

Diseño de la Instalación del Uso Final Del Edificio Dirección Cultural

Jaybel Camilo Ramírez Rodríguez y Sergio Andrés Prada Téllez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Eléctrico

Director

Manuel José Ortiz Rangel

Magister en Ingeniería Eléctrica

Codirector

Gabriel Ordoñez Plata

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería eléctrica

Bucaramanga

2024

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera invaluable a la culminación de este proyecto académico. En primer lugar, quiero dedicar unas palabras llenas de amor y gratitud a mi querida madre, Rubiela Rodríguez, y a mi tía Juliana Rodríguez. Su apoyo incondicional, aliento constante y amor infinito fueron el motor que impulsó cada paso que di hacia la consecución de mis metas. Sin su guía y sacrificio, este logro no habría sido posible.

Agradezco también a mi director, José Manuel Ortiz, y a mi codirector, Gabriel, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de todo este proceso. Sus consejos sabios y su apoyo académico fueron fundamentales para dar forma y dirección a este trabajo de investigación.

A mis compañeros de carrera, quiero expresarles mi sincero agradecimiento por ser parte de este viaje. Sus contribuciones, debates y camaradería fueron esenciales en mi crecimiento académico y personal. En particular, agradezco a mis amigos del centro de estudios por su apoyo inquebrantable y sus ánimos constantes.

Un reconocimiento especial va para mis amigos César, José, Wendy y Daniela. Su amistad, comprensión y alegría compartida hicieron que este camino fuera más llevadero y memorable. A cada uno de ustedes, les agradezco de todo corazón por estar siempre presentes y por ser parte de este importante capítulo en mi vida.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a mi formación académica y personal. Este logro no solo es mío, sino de todos los que han sido parte de mi historia universitaria.

Jaybel Camilo Ramírez Rodríguez

Agradecimientos

Quisiera agradecer principalmente a mi familia, a mi papá Luis E. Prada, a mi mamá Zully Téllez, a mi hermana Laura, a mi abuela Olga, mi tía Adriana y a mi prima Juliana, que han sido un apoyo durante la carrera, a su vez dedicar esto a mi abuelo Nelson que en paz descanse, que lamentablemente no pudo acompañarme en esta etapa de mi vida.

Agradecer a mi director Manuel Ortiz, que siempre ha sido un maestro y un apoyo invaluable a lo largo de mi formación profesional brindando ayuda a lo largo de mi trayectoria como estudiante e ingeniero en formación, de igual forma agradecer al profesor Gabriel Ordoñez por las enseñanzas y apoyo a este proyecto.

Una mención especial a mis amigos que me ayudaron de diversas maneras a lo largo de mi paso por la universidad: Pedro, Camilo, Cesar, José, Valentina, Carlos, Silvia, Jhon, Angie, Elsyn, Juanes, Felipe, Juliam, Angela, Paula y Tatiana que me acompañaron durante este periodo y contribuyeron de alguna forma a mi formación.

Brindar un agradecimiento a la Dirección de Cultura UIS que abrieron un espacio en su lugar de trabajo para permitirnos trabajar, a Sandra, José, Chucho Nenma, Xiomara, Miguel y Juan un especial saludo.

Por último, agradecer a todas esas personas que con sus enseñanzas o su forma de ser aportaron a mi formación académica, profesional y personal, agradezco todo lo que hicieron a lo largo de estos últimos años, parte de estos logros son por ellos.

Sergio Andrés Prada Téllez

Tabla de Contenidos

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	14
1.1. Objetivo general	14
1.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación	15
2. Consideraciones para el Rediseño	15
2.1. Conceptos de iluminación	15
2.2. Conceptos de diseño	16
2.3. Criterios de diseño	18
2.4. Riesgos eléctricos	19
2.5. Clasificación y acciones para controlar el nivel de riesgo	24
2.6. Iluminación	25
2.7. Sistema de puesta a tierra	26
2.8. Sistema de protección contra rayos	26
2.9. Sistema de protecciones interno	27
2.10. Sistema de paneles fotovoltaicos	28
3. Información Preliminar	30
3.1. Planos eléctricos	30
3.2. Diagramas unifilares	31

3.3. Estado del sistema protección contra rayos	31
3.4. Tableros de baja tensión.....	31
3.5. Carga instalada en el edificio.....	33
3.6. Estado de la Iluminación.....	34
3.7. Estado del sistema de puesta a tierra.....	36
3.8. Registro fotográfico	36
4. Diseño Eléctrico.....	37
4.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	37
4.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protecciones.....	38
4.3. Análisis de cuadros de carga.....	39
4.4. Nivel de tensión	39
4.5. Selección del conductor	39
4.6. Cálculo de canalizaciones	40
4.7. Cálculo de regulación y pérdidas de energía	40
4.8. Diagrama unifilar	40
4.9. Planos eléctricos.....	41
4.10. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales	41
5. Diseño de Iluminación	43

5.1. Selección de luminarias 44

6. Presupuestos y Especificaciones Técnicas45

7. Conclusiones.....47

Referencias Bibliográficas 50

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Arcos eléctricos	20
Figura 2 Ausencia de electricidad (en determinados casos)	21
Figura 3 Campos electromagnéticos.....	21
Figura 4 Contacto directo	21
Figura 5 Contacto indirecto	22
Figura 6 Cortocircuito.....	22
Figura 7 Electricidad estática.....	22
Figura 8 Equipo defectuoso	23
Figura 9 Rayos	23
Figura 10 Sobrecarga.....	23
Figura 11 Tensión de contacto.....	24
Figura 12 Tensión de paso.....	24
Figura 13 Fotografía del tablero	32
Figura 14 Tablero de las oficinas.....	32
Figura 15 Tablero salones y pasillos.....	33
Figura 16 Cuadro de cargas cafetería	33
Figura 17 Cuadro de carga primer piso	34
Figura 18 Cuadro de cargas tablero oficinas	34
Figura 19 Iluminación de pasillos.....	35
Figura 20 Anomalías de iluminación.....	35
Figura 21 Tablero general.....	36

Figura 22 NTC 4552; Esquema para determinar el nivel de riesgo.....	38
Figura 23 Perfil de carga.....	41
Figura 24 Demanda Diaria Típica Vs. Generación FNC SF	42
Figura 25 Esquema general.....	43

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Factores de riesgo eléctrico más comunes	20
Tabla 2 Niveles de riesgo.....	24
Tabla 3 Anomalías	32

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos en el repositorio institucional.

Apéndice A. Fichas técnicas de diagnóstico

Apéndice B. Cuadro de cargas

Apéndice C. Cálculos de conductor

Apéndice D. Cálculos de regulación de tensión y perdidas de potencia

Apéndice E. Unifilares

Apéndice F. Propuesta de planos eléctricos

Apéndice G. Análisis de paneles solares

Apéndice H. Presupuesto

Apéndice I. Memorias de cálculo DIALUX

Apéndice J. Planos eléctricos actuales

Apéndice K. Registro Fotográfico

Resumen

Título: Diseño de la instalación del uso final del edificio dirección cultural.¹

Autores: Jaybel Camilo Ramírez Rodríguez, Sergio Andrés Prada Téllez.²

Palabras clave: Modernización, Instalaciones eléctricas, Normativas RETIE y RETILAP, Diseño detallado, Iluminación, Sistemas fotovoltaicos, Costos.

Descripción:

El propósito de la actualización eléctrica en la Dirección Cultural de la UIS es mejorar la seguridad y la eficiencia de la instalación eléctrica, con un énfasis particular en la distribución y la iluminación de las cargas. Además de cumplir con las regulaciones actuales de Colombia, como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado Público (RETILAP), este proyecto tiene como objetivo asegurar un funcionamiento óptimo de las instalaciones y una reducción significativa del consumo de energía.

El proyecto se ha organizado en varias fases fundamentales para alcanzar estos objetivos. Para evaluar el estado actual de la infraestructura eléctrica, se realizarán primero visitas técnicas detalladas. Para identificar las anomalías presentes y las áreas que requieren mejoras, estas visitas brindan una base de datos sólida para el diseño de las actualizaciones necesarias.

Además, existe la posibilidad de incorporar un sistema de paneles solares fotovoltaicos, lo cual ayudaría aún más a la protección del medio ambiente y a la disminución del consumo de energía.

Un perfil de carga detallado, estudios de la zona útil de la azotea del edificio y cálculos de la energía que se podría generar y amortiguar con la instalación de los paneles solares serán parte de la evaluación de la viabilidad de este sistema.

¹ Trabajo de grado

² Facultad Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Mg. Manuel José Ortiz Rangel. Codirector: Dr. Gabriel Ordoñez Plata.

Abstract

Title: Design of the electrical installation of the cultural directorate building.³

Authors: Jaybel Camilo Ramírez Rodríguez, Sergio Andrés Prada Téllez.⁴

Keywords: Modernization, Electrical installations, RETIE and RETILAP regulations, Detailed design, Lighting, Photovoltaic systems, Costs.

Description:

The purpose of the electrical update at the UIS Cultural Directorate is to improve the safety and efficiency of the electrical installation, with a particular emphasis on the distribution and lighting of loads. In addition to complying with current Colombian regulations, such as the Technical Regulations for Electrical Installations (RETIE) and the Technical Regulations for Lighting and Public Lighting (RETILAP), this project aims to ensure optimal operation of the installations and a significant reduction in energy consumption.

The project is organized into several fundamental phases to achieve these objectives. To assess the current state of the electrical infrastructure, detailed technical visits will first be conducted. These visits provide a solid database for designing the necessary updates to identify the present anomalies and the areas requiring improvements.

Additionally, the possibility of incorporating a photovoltaic solar panel system exists, which would further help protect the environment and reduce energy consumption. A detailed load profile, studies of the building's rooftop useful area, and calculations of the energy that could be generated and buffered with the installation of solar panels will be part of the feasibility evaluation of this system.

³ Bachelor Thesis

⁴ Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Mg. Manuel José Ortiz Rangel. Codirector: Dr. Gabriel Ordoñez Plata

Introducción

La Universidad Industrial de Santander (UIS), es una institución académica con más de 70 años de experiencia en la formación de profesionales y se enfrenta al desafío de modernizar sus instalaciones debido a deficiencias y obsolescencia en algunos de sus edificios. Estas condiciones pueden representar riesgos para la seguridad tanto del personal administrativo como de los estudiantes.

Específicamente, algunos sistemas eléctricos en los edificios no cumplen con las normativas actuales ni con las expectativas de uso final de la energía para los diversos ambientes de aprendizaje y de esparcimiento, lo que se traduce en espacios de trabajo y aulas que presentan un tipo de iluminación y distribuciones de cargas deficientes para su uso. En concordancia con la misión de la universidad de proporcionar entornos de aprendizaje y trabajo seguros y adecuados para el cumplimiento de la misión institucional, se ha propuesto una actualización del sistema eléctrico de uso final en el edificio de la Dirección Cultural.

Este edificio alberga cinco aulas, dos salas de exposiciones, una oficina principal, sala de oficinas común la cual es utilizada por siete trabajadores, una oficina auxiliar y áreas comunes. El enfoque del proyecto consiste en asegurarse de identificar las intervenciones mínimas necesarias para lograr el cumplimiento de las regulaciones colombianas vigentes, incluyendo el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado (RETILAP). Esto implica la realización de diseños básicos para:

1. Iluminación adecuada.
2. Distribución de tomacorrientes.

3. Evaluación de la viabilidad de sistemas fotovoltaicos (SFV).

El proyecto se desarrolló en estrecha colaboración con los funcionarios responsables de la administración del edificio y se han incluido cinco visitas técnicas para identificar las áreas problemáticas y recopilar las sugerencias del personal que utiliza las instalaciones. Cabe destacar que el estudio del sistema fotovoltaico (SFV) no solo se centra en la eficiencia energética, sino también en los aspectos ambientales y económicos para lograr una solución sostenible y rentable a largo plazo.

En proyectos de esta índole, la inversión inicial puede ser significativa; sin embargo, es imperativa debido a que la seguridad de las personas que ocupan y hacen uso de este edificio es innegociable. Este rediseño no solo busca mitigar consumos de energía asociados con fallas o uso ineficiente de equipos; sino también, mejorar la calidad del entorno del edificio de la Dirección Cultural. Además, se plantea una transición hacia fuentes de energía renovable, un paso necesario para contribuir al avance sostenible de nuestra comunidad en este aspecto.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Diseñar las instalaciones de uso final para el edificio Dirección Cultural de la UIS en el área de oficinas, salones y salas de exposiciones; buscando la reducción del consumo de la red mediante la incorporación de paneles solares y actualización de sistema eléctrico a las normativas y estándares actuales.

1.2. Objetivos específicos

Rediseñar el sistema de iluminación tanto para iluminaciones externas, internas y de luces de emergencias, para asegurar el correcto funcionamiento a lo largo de la vida útil, teniendo en cuenta la normativa colombiana RETILAP.

Realizar estudios de prefactibilidad de la incorporación de un sistema PV, para la reducción del consumo de la red, tomando en cuenta criterios financieros, estructurales y normativos

Rediseñar la instalación eléctrica para asegurar el correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil y la incorporación de un sistema PV, tomando en cuenta la normativa colombiana y el estudio de prefactibilidad.

Elaborar los presupuestos detallados y las especificaciones técnicas del diseño eléctrico con el propósito de determinar el costo total del proyecto

1.3. Justificación

Dadas las necesidades actuales para optimizar el funcionamiento de las instalaciones eléctricas, el edificio de Dirección Cultural requiere implementar un nuevo diseño de instalación eléctrica que cumpla con todos los estándares y normativas vigentes en Colombia, incluyendo el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, el Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado Público (RETILAP), y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Este diseño garantizará la prestación de un servicio de calidad, fiable y seguro tanto para la comunidad estudiantil como para los trabajadores.

En el presente trabajo de grado, se propone una solución de diseño para abordar las problemáticas identificadas en el edificio de Dirección Cultural. Para ello, se llevaron a cabo visitas técnicas que permitieron evaluar el estado actual de la infraestructura eléctrica y registrar las anomalías encontradas. Con base en esta información, se desarrolló un diseño que cumple con las normativas mencionadas, incluyendo las memorias de cálculo correspondientes. Finalmente, se elaboró un presupuesto de inversión detallado para la implementación del proyecto.

2. Consideraciones para el Rediseño

2.1. Conceptos de iluminación

Definiciones tomadas de RETILAP libro 1 ASPECTOS GENERALES TÍTULO

- Iluminancia: Densidad de área del flujo luminoso incidente en un punto de una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).
- Luminancia: En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado (cd/m^2).
- Flujo Luminoso: Generación de radiación visible de una fuente luminosa por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).
- Uniformidad: Temperatura del color: Temperatura absoluta de un cuerpo negro que al ser calentado a una determinada temperatura adquiere una cromaticidad igual a la que tiene la fuente luminosa. Se mide en Kelvin (K).
- Eficacia Luminosa: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa o luminaria y la potencia consumida por la misma. Se expresa en lúmenes/vatio (lm/W). El término eficacia luminosa se puede aplicar a un solo componente, múltiples componentes, o en conjunto con cualquier equipo de control eléctrico asociado. El usuario deberá indicar si el valor expresado se refiere a la fuente, o a una luminaria completamente ensamblada.

2.2. Conceptos de diseño

Definiciones tomadas de RETILAP libro 1 ASPECTOS GENERALES TÍTULO

- Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.
- Canalizaciones: Canales de materiales metálicos o no metálicos, diseñados para alojar alambres, cables o barras.
- Carga: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.
- Capacidad de corriente: Corriente máxima que transporta continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.
- Capacidad o potencia instalada: Es la carga instalada o capacidad nominal que puede soportar el componente limitante de una instalación o sistema eléctrico. Esta capacidad la debe determinar el diseñador.
- Impacto ambiental: Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.
- Nivel de riesgo: Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.
- Plano eléctrico: Representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.
- Puesta a tierra: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las

corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

- Reglamento técnico: Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.
- Sistema solar fotovoltaico – SSFV: Total de los componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica.
- Sistema de potencia aislado – IT: Un sistema con el punto neutro aislado de tierra o conectado a ella a través de una impedancia. Cuenta con un transformador y un monitor de aislamiento. Se utiliza especialmente en centros de atención médica, minas, embarcaciones, vehículos, ferrocarriles y plantas eléctricas.
- Sistema de protección contra rayos: Sistema con el que se puede alcanzar un alto grado de seguridad para las personas y confiabilidad para los equipos.
- Sistema de puesta a tierra – SPT: Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.
- Tablero: Combinación de uno o varios dispositivos de conmutación de baja tensión con los elementos asociados de control, de medición, de señalización, de protección, de regulación con todas sus conexiones internas, mecánicas y eléctricas y sus partes estructurales.

2.3. Criterios de diseño

Se determinaron tres criterios fundamentales que guiaron todas las fases del diseño, basándose en la información recopilada durante las cinco visitas técnicas y las normativas colombianas vigentes en instalaciones eléctricas:

- **Seguridad para el Usuario:** Para reducir los niveles riesgos y proteger a los usuarios, es fundamental cumplir con las normas como NTC 2050, RETILAP y RETIE.
- **Eficiencia Energética:** El diseño debe asegurar que el edificio pueda suplir totalmente la energía demandada por los usuarios sin inconvenientes en el suministro eléctrico. Esto implica la selección de equipos y sistemas energéticamente eficientes, la optimización del consumo de energía y la implementación de nuevas tecnologías que contribuyan a la reducción del consumo energético global del edificio.
- **Durabilidad:** Todas las instalaciones deben cumplir con las normas y estándares de calidad. Además, para asegurar el buen desempeño de los equipos a lo largo del tiempo, se debe establecer un programa de mantenimiento regular y llevar un registro detallado de su funcionamiento. Esto incluye elegir materiales y componentes de alta calidad para que puedan resistir las condiciones operativas del edificio y minimizar la necesidad de reemplazos frecuentes.

2.4. Riesgos eléctricos

Todas las instalaciones eléctricas conllevan un riesgo implícito, y aunque es imposible eliminar completamente todos los peligros potenciales, es responsabilidad de los ingenieros electricistas minimizar tanto la cantidad de riesgos como la frecuencia con la que ocurren.

El primer paso es identificar y clasificar los diferentes tipos de riesgos eléctricos, organizándolos en una tabla que refleje el nivel de peligro que representan para las personas expuestas. Esta identificación y clasificación de riesgos se basará en las medidas preventivas

recomendadas por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia. En la siguiente tabla, se presentan los factores de riesgo más comunes junto con sus posibles causas:

Tabla 1

Factores de riesgo eléctrico más comunes

Figura 1
Arcos eléctricos



Posibles causas: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de transformadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.

Medidas de protección: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra los rayos ultravioletas.

Figura 2

Ausencia de electricidad (en determinados casos)



Posibles causas: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.

Medidas de protección: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

Figura 3

Campos electromagnéticos



Posibles causas: Falla en el diseño, violación de anchos de zonas de servidumbre, mediciones con equipo no calibrado.

Medidas de protección: Respetar los anchos de zonas de servidumbre y los valores de límites de exposición a campos electromagnéticos.

Figura 4

Contacto directo



Posibles causas: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

Medidas de protección: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento

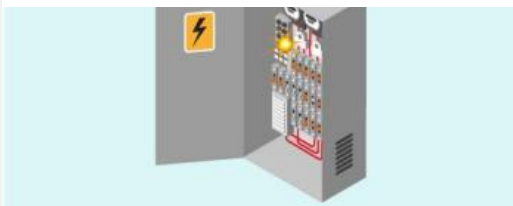
Figura 5
Contacto indirecto



Posibles causas: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

Medidas de protección: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

Figura 6
Cortocircuito



Posibles causas: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

Medidas de protección: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

Figura 7
Electricidad estática



Posibles causas: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

Medidas de protección: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos

Figura 8
Equipo defectuoso



Posibles causas: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

Medidas de protección: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

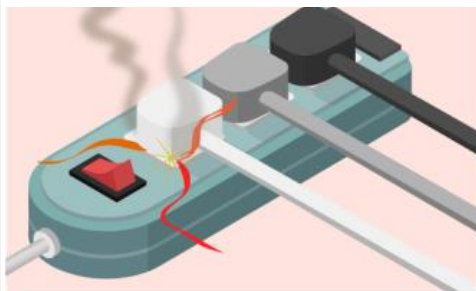
Figura 9
Rayos



Posibles causas: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.

Medidas de protección: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.

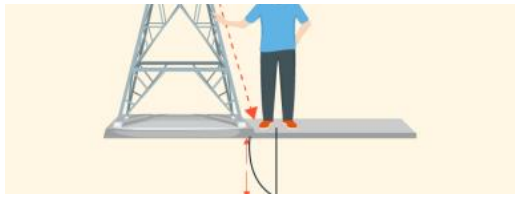
Figura 10
Sobrecarga



Posibles causas: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

Medidas de protección: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

Figura 11
Tensión de contacto



Posibles causas: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

Medidas de protección: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

Figura 12
Tensión de paso



Posibles causas: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,

Medidas de protección Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

2.5. Clasificación y acciones para controlar el nivel de riesgo

La Tabla 2 muestra las decisiones y acciones aplicables a los niveles de riesgo para minimizarlos, que se muestran en el artículo 9 del RETIE.

Tabla 2

Niveles de riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	<p>Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volverlo a valorar en grupo, hasta reducirlo.</p> <p>Requiere permiso especial de trabajo.</p>	<p>Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).</p>

	ALTO	<p>Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. De mostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.</p> <p>Requiere Permiso especial de trabajo</p>	<p>El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.</p>
	MEDIO	<p>Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).</p> <p>Requiere permiso de trabajo.</p>	<p>El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.</p>
	BAJO	<p>Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.</p> <p>No requiere permiso especial de trabajo.</p>	<p>El líder del trabajo debe verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué puede salir mal o fallar? - ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? - ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Nota: Esta tabla fue tomada de Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Ministerio de Minas y Energía, 2024a)

2.6. Iluminación

En la actualidad, un sistema de iluminación adecuado es fundamental en cualquier edificio, ya que facilita el desarrollo de diversas actividades dentro del mismo. Este edificio, en particular, es utilizado para el funcionamiento de oficinas de dirección cultural, la realización de clases, y la operación de dos salas de ensayo. Por lo tanto, es crucial considerar las diferentes necesidades de iluminación específicas para cada zona. Según la tabla 410.1 del RETILAP, se deben cumplir con

los niveles de iluminación estandarizados de acuerdo con las tareas desempeñadas en las áreas designadas, garantizando así un entorno seguro y eficiente para todos los usuarios.

2.7. Sistema de puesta a tierra

Toda instalación eléctrica debe tener un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), a menos que la norma técnica disponga lo contrario. En caso de falla, este sistema es esencial para evitar que las personas, tanto dentro como fuera de la instalación, sean expuestas a tensiones de paso, de contacto o transferidas que superen los umbrales de seguridad. La normativa exige que las instalaciones eléctricas, así como los soportes o estructuras metálicas susceptibles a sobretensiones temporales, cuenten con una puesta a tierra adecuada para prevenir fallas permanentes entre la estructura puesta a tierra y la red a frecuencia industrial.

Los objetivos de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT) incluyen la compatibilidad electromagnética, la protección de las instalaciones y la seguridad de las personas. El propósito principal de un SPT, de acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía (2024a) es:

- Asegurando la seguridad de los seres vivos.
- Permita que los equipos de protección reparen las fallas rápidamente.
- Servir como punto de referencia para el sistema eléctrico.
- Conducción y disipación efectiva de corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de ondas medias y largas de radiofrecuencia.
- Realizar una conexión de baja resistencia con los puntos de referencia del equipo y la tierra.

2.8. Sistema de protección contra rayos

La protección externa de una estructura tiene como objetivo interceptar los rayos directos que se dirijan a la estructura, incluidos los que impacten sus lados, y conducir de manera segura la corriente del rayo desde el punto de impacto hasta la tierra. Tres componentes principales componen el sistema de protección externa:

El sistema de captación es responsable de bloquear el impacto del rayo. Las bayonetas (incluyendo mástiles auto soportados), los cables colgantes y las mallas de conductores pueden formar parte de este sistema.

El sistema de conductores bajantes dirige la corriente del rayo hacia el sistema de puesta a tierra de manera segura. Este sistema está formado por varillas o conductores de metal que conectan el sistema de puesta a tierra con el sistema de captación.

El sistema de puesta a tierra es responsable de dispersar y disipar la corriente del rayo en el terreno de manera adecuada. Este sistema consta de un conjunto de conductores y electrodos que están enterrados en el suelo (Ministerio de Minas y Energía, 2024a)

2.9. Sistema de protecciones interno

El objetivo de un sistema eléctrico de protecciones, y su coordinación es: prevenir accidente de las personas, minimizar daños a los componentes del sistema eléctrico o a los bienes de su entorno, limitar la extensión y duración de las interrupciones del servicio por fallas en la instalación o en los equipos; atenuar los efectos que ocurran en cualquier parte de la instalación, bien sea por errores humanos en la operación y mantenimiento o por condiciones adversas de la naturaleza.

El estudio de coordinación de protecciones utilizadas en instalaciones eléctricas debe cumplir los siguientes requisitos:

Cuando las protecciones actúen en cascada deben ser debidamente coordinadas. Estas deben proteger y aislar la zona fallada, y su coordinación debe ser de tal forma, que la actuación de una de ellas no aumente o extienda dicha zona o los efectos de la falla.

De la instalación y coordinación de protecciones se debe dejar registros en el manual de operación de la instalación; estos podrán ser consultados por inspectores y autoridades de control y vigilancia.

Los operadores de centrales de generación, líneas de transmisión, subestaciones de uso general y redes de distribución, deben establecer planes de mantenimiento, verificación de la funcionalidad, coordinación y reposición de las protecciones; de dichos planes y su cumplimiento se deben dejar los registros que permitan conocer su trazabilidad.

Para verificar la funcionalidad de las protecciones se debe recurrir a pruebas físicas o a simulaciones; donde lo amerite, se debe contar con una hoja de vida de la protección que permita ver la trazabilidad en sitio.

El operador de red deberá poner a disposición de los diseñadores en caso de que sea necesario, las curvas y demás características de los dispositivos de protección de las redes eléctricas, fundamentales para realizar un estudio de coordinación de protecciones adecuado.

Para la selección del dispositivo de protección de sobrecorriente principal (en el Tablero General) el diseñador debe conocer los valores de la máxima Corriente asimétrica de falla y la máxima Potencia de cortocircuito en dicho punto, los cuales deben ser suministrados por el operador de red. (Ministerio de Minas y Energía, 2024a)

2.10. Sistema de paneles fotovoltaicos

Según la Unidad de Planeación Minero-Energetica (UPME):

[...] en Colombia existían más de 20 proyectos solares a gran escala a finales del 2022 y existen también iniciativas de incorporar esta tecnología en cuanto autogeneración. Así mismo, se evidencia un esfuerzo por llevar tecnologías limpias a lugares de difícil acceso o incluso sin acceso a energía”. La Ley 1715 de 2014, promulgada con el fin de aumentar la diversidad de las fuentes de energía del país, ha contribuido a este aumento. Esta ley fomenta la incorporación de fuentes de energía no convencionales, particularmente renovables, en el sistema energético del país. (p. 33, 2022)

Beneficios Económicos: La generación de energía solar reduce la dependencia de la red eléctrica, lo que significa que puede ahorrar dinero en su factura de electricidad.

Beneficios Ambientales: Los SFV contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al generar energía limpia y renovable. Esto apoya los esfuerzos globales para combatir el cambio climático.

Beneficios Técnicos: Los SFV mejoran la seguridad energética al diversificar las fuentes de suministro y proporcionar una fuente de energía independiente y confiable.

Beneficios Sociales: aumentar la conciencia ambiental y educar a la comunidad sobre la importancia de las energías renovables se logra mediante la implementación de tecnologías sostenibles como los SFV.

Beneficios Tributarios: Existen múltiples ventajas tributarias para la implementación de paneles solares y otras fuentes no convencionales de energía en Colombia, como la posibilidad de depreciar el 100% del valor de la inversión en un lapso de 5 años a través de un sistema de depreciación acelerada; la exención de aranceles para la importación de maquinaria; y la deducción

del 50% del valor de las inversiones en el impuesto sobre la renta. Estos incentivos tienen como objetivo promover la implementación de energías renovables y disminuir los costos operativos.

3. Información Preliminar

Se realizaron cinco visitas técnicas para evaluar el estado de las instalaciones eléctricas y el sistema de iluminación del edificio después de que se aprobara el proyecto. Durante estas visitas, se entrevistaron al personal administrativo y docente para comprender mejor las preocupaciones de los usuarios del edificio e incluirlas en el nuevo diseño.

Se descubrieron anomalías en las instalaciones las cuales se registraron en las fichas de diagnóstico que se encuentran repartidas entre:

- FICHA DE ILUMINACION
- FICHA SOBRE ANOMALIAS EN TOMAS
- FICHA SOBRE EL TABLERO DE DISTRIBUCION OFICINAS
- FICHA SOBRE TOMAS MAL INSTALADOS
- FICHA SOBRE TUBERIA PVC

Estas anomalías se encuentran detalladas en las memorias de cálculo Apéndice A.

El edificio necesita un sistema de iluminación eficiente y un sistema de iluminación de emergencia, del cual actualmente carece. Tanto el personal administrativo como los estudiantes que realizan ensayos de noche necesitan este tipo de iluminación. En esta situación, se requiere una revisión completa de las instalaciones eléctricas y de la iluminación para abordar y garantizar la seguridad y la funcionalidad del edificio.

3.1. Planos eléctricos

Se solicitó a Planeación los planos eléctricos del edificio de Dirección Cultural con el fin de recopilar información sobre los sistemas eléctricos. En respuesta, se obtuvieron diseños del año

2005, los cuales se incluyen en el Apéndice J. Como parte de las visitas técnicas, se comparó la información de los planos con las condiciones actuales del edificio, que incluyen nuevas cargas, circuitos adicionales instalados y cambios en el sistema de iluminación. Para reflejar estas modificaciones, los planos se actualizaron utilizando la herramienta de dibujo AutoCAD.

3.2. Diagramas unifilares

Se solicitó a la División de Planta Física el diagrama unifilar de la instalación eléctrica. En respuesta, se proporcionaron los diagramas unifilares junto con los planos eléctricos de las instalaciones. Dado que estos documentos eran esenciales para caracterizar adecuadamente la instalación eléctrica, permitiendo visualizar la configuración de los sistemas y la distribución de los circuitos en los tableros de distribución de baja tensión, procedimos a actualizarlos.

El nuevo diagrama unifilar se creó utilizando la herramienta de dibujo AutoCAD, incorporando las observaciones realizadas durante las visitas técnicas. Este diagrama actualizado incluye detalles sobre las acometidas, tableros de distribución de baja tensión, protecciones y cargas, proporcionando una representación precisa y actualizada de la instalación eléctrica del edificio.

3.3. Estado del sistema protección contra rayos


En la visita técnica no se encontraron puntas captadoras, bajantes, conductores de enlace ni puentes de conexión equipotencial para un sistema de puesta a tierra durante la revisión técnica. Se confirmó en la entrevista con el encargado del edificio que el edificio nunca ha tenido un sistema de apantallamiento para redirigir las descargas atmosféricas a la tierra. Esta ausencia pone en riesgo a las personas y equipos del edificio. Se llevará a cabo un estudio como parte de este proyecto para evaluar la existencia y el nivel de riesgo asociado con la falta de dicho sistema.

3.4. Tableros de baja tensión

El edificio cuenta con dos tableros de distribución, los cuales se detallan en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Anomalías

Tablero	Registro Fotográfico	Comentarios
Cafetería	<p>Figura 13 <i>Fotografía del tablero</i></p> 	<p>Este tablero, ubicado en la cafetería en las afueras del edificio, es una derivación del tablero principal de los salones. Durante la inspección, se detectaron las siguientes anomalías significativas. En primer lugar, el tablero carece de tapa, lo que significa que se encuentra expuesto y sin protección adecuada. Además, los circuitos ramales no cuentan con ninguna asignación específica, lo que dificulta la identificación y gestión de las conexiones eléctricas. Asimismo, el tablero no dispone de un diagrama unifilar.</p>
Oficinas	<p>Figura 14 <i>Tablero de las oficinas</i></p> 	<p>Este tablero, el más antiguo del edificio, muestra anomalías y discrepancias con la normativa técnica actual, como la ausencia de un diagrama unifilar, la falta de etiquetas en las protecciones y el incumplimiento del código de colores. Las anomalías y discrepancias se detallan en las fichas técnicas anexas.</p>

Salones y pasillos

Figura 15
Tablero salones y pasillos



Este tablero controla la electricidad de los cuatro baños del edificio, los pasillos del primer y segundo piso y los cinco salones. El tablero no cuenta un diagrama unifilar, pero tiene etiquetas que indican los circuitos que controla. Sin embargo, esta información es antigua porque los circuitos mencionados no corresponden a las áreas mencionadas.

3.5. Carga instalada en el edificio

Es las visitas técnicas se registró toda la carga del edificio como son los sistemas de iluminación, algunos equipos de sonido implementados en los salones, equipos comunes en área de oficinas como computadores, impresoras, nevera, cafetera y en el edificio se encuentra una pequeña cafetería que solo es usada en los días de presentaciones. toda la carga del edificio esta suplida por 3 tableros de distribución los cuales fueron registrados en cuadros de cargas.

Figura 16

Cuadro de cargas cafetería

CUADRO DE CARGAS TABLERO CAFETERIA																
Codigo	CIRCUITOS			Descripción	Viene de:		Ducto de la Acometida		Sistema C.A		Tensiones			Carga Inst.		
	R	S	T		Medidor de Energia	1/2"	EMT	Trifásico 4H	120 V	240 V	208 V	2.600 kVA				
				Tomas [VA]	Iluminación [VA]		OTRAS CARGAS		POT.	POTENCIA (VA)			Corriente Nominal (A)			
									VA	R	S	T	R	S	T	
I	1			Circuito 1	180	13	20	40	2000	-	240	240		2.0		
E		2		Circuito 2					1		2000	2000		16.7		
T	3			Circuito 3	2						360	360		3.0		
R		4		Circuito 4							0					
R	5			Circuito 5							0					
R		6		Circuito 6							0					

Figura 17

Cuadro de carga primer piso

CUADRO DE CARGAS TABLERO PRIMER PISO																							
Codigo	Tablero			Viene de:			Ducto de la Acometida			Sistema C.A			Tensiones			Carga Inst.							
	Trifásico			Parcial			TABLERO GENERAL			1/2"			EMT			Trifásico 4H			120 V 240 V 208 V			16.866 kVA	
	CIRCUITOS			Descripción	Tomas [VA]			Iluminación [VA]			OTRAS CARGAS			POT.			POTENCIA (VA)			Corriente Nominal (A)			Protección
R	S	T	180		13	20	40	2600	-	VA	R	S	T	R	S	T	R	S	T				
T			1	Circuito 1	15								2700			2700			22.5	30	Monofásico		
I			2	Circuito 2				48					1920			1920			16.0	30	Monofásico		
I	3			Circuito 3	2	8							464	464				3.9		15	Monofásico		
I	4			Circuito 4			40						1600	1600				13.3		15	Monofásico		
T		5		Circuito 5	13								2340		2340				19.5	30	Monofásico		
E		6	7	Circuito 6						1			2600		1300	1300			10.8	15	Bifásico		
R				Circuito 7									0										
R				Circuito 8									0										
I	10			Circuito 10			20						400	400				3.3		15	Monofásico		
T		11		Circuito 11	11								1980		1980				16.5	30	Monofásico		
T		12		Circuito 12	11								1980		1980				16.5	30	Monofásico		
I			13	Circuito 13	2	10	4						570		570				4.8	15	Monofásico		
I			14	Circuito 14		12							156		156				1.3	15	Monofásico		
I		15		Circuito 15		8							104		104				0.9	15	Monofásico		
I		16		Circuito 16		4							52		52				0.4	15	Monofásico		
R				Circuito 17									0										
R				Circuito 18									0										

Figura 18

Cuadro de cargas tablero oficinas

CUADRO DE CARGAS TABLERO OFICINAS																							
Codigo	Tablero			Viene de:			Ducto de la Acometida			Sistema C.A			Tensiones			Carga Inst.							
	Trifásico			Parcial			Medidor de Energía			1/2"			EMT			Trifásico 4H			120 V 240 V 208 V			8.035 kVA	
	CIRCUITOS			Descripción	Tomas [VA]			Iluminación [VA]			OTRAS CARGAS			POT.			POTENCIA (VA)			Corriente Nominal (A)			Protección
R	S	T	180		13	20	40	-	-	VA	R	S	T	R	S	T	R	S	T				
I			1	Circuito 1		3							39			39			0.3	15	Monofásico		
I			2	Circuito 2		9		8					437			437			3.6	15	Monofásico		
I			3	Circuito 3		3		6					279			279			2.3	15	Monofásico		
I	4			Circuito 4		19							247	247					2.1	15	Monofásico		
I	5			Circuito 5	4	1							733	733					6.1	15	Monofásico		
T			6	Circuito 6	8								1440			1440			12.0	15	Monofásico		
T	7			Circuito 7									0										
I			8	Circuito 8	6								1080			1080			9.0	15	Monofásico		
I			9	Circuito 9									0										
C	10			Circuito 10	11								1980	1980					16.5	20	Monofásico		
T			11	Circuito 6	5								900	900					7.5	15	Monofásico		
T		12		Circuito 12	5								900		900				7.5	15	Monofásico		
R	13			Circuito 13									0										
R	14			Circuito 14									0										
R		15		Circuito 15									0										
R		16		Circuito 16									0										
R			17	Circuito 17									0										
R			18	Circuito 18									0										

3.6. Estado de la Iluminación

Durante la visita técnica se examinaron todos los salones, las oficinas y las salas de exposiciones afectadas por el deficiente sistema de iluminación, especialmente en los pasillos, como se puede apreciar en la figura 1. Esta situación representa un riesgo significativo para la seguridad de las personas que frecuentan el edificio, especialmente considerando que los estudiantes realizan ensayos en horarios nocturnos. Además, el edificio no cuenta con luces de emergencia, lo que agrava el riesgo en caso de una ausencia del suministro de energía. También

se encontraron luminarias no operativas tanto en las aulas como en la zona de oficinas. Estas anomalías se detallan con mayor precisión en las fichas técnicas incluidas en los apéndices.

Figura 19

Iluminación de pasillos

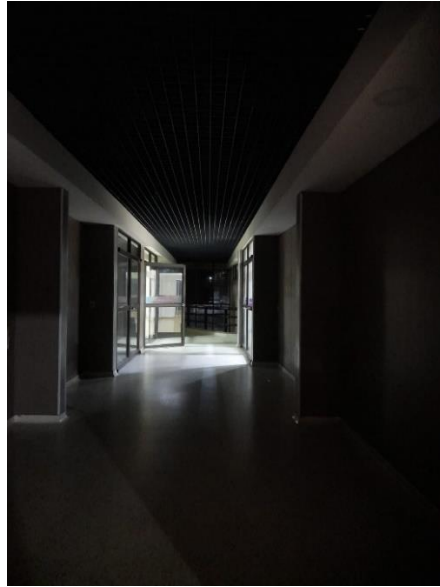


Figura 20

Anomalías de iluminación



3.7. Estado del sistema de puesta a tierra

Para obtener información sobre el Sistema de Puesta a Tierra (SPT), se entrevistó al técnico responsable del edificio, quien ha trabajado durante 40 años en el sistema eléctrico del mismo. El técnico indicó que existe la malla de puesta a tierra, aunque no se dispone de documentos que indiquen la ubicación o las mediciones correspondientes al terreno. Por tanto, Durante la visita técnica, también se inspeccionaron los tableros eléctricos del edificio. Se verificó que todos los tableros, tanto los generales como los de baja tensión, estuvieran conectados correctamente al sistema de puesta a tierra. Como se ilustra en la **Figura 21**, esta inspección es esencial para garantizar la seguridad y la funcionalidad del SPT.

Figura 21

Tablero general



3.8. Registro fotográfico

Las cinco visitas técnicas fueron registradas a través de imágenes, lo que permite visualizar en detalle los resultados obtenidos. El Apéndice K contiene 115 fotografías tomadas durante la visita técnica.

4. Diseño Eléctrico

El presente capítulo describe los parámetros del diseño eléctrico para el edificio de dirección cultura, siguiendo la normativa establecida en el RETIE.

4.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

Para este apartado se realizaron cinco fichas técnicas con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas, y tener mejor organizados las cosas en la infraestructura del edificio, las fichas técnicas se basaron en los siguientes criterios:

- Información general: proporciona información básica sobre el espacio inspeccionado, como su ubicación, nombre, área y uso. También incluye información sobre la infraestructura eléctrica existente en el espacio, como tableros de distribución, iluminación, tomacorrientes, rutas de canalización y transformadores.
- Diagnóstico: detalla el estado de la instalación eléctrica actual.
- Pronóstico: describe lo que podría suceder si el diagnóstico indica un mal estado operativo o un incumplimiento de normas técnicas y la instalación sigue funcionando en esas condiciones.
- Control del diagnóstico: especifica el procedimiento a seguir para corregir las anomalías técnicas identificadas en el diagnóstico si se descubren. Si se trata de anomalías que representen un riesgo inminente para las personas o el equipo, se deben realizar las correcciones lo más rápido posible.
- En caso de anomalías técnicas en la instalación, el referente técnico por anomalías debe citar los reglamentos técnicos que se están incumpliendo.
- El registro fotográfico muestra imágenes de las anomalías técnicas que se descubrieron en el diagnóstico.

- Recomendaciones adicionales: propone alternativas de mejoramiento y crecimiento que exceden las sugerencias realizadas en el control al diagnóstico. El dueño o responsable de la instalación puede decir si acata las recomendaciones adicionales.

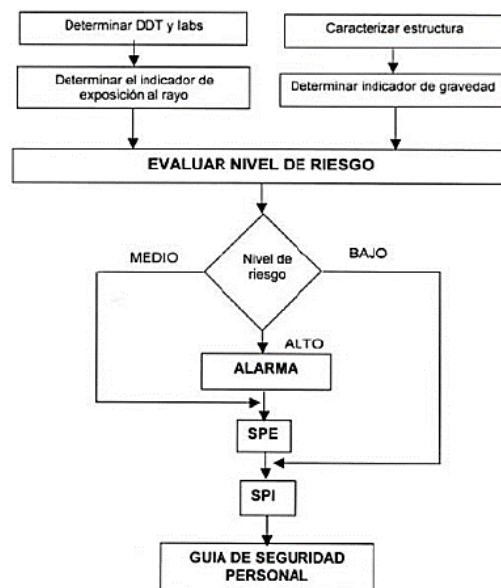
Las anomalías registradas fueron registradas en cinco fichas, que tiene que tanto como con las instalaciones eléctricas y el sistema de iluminación para todo el edificio. Las fichas de diagnóstico del sistema eléctrico se presentan en las memorias de cálculo Apéndice A.

4.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protecciones

Se llevó a cabo un estudio para determinar la necesidad de instalar un Sistema de Protección contra Rayos Atmosféricos (SIPRA) en el edificio. Este estudio se realizó siguiendo el procedimiento establecido por la norma NTC-2050, como se ilustra en la figura adjunta.

Figura 22

NTC 4552; Esquema para determinar el nivel de riesgo.



Tras completar el estudio, cuyos resultados detallados se encuentran en el Apéndice B, se determinó que el nivel de riesgo para el edificio es bajo. En base a esta evaluación, se concluyó que no es necesario implementar un sistema de protección externa, como un SIPRA. Sin embargo, se recomienda la instalación de un sistema de protección interna. Estas medidas garantizarán que el edificio cumpla con los requisitos de seguridad eléctrica y minimizarán los riesgos asociados a las descargas atmosféricas, protegiendo tanto a las personas como a los equipos sensibles instalados en el edificio.

4.3. Análisis de cuadros de carga

Una vez identificadas las necesidades del edificio en términos eléctricos y recopilada la información sobre los equipos utilizados en los diferentes espacios, se procedió a realizar un diseño adecuado para la carga eléctrica del edificio. Los cuadros de cargas correspondientes se encuentran en las memorias de cálculo Apéndice B. En estos cuadros se detalla el número de circuitos ramales, el número total de puestos que requiere cada tablero, así como los valores de corriente y los dispositivos de protección necesarios para cada circuito.

4.4. Nivel de tensión

El nivel de tensión seleccionado se basa en la disponibilidad de la conexión existente. En este caso, se dispone de un transformador de baja tensión ubicado en el edificio de administración 1, que opera en un nivel de tensión 1 o baja. Según la tabla del operador de red ESSA, este nivel de tensión debe ser de 127/220 V.

4.5. Selección del conductor

Para la selección de los conductores, primero determinamos la carga instalada utilizando los cuadros de carga mencionados previamente. Considerando que estamos en un sistema de baja tensión y conociendo las cargas que soportará cada circuito, seleccionamos un conductor adecuado

en función de la corriente nominal. Posteriormente, verificamos la regulación de tensión y las pérdidas para asegurar que no excedan los valores normativos, los cuales son del 2% y 2.7% respectivamente, según la normativa vigente para este tipo de instalaciones. Además, se determina la cantidad de conductores por fase, neutro y tierra necesarios para cada circuito ramal y para cada acometida. Estos cálculos se pueden evidenciar en las memorias de cálculo Apéndice C.

4.6. Cálculo de canalizaciones

Conforme a las especificaciones de la NTC 2050-16, se realizaron cálculos de canalizaciones utilizando ductería metálica tipo conduit EMT y PVC para garantizar un nivel de ocupación menor al 40%. Estos cálculos, junto con las secciones anteriores, se detallan en las memorias de cálculo, y los resultados se muestran claramente en los planos eléctricos (las memorias de cálculo Apéndice F). Para los circuitos ramales, se eligió un diámetro de sección transversal de 3/4" y para las acometidas, un diámetro de 2".

4.7. Cálculo de regulación y pérdidas de energía

Como se explica en la sección 4.5, se utilizaron estos cálculos para elegir el conductor, seleccionando el calibre más bajo posible para soportar la corriente del circuito. Considerando la carga instalada y las longitudes de los circuitos, se verificó que los conductores cumplieran con las normas de regulación y limitación de pérdidas de energía para asegurarse de que no excedieran los valores establecidos. Las longitudes se midieron a partir del interruptor de cada circuito ramal hasta el tomacorriente más lejano.

4.8. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar está anexo y hace referencia a la infraestructura nueva que se ha propuesto. (las memorias de cálculo Apéndice D) El diagrama unifilar del proyecto en general, así como el diagrama unifilar cada uno de los tableros de distribución.

4.9. Planos eléctricos

El plano eléctrico está anexo y hace referencia a la infraestructura nueva que se ha propuesto. (las memorias de cálculo Apéndice C)

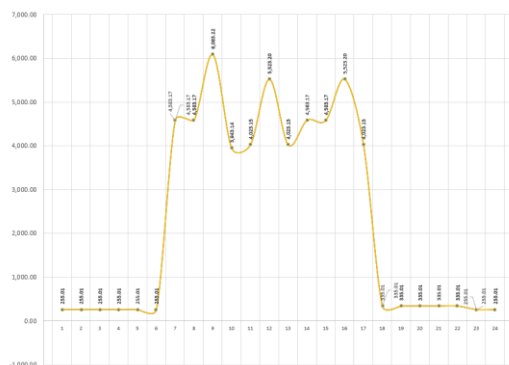
4.10. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales

Se decidió estudiar la viabilidad de un sistema fotovoltaico interactivo, o conectado a la red, con el objetivo de suplir un porcentaje de la demanda energética del edificio. Este enfoque no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también permite reducir los costos operativos del edificio.

En primer lugar, se evaluó la demanda energética necesaria para cubrir las necesidades del edificio. Para ello, se realizó un aforo detallado para crear un perfil de carga, el cual se presenta en la figura siguiente. Este perfil se desarrolló basándose en los equipos instalados en el tablero de oficinas y las horas de uso de dichos equipos. Dado que toda la energía del edificio está controlada por dos tableros, se decidió enfocar el diseño del sistema fotovoltaico en la carga de oficinas, la cual según el perfil realizado es de 2012.04 KW/H. Esta estimación se encuentra en la memoria de cálculos Apéndice G.

Figura 23

Perfil de carga



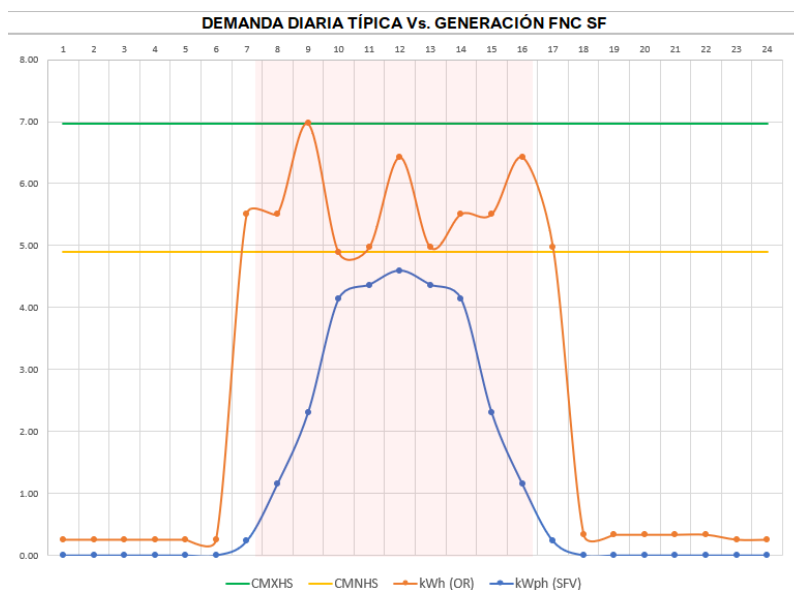
El estudio consideró datos críticos como las horas solares pico y la irradiación solar, los cuales se obtuvieron de la base de datos de la NASA para la ciudad de Bucaramanga. Además, se realizó una visita a la azotea del edificio donde se pudo medir el área, la cual dispone de 165 metros cuadrados, suficientes para soportar la infraestructura de los paneles solares.

Teniendo en cuenta la disponibilidad del espacio, la carga que se debe suplir según el perfil de carga se seleccionó unos paneles de 425W, Con esta información, se calcularon el número de paneles necesarios para suplir un porcentaje significativo de la demanda energética y se determinó el porcentaje de energía que estos paneles podrían suministrar a cada hora del día.

La gráfica siguiente ilustra la comparación entre el perfil de carga del edificio y la energía que proporcionarían los paneles solares para satisfacer dicha demanda. Para esta simulación, se consideró la implementación de doce paneles conectados en series de seis filas, y estas dos filas se conectarían en paralelo. Este arreglo asegura que el voltaje y la corriente máximos no superen las capacidades del inversor especificado en las fichas técnicas.

Figura 24

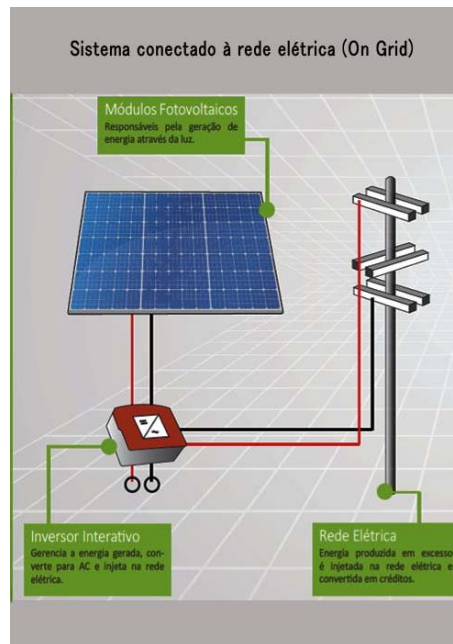
Demanda Diaria Típica Vs. Generación FNC SF



El uso de un sistema fotovoltaico no solo ayuda a la reducción del consumo de la red del edificio, sino que también mejora la sostenibilidad ambiental y proporciona una solución económica a largo plazo. La implementación de estos paneles contribuiría significativamente a la reducción de la dependencia de la red eléctrica convencional y a la minimización del impacto ambiental del edificio

Figura 25

Esquema general



Nota: Tomada de portal energía Brasil. <https://portalenergiabrasil.com.br/>

5. Diseño de Iluminación

Como bien se indicó en las fichas de diagnóstico uno de los problemas que aqueja al edificio es el tema de la iluminación del edificio, si bien con las revisiones previas se puede dar evidencia que el tema de la iluminación externa cumple con los parámetros establecidos para la iluminación de la plazoleta. En el apartado de la iluminación interior si se presentan problemas y

así mismo no existe iluminación de emergencia ni indicaciones de las rutas de evacuación por lo tanto se realizó un estudio completo para sustituir esta instalación.

Para realizar este estudio se usó el software DIALux simulando toda la zona interna del edificio con los diferentes equipamientos que tiene las salas, para de esta manera garantizar el correcto estudio de la iluminación, para el estudio se tiene en cuenta el uso final de los diferentes espacios para tener en cuenta los valores de iluminación promedio y la uniformidad requerida, para estos casos no es tan relevante la temperatura del color ya que el RETILAP no exige valores específicos para este tipo de zonas.

5.1. Selección de luminarias

Para la iluminación de los Salones de ensayo se seleccionó una luminaria tipo bala LED de 45 W de potencia, esta se seleccionó debido a su alta potencia y temperatura del color, permitiendo así un nivel de iluminancia promedio y uniformidad de acuerdo con los valores establecidos por la norma, de igual manera también se tuvo en cuenta la temperatura de color, donde se buscó una luz fría ya que esta es la utilizada para zonas donde la finalidad es la acción de las personas y no el descanso.

Para los pasillos, también se seleccionó una luminaria tipo bala, pero en contraste con la de los salones esta es de una potencia inferior, teniendo como potencia 10W entrega una intensidad lumínica de la quinta parte de la luminaria anteriormente mencionada, esto se da debido a los niveles completamente diferentes a los que se necesitan someter los pasillos en iluminancia y uniformidad.

Para la zona de oficinas se seleccionó una luminaria tipo lineal, esto con el fin de crear un ambiente más uniforme a lo largo de los puestos de trabajo, de igual manera se tiene en cuenta,

una selección de luz fría debido a que lo que se busca en esta zona es la productividad de las personas, de manera que este tipo de luz ayude como estímulo al trabajo.

Para la iluminación de emergencia ya que se instalará en pasillos, se buscó una luminaria compatible con baterías que alcancen 1 hora de autonomía, y de igual manera que sean similares a las balas utilizadas para la iluminación normal.

Ya saliendo de la simulación, también se tiene en cuenta la iluminación para la parte artística de las salas de exposiciones, no se tiene en cuenta para la simulación, debido a que su uso no será permanente ni uniforme a lo largo del tiempo. Para este tipo de instalaciones, lo que se tiene en cuenta es el hecho de que no siempre se necesitara la misma disposición de luz, motivo por el cual se plantea la instalación de rieles para el uso de luminarias led tipo spot, que permitan variar la posición, ángulo de incidencia de la luz de manera que se pueda proponer diferentes estilos de iluminación adaptables a la necesidad propia de cada artista y/o exposición presentada en las salas.

6. Presupuestos y Especificaciones Técnicas

Tal y como se expuso en los objetivos, se propone realizar un presupuesto a raíz de las especificaciones técnicas obtenidas a partir del rediseño, se busca conocer el costo directo de las actividades por medio de los APUS según las especificaciones técnicas obtenidas, las actividades a presupuestar son las siguientes:

- Tablero trifásico 36 circuitos con espacio para totalizador.
- Tablero trifásico 18 circuitos con espacio para totalizador.
- Circuito alimentador Cu 4n°4 +1n°4 AWG
- Totalizador para tablero de 3x50A
- Totalizador para tablero de 3x80A

- Protección enchufable 2x15A
- Protección enchufable 1x30A
- Protección enchufable 1x20A
- Protección enchufable 1x15A
- Ductería EMT 3/4" descolgado
- Ductería PVC 3/4"
- Salida tomacorriente normal 120 V empotrada
- Salida tomacorriente GFCI empotrada
- Suministro e instalación de salida de iluminación en caja metálica
- Suministro e instalación de salida de iluminación en caja PVC
- Luminaria tipo philips - ll523x 1 xled62s/850 pco
- Luminaria tipo regent - recessed downlight echo 172 11 19w 1900lm cri > 90 3000k
wi
- Luminaria tipo philips - dn570b 1 xled12s/830 c sg-hr-fr
- Luminaria tipo endo lighting – fixed downlight
- Riel para luminaria tipo spotlight led
- Sistemas de paneles fotovoltaicos

El desglose de cada uno de los ítems se encuentra en la memoria de cálculos RETIE anexa, de este punto se estima que para realizar los trabajos de rediseño y modernización de la instalación el costo directo de las actividades, sin considerar administración, utilidad ni imprevisto, asciende a un costo de \$409'702.403.02

7. Conclusiones

Para cumplir con los objetivos establecidos para el desarrollo efectivo del proyecto, se puede afirmar que el diseño de los planos requeridos por el proyecto se realiza satisfactoriamente con el uso del software AUTOCAD. Considerando los planos proporcionados por planta física y las actualizaciones realizadas por nuestro equipo, se llevó a cabo un levantamiento eléctrico. Este proceso permitió alinear las instalaciones eléctricas y el sistema de iluminación con las normativas vigentes, RETIE y RETILAP. El objetivo principal de estas acciones es mejorar significativamente el entorno donde las personas trabajan y estudian diariamente, asegurando que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad, eficiencia y calidad requeridos.

En este proyecto se recomienda reemplazar los tableros de distribución existentes por dos nuevos tableros: uno con 18 puestos y otro con 36 puestos. Estos tableros deben cumplir con el código de colores y contar con su respectivo diagrama unifilar, los cuales están detallados en las memorias de cálculo (Apéndice F). Además, se propone la sustitución por tubería metálica todo el sistema de iluminación del segundo piso. Asimismo, se sugiere reemplazar los tomacorrientes mal instalados e identificados en la oficina principal y la oficina grupal para cumplir con las normativas vigentes y mejorar la seguridad y eficiencia de las instalaciones eléctricas.

A su vez se recomienda la sustitución de las luminarias existentes por luminarias similares a las utilizadas en la simulación, así mismo, se propone la modificación del control de las luminarias tal como se muestra en los esquemas, esto más que todo se da debido a las solicitudes expresadas por los usuarios de los espacios, ya que de esta manera logran aprovechar mejor el espacio de trabajo y sectorizarlo de una mejor manera.

En este documento, también se ha explorado la posibilidad de integrar un sistema de paneles solares fotovoltaicos al edificio. Se llevaron a cabo todos los cálculos pertinentes para evaluar la viabilidad de esta propuesta. Entre las acciones realizadas se incluyen:

- **Perfil de Cargas:** Se desarrolló un perfil detallado de las cargas eléctricas del edificio, identificando los patrones de consumo energético a lo largo del día.
- **Estudio de la Zona Útil de la Azotea:** Se realizó una evaluación exhaustiva del área disponible en la azotea del edificio. Esta evaluación determinó que la zona cuenta con 165 metros cuadrados utilizables para la instalación de paneles solares, lo que es suficiente para soportar la infraestructura requerida.
- **Cálculo de Energía Amortiguada:** Se llevaron a cabo estudios detallados para determinar cuánta energía podría ser generada por el sistema de paneles solares en cada hora del día. Se utilizaron datos de horas solares pico e irradiación solar, específicos para la ciudad de Bucaramanga, obtenidos de la base de datos de la NASA.
- **Selección de Paneles Solares:** Se seleccionaron paneles solares con una potencia de 425 W cada uno. Con base en estos paneles, se calcularon el número necesario para satisfacer un porcentaje significativo de la demanda energética del edificio. Se determinó que se requerirían 12 paneles, organizados en dos series de 6 paneles cada una, conectadas en paralelo.
- **Evaluación del Inversor:** Se evaluaron las características técnicas del inversor, asegurando que el voltaje y la corriente máximos generada por los paneles no superen la capacidad del inversor seleccionado. Esta evaluación es crucial para garantizar la eficiencia y seguridad del sistema.

Por último, hay que destacar la importancia de llevar a cabo un plan de mantenimiento continuo, ya que es esencial para garantizar la longevidad de las instalaciones y los equipos. Este

método preventivo garantiza un ambiente seguro y efectivo para todos los usuarios; además, evita fallos inesperados y reparaciones costosas. Se maximiza la productividad, se reducen los tiempos de inactividad y se optimiza el uso de recursos al establecer y seguir estrictamente un calendario de mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

Ministerio de Minas y Energía. (2024a). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*.

Bogotá.

Ministerio de Minas y Energía. (2024b). *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público*

(*RETILAP*). Bogotá.

Resolución 181294 de 2008 [Ministerio de minas y energía]. Por la cual se modifica el Reglamento

Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Agosto 13 de 2008.

Ministerio de minas y energía. (2008). Sistemas de puesta a tierra (SPT). (NTC 389/3).

Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Convencional.

NASA. POWER. s.f. <https://power.larc.nasa.gov/> (último acceso: 26 de 05 de 2024).

UPME. (2022). *Estudio para diseñar una estrategia de mediano y largo plazo orientada a promover la gestión y aprovechamiento sostenible de los residuos asociados a instalaciones fotovoltaicas y vehículos eléctricos en Colombia Producto 4 - Capítulo 3: Estimación de volúmenes.*