 2,5 mm^2, con una corriente admisible de 18 A para tres conductores.

$$I_{ADM} > I_p$$

$$18\,A > 10A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.
Según [2] la sección del conductor para ramales no puede ser menor a $4mm^2$, por lo tanto, la sección del conductor por reglamento será de $4mm^2$.

- **Comedor**

DATOS

$$PTotal\ =\ 4720\,W$$

$$Longitud\ =\ 28\,m$$

$$e\%\ =\ 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 4720 \times 28}{58 \times 220^2 \times 2\%} = 4{,}70mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $4{,}70mm^2$, se

seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 6 mm^2, con una corriente admisible de 32 A para tres conductores.
Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$32\ A > 25A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Huésped: (TS11)**

DATOS

$$PTotal\ =\ 10888\ W$$

$$Longitud\ =\ 37\ m$$

$$e\%\ =\ 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 10888 \times 37}{58 \times 380^2 \times 2\%} = 2{,}40mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $2{,}40mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 2,5 mm^2, con una corriente admisible de 18 A para tres conductores.
Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$18\ A < 20A$$

El conductor de $2{,}5mm^2$ no es adecuada para esta aplicación y por consiguiente se procede a buscar un conductor adecuado la sección más próxima es la de $4mm^2$ con una corriente admisible de 25A para tres conductores.
Verificamos por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$25\ A > 20\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Depósito: (TS12)**

DATOS

$$PTotal\ = 10400$$

$$Longitud = 60\,m$$
$$e\% = 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 10400 \times 60}{58 \times 380^2 \times 2\%} = 3{,}72$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $3{,}72mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de $4mm^2$, con una corriente admisible de 25 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$25\,A > 20A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Auditorio: (TS13)**

DATOS

$$PTotal = 17000$$
$$Longitud = 35\,m$$
$$e\% = 1\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 17000 \times 35}{58 \times 380^2 \times 1\%} = 7{,}10mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $7{,}10mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 10 mm^2, con una corriente admisible de 44 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$
$$44\,A > 32\,A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Lavandería: (TS14)**

DATOS

$$PTotal = 5880\,W$$
$$Longitud = 20\,m$$
$$e\% = 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 5880 \times 20}{58 \times 220^2 \times 2\%} = 4{,}18 mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $4{,}18 mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7] .La sección inmediata superior es de 6 mm^2, con una corriente admisible de 32 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$32A > 40A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Cocina**

DATOS

$$PTotal = 16472\, W$$

$$Longitud = 15\, m$$

$$e\% = 2\%$$

A continuación, calcularemos la sección del conductor:

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 16472 \times 15}{58 \times 380^2 \times 2\%} = 1{,}47 mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $1{,}47 mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 2 mm^2, con una corriente admisible de 16 A para tres conductores.

Seguidamente se verifica la desigualdad por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$16\, A < 40\, A$$

El conductor de $2 mm^2$ no es adecuada para esta aplicación y por consiguiente se procede a buscar un conductor adecuado la sección más próxima es la de $10 mm^2$ con una corriente admisible de 44 A para tres conductores.

Verificamos por corriente

$$I_{ADM} > I_p$$

$$44\, A > 40\, A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

- **Líneas para cargas puntuales**

Sala de Estudio/ Salón Auditorio:

El salón auditorio cuenta con 2 aires acondicionados con las mismas características y están ubicados a la misma distancia del tablero seccional, por esa razón se resume a un solo cálculo, para evitar repeticiones innecesarias.

DATOS

P_{TOTAL}= 7500W

$Longitud = 15m$

$e\% = 0{,}67\%$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{100 \times 7500W \times 15m}{58\frac{m}{\Omega * mm^2} \times (380V)^2 \times 0{,}67\%} = 2{,}004mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $2{,}004mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 2,5 mm^2, con una corriente admisible de 18 A para tres conductores.

Se procede a realizar la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 13{,}40 * 1{,}25 = 16{,}75A$$

$$I_P < I_{ADM}$$
$$16{,}75\ A < 18\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Aire acondicionado portátil:

Todas las habitaciones de la planta baja contarán con un aire acondicionado portátil, estas tienen las mismas características, es por ello que se decide tomar como referencia la longitud mayor para el cálculo de esa manera evitar repeticiones innecesarias.

Seguidamente se procede a realizar el cálculo de la sección del conductor:

DATOS

P_{TOTAL}= 1500W

$Longitud = 25m$

$e\% = 1\%$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 1500W \times 25m}{58\frac{m}{\Omega * mm^2} \times (220V)^2 \times 1\%} = 2{,}67mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de 2,67mm^2, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 4mm^2, con una corriente admisible de 25 A para tres conductores.

Se procede a la realización de la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 8{,}021 * 1{,}25 = 10{,}026A$$

$$I_P < I_{ADM}$$

$$10{,}026\ A < 25\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Cocina:

Debido a que se manejan valores muy semejantes de las variables para los cálculos a realizar, por lo tanto, se concluye realizar el cálculo con la mayor la mayor longitud de dicho sistema, evitando de esta forma realización repeticiones innecesarias.

DATOS

P_{TOTAL}=5000W

$Longitud = 14m$

$e\% = 1\%$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 5000W \times 14m}{58\frac{m}{\Omega * mm^2} \times (220V)^2 \times 1\%} = 4{,}98mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de 4,98mm^2, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 6mm^2, con una corriente admisible de 32 A para tres conductores.

Se procede a la realización de la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 26{,}73 * 1{,}25 = 33{,}42A$$

$$I_P < I_{ADM}$$

$$33{,}42 > 32\ A$$

No se verifica la desigualdad, debido a eso se procede a elegir el conductor inmediato superior de 10mm^2 con una corriente admisible de 44 A.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 26{,}73 * 1{,}25 = 33{,}42A$$

$$I_P < I_{ADM}$$

$$33{,}42 < 44\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Lavandería:

En la lavandería se cuenta con tres lavarropas industriales con las mismas características, por lo tanto, se decide tomar como referencia la mayor longitud del sistema, para realizar los cálculos.

DATOS

$$P_{TOTAL} = 1500W$$

$$Longitud = 13m$$

$$e\% = 1\%$$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 1500W \times 13m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (220V)^2 \times 1\%} = 1{,}39mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $1{,}39mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 1,5 mm^2, con una corriente admisible de 13,5A para tres conductores.

Se procede a la realización la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 8{,}021 * 1{,}25 = 10{,}02A$$

$$I_P < I_{ADM}$$

$$10{,}02\ A < 13{,}5\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Motor de agua:

La instalación cuenta con un motor de agua para el pozo artesiano.

DATOS

$$P_{TOTAL} = 1500W$$

$$Longitud = 10m$$

$$e\% = 1\%$$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 1500W \times 10m}{58 \frac{m}{\Omega * mm^2} \times (220V)^2 \times 1\%} = 1{,}06mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $1{,}06mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de 1,5 mm^2, con una corriente admisible de 13,5 A para tres conductores.

Se procede a la realización la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 8{,}021 * 1{,}25 = 10{,}026A$$
$$I_P < I_{ADM}$$
$$10{,}026\ A < 13{,}5A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Termocalefón para baños:

Los baños contaran con termocalefones eléctricos, estas tienen las mismas características, es por ello que se decide tomar como referencia la longitud mayor para el cálculo de esa manera evitar repeticiones innecesarias.

DATOS

$$P_{TOTAL} = 1500\text{W}$$
$$Longitud = 13m$$
$$e\% = 0.5\%$$

$$S = \frac{k \times P \times L}{\rho \times V^2 \times e\%} = \frac{200 \times 3000W \times 13m}{58\frac{m}{\Omega * mm^2} \times (220V)^2 \times 0{,}5\%} = 5{,}57mm^2$$

Debido a que no se encuentra disponible en el mercado un conductor de $5{,}57mm^2$, se seleccionará la sección inmediata superior según el [7]. La sección inmediata superior es de $6mm^2$, con una corriente admisible de 32 A para tres conductores.

Se procede a la realización de la siguiente verificación por corriente pico.

$$I_P = I_C * 1{,}25 = 16{,}04 * 1{,}25 = 20{,}05A$$
$$I_P < I_{ADM}$$
$$20{,}05\ A < 32\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores satisfacen las condiciones.

Con la verificación realizada, se comprueba que se cumple la desigualdad y se procede a la última verificación por cantidad de conductores en un ducto.

$$I_{ADM} * 0.66 > I_P > I_C$$
$$32\ A * 0{,}66 > 25\ A > 16{,}04\ A$$
$$21{,}12\ A > 25\ A > 16{,}04\ A$$

Se verifica que los cálculos realizados para el dimensionamiento de los

conductores satisfacen todas las condiciones.

B.2.4 COMPENSACIÓN REACTIVA

Según la tabla de corrección de factor de potencia, se obtuvo el factor multiplicador ¨f¨. Se puede observar la intersección entre el valor de $cos\ (\varphi)0{,}85$ actual y el cos φ 0,95 a ser corregida, se obtiene el valor de 0,317.

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

Figure 82: Tabla de factor k.

Potencia del transformador $P_A = 170\ KW$ Potencia del transformador.
Se procede a la realización del cálculo:

$$Q_T = 170000\ W \times 0{,}317$$
$$Q_T = 53{,}8\ KVAr$$

Debido a que no existe en el mercado un banco de capacitores de estas características se adoptó un banco de capacitores 58,3 KVAr. Basándonos en el catálogo de capacitores, se ha decidido instalar un banco de capacitores trifásicos dividido en
etapas, estos serán regulados por un regulador de factor de potencia de 12 etapas.

B.2.4.1 EQUIPOS SIMILARES A LAS QUE VAN A SER UTILIZADAS

www.weg.net

BCWA – Banco automático de capacitores trifásicos con protección

Línea de productos

BCWA - Banco automático de capacitores trifásicos con protección

Tensión nominal (V)	50 Hz		60 Hz		Capacitancia (uF)	Referencia	Código	Peso (kg)
	Potencia reactiva (kvar)	Corriente nominal I_n (A)	Potencia reactiva (kvar)	Corriente nominal I_n (A)				
220	16,7	43,7	20,0	52,5	365,4 x 3	BCWA20V25-V25	16308647	73
	25,0	65,6	30,0	78,7	548,1 x 3	BCWA30V25-V25	16308791	75
	33,3	87,5	40,0	105,0	730,7 x 3	BCWA40V25-V25	16308795	77
	41,7	109,3	50,0	131,2	913,4 x 3	BCWA50V25-V25	16308909	79
	50,0	131,2	60,0	157,5	1096,1 x 3	BCWA60V25-V25	16308912	81
	58,3	153,1	70,0	183,7	1278,8 x 3	BCWA70V25-V25	16308916	81
380	16,7	25,3	20,0	30,4	122,5 x 3	BCWA20V40-V25	16311944	73
	25,0	38,0	30,0	45,6	183,7 x 3	BCWA30V40-V25	16312320	75
	33,3	50,6	40,0	60,8	244,9 x 3	BCWA40V40-V25	16312749	77
	41,7	63,3	50,0	76,0	306,2 x 3	BCWA50V40-V25	16312753	79
	50,0	76,0	60,0	91,2	367,4 x 3	BCWA60V40-V25	16312756	81
	58,3	88,6	70,0	106,4	428,6 x 3	BCWA70V40-V25	16312901	81
	66,7	101,3	80,0	121,6	489,9 x 3	BCWA80V40-V25	16312906	83
	75,0	114,0	90,0	136,7	551,1 x 3	BCWA90V40-V25	16313030	85
	83,3	126,6	100,0	151,9	612,3 x 3	BCWA100V40-V25	16313037	87
	91,7	139,3	110,0	167,1	673,6 x 3	BCWA110V40-V25	16313165	89
	100,0	151,9	120,0	182,3	734,8 x 3	BCWA120V40-V25	16313199	89
440	16,7	21,9	20,0	26,2	91,3 x 3	BCWA20V49-V25	16344046	73
	25,0	32,8	30,0	39,4	137 x 3	BCWA30V49-V25	16344047	75
	33,3	43,7	40,0	52,5	182,7 x 3	BCWA40V49-V25	16344225	77
	41,7	54,7	50,0	65,6	228,4 x 3	BCWA50V49-V25	16344248	78
	50,0	65,6	60,0	78,7	274 x 3	BCWA60V49-V25	16344250	81
	58,3	76,5	70,0	91,9	319,7 x 3	BCWA70V49-V25	16344251	81
	66,7	87,5	80,0	105,0	365,4 x 3	BCWA80V49-V25	16344254	83
	75,0	98,4	90,0	118,1	411 x 3	BCWA90V49-V25	16344255	85
	83,3	109,3	100,0	131,2	456,7 x 3	BCWA100V49-V25	16344313	87
	91,7	120,3	110,0	144,3	502,4 x 3	BCWA110V49-V25	16344317	89
	100,0	131,2	120,0	157,5	548,1 x 3	BCWA120V49-V25	16344349	89
480	16,7	20,0	20,0	24,1	76,8 x 3	BCWA20V53-V25	16348664	73
	25,0	30,1	30,0	36,1	115,1 x 3	BCWA30V53-V25	16348666	75
	33,3	40,1	40,0	48,1	153,5 x 3	BCWA40V53-V25	16348667	77
	41,7	50,1	50,0	60,1	191,9 x 3	BCWA50V53-V25	16348755	78
	50,0	60,1	60,0	72,2	230,3 x 3	BCWA60V53-V25	16348757	81
	58,3	70,2	70,0	84,2	268,6 x 3	BCWA70V53-V25	16348878	81
	66,7	80,2	80,0	96,2	307 x 3	BCWA80V53-V25	16348881	83
	75,0	90,2	90,0	108,3	345,4 x 3	BCWA90V53-V25	16348882	85
	83,3	100,2	100,0	120,3	383,8 x 3	BCWA100V53-V25	16348883	87
	91,7	110,3	110,0	132,3	422,1 x 3	BCWA110V53-V25	16348884	89
	100,0	120,3	120,0	144,3	460,5 x 3	BCWA120V53-V25	16348885	89

48 | Productos para Correción del Factor de Potencia

Figure 83: Banco de compensación reactiva automático.

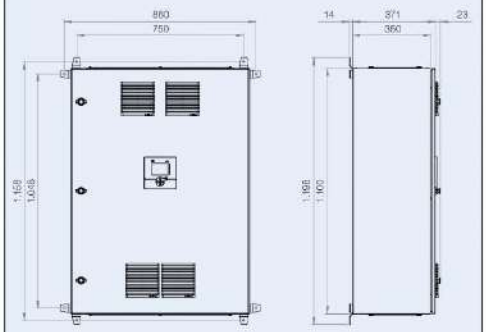
www.weg.net

BCWA – Banco automático de capacitores trifásicos con protección

Datos técnicos

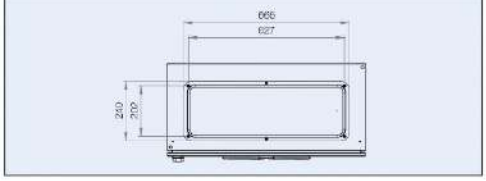
Características	
Fases	Trifásica
Conexión	Δ (Delta)
Potencia reactiva	20 a 120 kvar
Tensión nominal[1]	220, 380, 440 o 480 V
Frecuencia	50/60 Hz
Tolerancia de la capacitancia	±5%
Vida de servicio[2]	150.000h
Peso	73 a 89 kg
Dimensiones (H x A x P)	1.100 x 800 x 350 mm
Resistencia al impacto mecánico	IK-05
Color	RAL 7035 Gris
Consumo del circuito de control	< 50 W
Tensión del circuito de control[1]	220 V
Seguridad	
Capacidad de interrupción máxima de cortocircuito (I_{cu})	10 kA
Capacidad de interrupción de cortocircuito en servicio (I_{cs})	100% I_{cu}
Tensión de impulso nominal soportable	8 kV
Corriente *Inrush* máxima	≤ 10 x I_n

Dimensiones



Valores límite de operación	
Temperatura ambiente mínima	-5 °C
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Temperatura media máxima en 24h	+35°C
Altitud máxima[3]	2.000 m
Tensión máxima	1,1 x U_{RN}
Corriente máxima	1,3 x I_{RN}

Montaje



Circuito		Interruptor general AGW100				Interruptor general AGW250			
		Conexiones y terminales			Par (N-m)	Tipo y tamaño del terminal y del tornillo			Par (N-m)
Potencia	Fase[1] (R)	Ojal	M5	Phillips	5,4 a 7,3	Ojal	M8	Phillips	7,9 a 1,7
	Fase[2] (S)								
	Fase[3] (T)								
Aterramiento (PE)		Tubular	1/8"	Pin	1,2	Tubular	1/8"	Pin	1,2
Control	Fase (F)				0,4				0,4
	Neutro (N)				0,4				0,4
	TC_{is}				1,5				1,5
	TC_{ii}				1,5				1,5

Notas: 1) Para tensiones nominales y de control diferentes, consulte WEG.
2) Clase de temperatura del condensador -25/D.
3) Para aplicación en altitudes más altas, consulte WEG.
4) El funcionamiento con valores superiores a los nominales puede reducir la vida útil del producto.

Figure 84: Características técnicas y constructivas del banco automático.

www.weg.net

Panorama de la línea

Características generales		PFW - Controlador automático del factor de potencia				
Referencia		PFW03-M8	PFW03-M12	PFW03-M24	PFW03-T12	PFW03-T24
Código del material		14387138	14387141	14387143	14387080	14387086
Características mecánicas	Dimensiones - A x H x P (mm)	96 x 96 x 80	144 x 144 x 75	144 x 144 x 75	144 x 144 x 75	144 x 144 x 75
	Grado de protección	IP40 (frontal)[1]	IP40 (frontal)	IP40 (frontal)	IP40 (frontal)	IP40 (frontal)
	Tipo de pantalla	Cristal líquido LCD	Cristal líquido LCD	Cristal líquido LCD	Cristal líquido LCD	Cristal líquido LCD
Características generales	Sistema de medición	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Trifásica	Trifásica
	Número de etapas	8	12	24	12	24
	Contraseña configurable de acceso al teclado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Tipos de cargas de las etapas	Condensador 3Ø e condensador 1Ø	Condensador 3Ø, reactor/inductor 3Ø	Condensador 3Ø, reactor/inductor 3Ø	Condensador 3Ø, reactor/inductor 3Ø	Condensador 3Ø, reactor/inductor 3Ø
	Relé de alarma	2	2	2	2	2
	Sensor de temperatura	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Comunicación Modbus-RTU, puerto RS485 aislado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Lectura y registro de las potencias reactivas de las etapas	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Lectura e indicación de las conexiones eléctricas de la medición	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Monitoreo dinámico de los condensadores - DCM	No	Sí	No	Sí	No
	Calendario y reloj tiempo real	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Ajuste para 2 períodos del día con Cos φ distintos	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Grandezas eléctricas disponibles	Tensión (V); corriente (I); frecuencia (F)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Potencias (P; Q; S); demanda; energía; factor de potencia y Cos φ	Sí, excepto energías y demanda	Sí	Sí	Sí	Sí
	Distorsión arm. total (DHT) e individual (DH) de tensión y corriente	Solamente DHT (hasta el 51ª orden)	Sí (DH hasta 51ª)	Sí (DH hasta el 51ª)	Sí (DH hasta el 51ª)	Sí (DH hasta el 51ª)
	Lectura de energía directa y reversa	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Registro (memoria) de los valores de demanda últimos 3 meses		No	Sí	Sí	Sí	Sí
Registro (memoria) de las alarmas		No	50	50	50	50
Registros (memoria) de grandezas eléctricas y alarmas		No	Sí	Sí	Sí	Sí
Diag. fasorial; Tabla y gráfico de barras de armónicos		No	Sí	Sí	Sí	Sí
Certificación CE		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Nota: 1) El grado de protección del equipo es ampliado para IP66 con la instalación del accesorio membrana de silicona MBN96X96 código 14432877.

72 | Productos para Corrección del Factor de Potencia

Figure 85: Controlador de banco de compensación reactiva automáticos.

CWBC - Contactores para maniobra de condensadores

Tripolares de 17 A hasta 152 A (q = 55 °C)

I_e AC-6b (Tamb. = 55 °C) Ue<480 V A	Potencia reactiva para bancos de condensadores AC-6b (Tamb. = 55 °C) 220 V 230 V kvar	380 V 415 V kvar	440 V kvar	480 V kvar	660 V kvar	Contactos auxiliares integrados 13 14 NA	21 22 NF	Referencia para completar con la tensión de comando	Peso[2] kg
17	6	10	13	14	14	2	1	CWBC9-21-30♦	0.40
						1	2	CWBC9-12-30♦	
22	8	16	16	17	20	2	1	CWBC18-21-30♦	
						1	2	CWBC18-12-30♦	
28	11	20	23	25	30	2	1	CWBC25-21-30♦	0.45
						1	2	CWBC25-12-30♦	
40	15	25	30	33	40	2	1	CWBC32-21-30♦	
						1	2	CWBC32-12-30♦	
63	25	40	45	50	65	2	1	CWBC50-21-30♦	0.92
						1	2	CWBC50-12-30♦	
77	30	50	60	65	70	2	1	CWBC65-21-30♦	
						1	2	CWBC65-12-30♦	
115	40	75	80	85	85	2	1	CWBC95-21-30♦	1.66
						1	2	CWBC95-12-30♦	
152	50	100	115	120	105	2	1	CWBC125-21-30♦	
						1	2	CWBC125-12-30♦	

Sustituya "♦" por el código de la tensión de mando[1].

Corriente alterna (CWBC9...95)

Código	D02	D07	D13	D15	D17	D23	D24	D25	D33	D34	D35	D36	D39
V (50/60 Hz)	24	48	110	120	127	220	230	240	380	400	415	440	480

Corriente continua (CWBC9...65)

Código	C03	C07	C09	C12	C13	C15
V cc	24	48	60	110	125	220

Corriente alterna/ corriente continua con módulo electrónico (CWBC95/125)

Código	E04	E64	E65	E66
V ca (50/60 Hz) y V cc	24...60 V	48...130 V	110...255 V	250...500 V

Notas: 1) Otras tensiones bajo consulta.
2) Pesos para contactores con circuito de mando en corriente alterna. Para circuito de mando en corriente continua agregar 0,110 kg a los modelos CWBC9/18, 0,120 kg a los modelos CWBC25/32 y 0,060 kg a los modelos CWBC50/65 en corriente alterna. Para CWBC95 con módulo electrónico agregar 0,010 kg.

Figure 86: Contactores para protección de bancos de compensación reactiva.

B.2.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

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

Se realizaron las mediciones correspondientes y se obtuvo como resultado

ρa= 31,31 Ωm.

Fueron seleccionadas 4 jabalinas de $\frac{5}{8}$" de 2,40 m de longitud y conductor de 35mm^2 para la malla cuadrada.

Se realizaron los cálculos de resistencia para una jabalina, obteniendo los siguientes valores:

$\rho a = 31{,}31\Omega$

$l = 2{,}4\ m$

$\boldsymbol{r} = 0.007938$ m

$$R1 = \frac{\rho a}{2\pi l}\left|\ln(\frac{4l}{r}) - 1\right|$$

$$R1 = \frac{31{,}31}{2\pi \times 2.4}\left|\ln(\frac{4 \times 2.4}{0.007938}) - 1\right|$$

$$R1 = \ 14{,}7\ \Omega$$

Para 4 jabalinas según la tabla 21 $k4 = \ 1.4139$

$$\text{kn} = \frac{\text{k}_1}{\text{n}}$$

$$\text{kn} = \frac{1.4139}{4}$$

$$\text{kn} = \ 0.353475$$

$$\text{Rn} = \ \text{kn} \times \text{R}_1$$

$$\text{Rn} = 0.3535 \times \ 14.7$$

$$\text{Rn} = 5{,}19\ \Omega$$

$$R4 \ = \ k4.R1 = 5{,}054\ \Omega \ = \ Rh$$

Posteriormente, se calcula la resistencia de aterramiento.

$$R_a = \frac{\rho_a}{\pi \cdot l}\left[\ln(\frac{2 \cdot l}{\sqrt{D \cdot h}}) + k_1 \cdot \frac{l}{\sqrt{A}} - K_2\right]$$

Donde:

$$l = 30m$$

$$D = 0{,}00618m$$

$$h = 0{,}60m$$

$$k_1 = 1{,}34$$

$$k_2 = 5{,}31$$

$$R_a = \frac{31{,}31}{\pi \cdot 30}\left[\ln\left(\frac{2 \cdot 30}{\sqrt{0{,}00618 \cdot 0{,}60}}\right) + 1{,}34 \cdot \frac{30}{\sqrt{25}} - 5{,}31\right] = 3{,}19\Omega$$

Seguidamente se calcula la resistencia mutua entre las jabalinas

$$R_m = \frac{\rho_a}{\pi l}\left[\ln\left(\frac{2l}{l_e}\right) + k_1 \frac{l}{\sqrt{A}} - K_2 + 1\right]$$

Donde:

$$l_e = longitud\ total\ de\ las\ jabalinas$$

$$R_m = \frac{31{,}31}{\pi \cdot 30}\left[\ln\left(\frac{2 \cdot 30}{9{,}6}\right) + 1{,}34\frac{30}{\sqrt{25}} - 5{,}31 + 1\right] = 1{,}84\Omega$$

Finalmente se procede a calcular la resistencia total de las jabalinas:

$$R_T = \frac{R_a . R_h - R_{m^2}}{R_a + R_h - 2R_m}$$

$$R_T = \frac{3{,}19.5{,}054 - 1{,}84^2}{3{,}19 + 5{,}054 - \ 2 \cdot 1{,}84} = 2{,}79\Omega$$

Con este último cálculo se logra verificar que la malla elegida cumple con las condiciones necesarias.

B.2.5.1 RESULTADO DE MEDICIONES

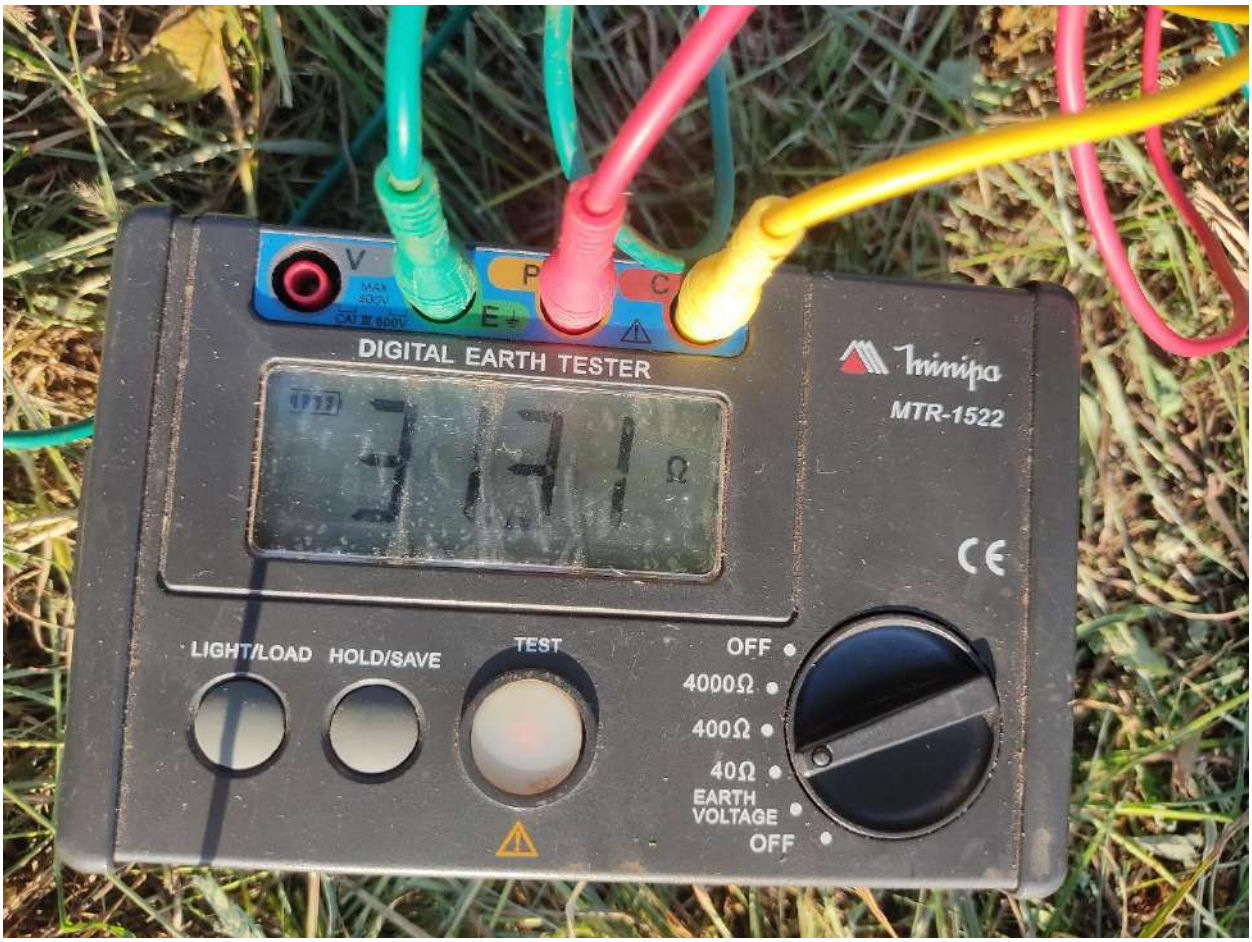


Figure 87: Resultado de las mediciones hechas para el sistema de puesta tierra.

B.2.5.2 CONDUCTORES DE TIERRA

Los cálculos de los conductores a utilizar como conductor de tierra en los circuitos y tableros correspondientes se hacen en base al Reglamento de Baja Tensión de la ANDE que en su ANEXO 9 nos presenta la siguiente tabla:

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO mm^2	SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE CONEXIÓN A TIERRA mm^2
1	1
2	2
4	2
6	4
10	4
16	6
25	10
35	10
50	16
70	25
95	35
120	35
150	50
185	50
240	70
300	95
400	120
500	150

Figure 88: Sección de conductor de tierra según la sección del conductor de fase.

B.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

B.3.1 EQUIPOS SIMILARES A LAS QUE VAN A SER UTILIZADAS

Figure 89: Acumulador de 250Ah 12v.

Figure 90: Regulador de 12/48 v.

Figure 91: Inversor de 10kVA.

Figure 92: Panel 150w.

B.4 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

B.4.1 PRESUPUESTO DE MATERIALES

MATERIALES PARA MEDIA TENSION				
Ítem	**Descripción**	**Cant.**	**Precio Uni.**	**Precio Subtotal**
1	ARANDELA CUADRADA DE 2"x2"x11/16" AC-5	5	3.200	16.000
	BULON CAB HX AC 1/2 x 4 1/2"	2	5.900	11.800
2	BULON CAB HX AC 5/8" X 9"	1	12.500	12.500
3	BULON CAB HX AC 5/8" X 6" 1/2"	1	11.000	11.000
4	CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu 70mm²	10	69.000	690.000
5	CABLE DESNUDO Cu duro 25 mm²	35	27.000	945.000
6	CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu 35mm²	15	18.000	270.000
7	CONECTOR A COMPRESON AL-CU 70/35-70/35 mm².	1	11.000	11.000
8	CRUCETA POLMERICA 3X4 x2,4m. M.T	2	260.000	520.000

9	HERRAJE PARA SECCIONADOR FUSIBLE NH	1	23.000	23.000
10	DESCARGADOR DE SOBRETENDON 23 KV MT	3	400.000	1.200.000
11	ELEMENTO FUSIBLE MT SA 5A	3	18.000	54.000
12	JABALINA CILINDRICA COBREADA	3	86.000	258.000
13	MANO FRANCESA P/ POSTE PA MT	2	74.000	148.000
14	PRENSA LINEA IVA P/ESTRIBO LINEA PROTEGIDA	2	61.000	122.000
15	PRENSA PARALELA CU 95/38mm	9	61.000	549.000
16	SECCIONADOR FUSIBLE MT 100A	3	51.900	155.700
17	SECCIONADOR FUSIBLE BT	6	792.000	4.752.000
18	SOPORTE PLANCHUELA 5/16"x3"	2	812.000	1.624.000
19	POSTE DE H A9-500	1	1.000.000	1.000.000
20	POLVO PARA SOLDADURA EXOTERMICA	2	32.000	64.000
21	TERMINAL, A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm²	9	37.000	333.000
TOTAL				**12.770.000**

Figure 93: Presupuesto de materiales para MT.

TOTAL, MEDIA TENSIÓN	
Transformador de 200kVA	48.000.000
TOTAL	**48.000.000**

Figure 94: Presupuesto de transformador de 200kVA

MATERIALES PARA BAJA TENSIÓN					
Ítem	**Material**	**Unidad**	**Cant.**	**Precio Uni**	**Precio SubTotal**
1	Reflector de 400W	un	20	230.000	4.600.000
2	tablero de 12 módulos	un	2	350.000	700.000
3	tablero de 6 módulos	un	1	200.000	200.000
4	Llave TM de 10 A monofásico	un	56	15.000	840.000
5	Llave TM de 16 A monofásico	un	59	18.000	1.062.000
6	Llave TM de 20A monofásico	un	15	25.000	375.000
7	Llave TM de 20A trifásico	un	5	35.000	175.000
8	Llave TM de 40 A monofásico	un	4	40.000	160.000
9	Llave TM de 320 trifásico	un	2	1.700.000	3.400.000
10	jabalina 5/8 de 2,40 metros	un	4	50.000	200.000
11	Cable de 4 mm2	m	3000	6.000	18.000.000
13	Cable de 35mm2	m	300	57.000	17.100.000
14	Equipo para compensación reactiva	gl	1	12.000.000	12.000.000
15	Lámparas fotovoltaicas	un	16	400.000	6.400.000
16	Toma corriente	un	66	25.000	1.650.000
17	Llave TM 63 A trifásico	un	6	320.000	1.920.000

18	Equipo paneles solares	gl	1	45.000.000	45.000.000
19	Caño Zincado	m	500	15.000	7.500.000
20	Lámpara led de 9 W	un	56	15.000	840.000
21	Lámpara led de 12 W	un	18	18.000	324.000
22	Lámpara led de 20 W	un	150	30.000	4.500.000
23	Lámpara led de 16 W	un	32	25.000	800.000
24	Lámpara led de 48 W	un	9	75.000	675.000
25	Reflector de 400W	un	20	230.000	4.600.000
26	Ventiladores de techo	un	75	500.000	37.500.000
TOTAL					**170.521.000**

Figure 95: Presupuesto de materiales pata BT.

B.4.2 PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

TOTAL MEDIA TENSIÓN	
Montaje del trasformador de 220kVA y estructura	10.000.000
TOTAL	**10.000.000**

Figure 96: Presupuesto de mano de obra en MT.

MANO DE OBRA BAJA TENSIÓN			
Descripción	**Cant.**	**Precio Uni.**	**Precio Subtotal**
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
Colocación de columnas para equipo de luminarias	20	2.500.000	50.000.000
Montaje de sistema de generación fotovoltaica	1	16.500.000	16.500.000
Montaje de sistema de compensación reactiva 66KVAR	1	48.000.000	48.000.000
Montaje de luminarias	350	85.000	29.750.000
Instalación de tableros seccionales	3	10.000.000	30.000.000
Montaje de interruptor	178	58.000	10.324.000
Ducteado	500	11.500	5.750.000
Instalación de ventiladores de techo	75	120.000	9.000.000
Circuitos independientes	58	65.000	3.770.000
TOTAL			204.094.000

Figure 97: Presupuesto de mano de obra en BT.