

**DISEÑO DETALLADO LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL COLEGIO NUESTRA SEÑORA  
DEL ROSARIO DE CÁCHIRA INCORPORANDO UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y UN  
MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA GARANTIZAR SU CORRECTO  
FUNCIONAMIENTO A LARGO PLAZO.**

**PRESENTADO POR:**

Andres Mantilla Pereira

Código: 2182183

Jorge Luis Ortega Guerrero

Código: 2182198

Anderson Enrique Corzo Ariza

Código: 2182188

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Ingeniería eléctrica

Bucaramanga

2025



## CONTENIDO

DEFINICIONES. ....	5
RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS.....	13
NORMATIVA.....	14
MEMORIA DE CALCULO .....	16
BIBLIOGRAFIA.....	58





Figura 15 Cuadro de cargas tablero 2 .....	28
Figura 16 Cuadro de cargas tablero 3 .....	29
Figura 17 Cuadro de cargas tablero de UPS.....	30
Figura 18 Cuadro de cargas totales .....	31
Figura 19 Cuadro de cargas de tablero general de acometida.....	32
Figura 20 Guía de coordinación de aislamiento.....	33
Figura 21 Niveles de aislamiento normalizados.....	34
Figura 22 Análisis de cortocircuito .....	36
Figura 23 Análisis de cortocircuito .....	36
Figura 24 Electrodo de puesta a tierra.....	37
Figura 25 Protecciones TGBT.....	45
Figura 26 Protecciones TSBT.....	45
Figura 27 Protecciones TTBT .....	46
Figura 28 Protecciones TRBT .....	46
Figura 29 Protecciones TABT.....	47
Figura 30 Pérdidas de Potencia .....	51
Figura 31 Regulación de Tensión.....	51
Figura 32 Regulación de Tensión.....	52
Figura 33 Regulación de Tensión.....	53
Figura 34 Presupuesto.....	57



## **DEFINICIONES.**

- **INSTALACIÓN ELÉCTRICA:** Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos y dispositivos diseñados para distribuir, controlar y utilizar la energía eléctrica de manera segura y eficiente en un edificio o área específica.

- **PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA:** Un proyecto de instalación eléctrica es un plan detallado que incluye el diseño, la especificación y la implementación de todos los componentes necesarios para establecer un sistema eléctrico funcional en una ubicación específica.

- **NORMATIVAS Y REGULACIONES:** Conjunto de reglas, códigos y normativas establecidos por autoridades locales o nacionales que rigen la instalación eléctrica. Cumplir con estas normativas es esencial para garantizar la seguridad y conformidad del proyecto.

- **DISEÑO ELÉCTRICO:** El diseño eléctrico es el proceso de planificación y especificación de la disposición de los componentes eléctricos, como cables, interruptores, paneles de control, tomas de corriente, etc., con el objetivo de satisfacer los requisitos de energía y seguridad del proyecto.

- **EFICIENCIA ENERGÉTICA:** La eficiencia energética se refiere a la optimización del consumo de energía, buscando maximizar el rendimiento y minimizar las pérdidas. En un proyecto de instalación eléctrica, se deben considerar prácticas y dispositivos que promuevan el uso eficiente de la electricidad.

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Actividades planificadas y programadas para detectar y corregir posibles problemas en la instalación eléctrica antes de que causen fallas o interrupciones. El mantenimiento preventivo es esencial para garantizar la confiabilidad a largo plazo del sistema.

- **SEGURIDAD ELÉCTRICA:** Medidas y prácticas destinadas a prevenir accidentes eléctricos y proteger a las personas y propiedades contra posibles riesgos eléctricos. Incluye la instalación adecuada de dispositivos de protección, señalización y capacitación en seguridad para el personal.

- **ACOMETIDA:** Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. En aquellos casos en que el dispositivo de corte esté aguas arriba del medidor, para los efectos del presente reglamento, se entenderá la acometida como el conjunto de conductores y accesorios entre el punto de conexión eléctrico al sistema de uso general (STN, STR o SDL) y los bornes de salida del equipo de medición.

- **ALAMBRE:** Hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica.



- **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.

- **CABLE:** Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

- **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 puede transportar continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

- **CAPACIDAD NOMINAL:** El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas. En un sistema la capacidad nominal la determina la capacidad nominal del elemento limitador.

- **CAPACIDAD O POTENCIA INSTALADA:** También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

- **CAPACIDAD O POTENCIA INSTALABLE:** Se considera como capacidad instalable, la capacidad en kVA que puede soportar la acometida a tensión nominal de la red, sin que se eleve la temperatura por encima de 60 °C

para instalaciones con capacidad de corriente menor de 100 A o de 75 °C si la capacidad de corriente es mayor.

- **CENTRAL O PLANTA DE GENERACIÓN:** Conjunto de equipos electromecánicos debidamente instalados y recursos energéticos destinados a producir energía eléctrica, cualquiera que sea el procedimiento empleado o la fuente de energía primaria utilizada.

- **CONDUCTOR ENERGIZADO:** Todo aquel que no está conectado a tierra.

- **CONDUCTOR NEUTRO:** Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

- **CONDUCTOR A TIERRA:** También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

- **CORRIENTE ELÉCTRICA:** Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.



- **CUARTO ELÉCTRICO:** Recinto o espacio en un edificio dedicado exclusivamente a los equipos y dispositivos eléctricos, tales como transformadores, celdas, tableros, UPS, protecciones, medidores, canalizaciones y medios para sistemas de control entre otros. Algunos edificios por su tamaño deben tener un cuarto eléctrico principal y otros auxiliares.

- **ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:** Documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

- **FASE:** Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

- **INSTALACIÓN ELÉCTRICA NUEVA:** creación e instalación de un sistema eléctrico completo desde cero en un edificio, estructura o área, incluyendo cableado, dispositivos de conexión y componentes de protección.

- **INTERRUPTOR DE USO GENERAL:** Dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente, cumple funciones de control y no de protección.



- **PLANO ELÉCTRICO:** Representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

- **RED INTERNA O DE USO FINAL:** Es el conjunto de conductores, canalizaciones y equipos (accesorios, dispositivos y artefactos) que llevan la energía eléctrica desde la frontera del Operador de Red hasta los puntos de uso final.

- **SISTEMA DE EMERGENCIA:** Un sistema de potencia y control destinado a suministrar energía de respaldo a un número limitado de funciones vitales, dirigidas a garantizar la seguridad y protección de la vida humana.

- **TOMACORRIENTE:** Dispositivo con contactos hembra, diseñado para instalación fija en una estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija.

- **NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO:** El nivel de tensión requerido se refiere al voltaje necesario para alimentar los equipos y dispositivos en una instalación eléctrica. Este valor se determina según las demandas de carga y los estándares de diseño, y puede variar según el tipo de equipo y las necesidades específicas de la alcaldía.

- **DISTANCIAS DE SEGURIDAD:** Las distancias de seguridad son las distancias mínimas recomendadas entre componentes eléctricos para prevenir riesgos de contacto accidental. Estas distancias se establecen según las normativas y códigos eléctricos locales para garantizar la seguridad del personal y la integridad del sistema.



- **NIVEL DE RIESGO POR RAYOS:** El nivel de riesgo por rayos se refiere a la probabilidad de que un sistema eléctrico sea impactado por descargas atmosféricas. Se evalúa considerando la frecuencia y la intensidad de las tormentas en la región. Un diseño de instalación eléctrica debe incluir medidas de protección contra sobretensiones causadas por rayos.

- **DISEÑO DEL SISTEMA PUESTA A TIERRA:** El diseño del sistema de puesta a tierra implica la creación de una red conductora conectada a la tierra para disipar corrientes no deseadas y garantizar la seguridad. Este sistema reduce el riesgo de descargas eléctricas, ayuda a estabilizar voltajes y mejora la eficiencia del sistema.

- **CUADROS DE CARGA Y REGULACIÓN:** Los cuadros de carga son dispositivos que distribuyen la energía eléctrica desde una fuente principal hacia diferentes áreas o equipos. La regulación se refiere al control y ajuste de voltajes y corrientes para garantizar un suministro estable y seguro. El diseño de estos cuadros debe adaptarse a las cargas específicas de la alcaldía.

## **RESUMEN**

El proyecto busca rediseñar la instalación eléctrica del Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira para mejorar su eficiencia energética y sostenibilidad. Como parte central del rediseño, se implementará un sistema fotovoltaico que reducirá los costos operativos y el impacto ambiental, integrando energías renovables como respuesta al cambio climático y a la creciente demanda energética.



Además de la instalación solar, se actualizará y optimizará el sistema eléctrico existente para cumplir con normativas y estándares de seguridad. Se elaborará un manual de mantenimiento que garantice el buen funcionamiento y durabilidad de los equipos.

El proyecto también tiene un componente educativo, fomentando la conciencia ecológica y la cultura de sostenibilidad entre estudiantes y docentes, al permitirles conocer y experimentar con tecnologías limpias dentro del entorno escolar.

## **INTRODUCCIÓN**

El Colegio Nuestra Señora del Rosario de Cáchira se enfrenta actualmente a importantes retos derivados de la antigüedad y el desgaste de su sistema eléctrico, cuya infraestructura ha comenzado a evidenciar serias deficiencias tanto en términos de seguridad como de eficiencia energética. Esta situación ha generado un incremento sostenido en el consumo eléctrico, lo que a su vez ha elevado significativamente los costos operativos de la institución. A esto se suma una alta dependencia de la red eléctrica convencional, que deja al colegio vulnerable ante fallas o interrupciones en el servicio, afectando negativamente el normal desarrollo de las actividades académicas.

En un escenario global donde la sostenibilidad energética se ha convertido en una prioridad, el colegio aún no ha integrado fuentes alternativas de energía que le permitan reducir su huella de carbono ni mitigar los impactos ambientales asociados a su consumo eléctrico. Esta falta de diversificación energética representa una oportunidad desaprovechada para incorporar tecnologías limpias y sostenibles, como los sistemas fotovoltaicos, los cuales podrían transformar la manera en que la institución gestiona sus recursos energéticos.

Adicionalmente, la ausencia de un manual de mantenimiento específico para los sistemas eléctricos existentes –y para los que eventualmente se incorporen– incrementa el riesgo de fallas técnicas, interrupciones frecuentes del suministro y sobre costos en reparaciones. La falta de un programa estructurado de mantenimiento compromete no solo la eficiencia operativa, sino también la vida útil de los equipos e instalaciones.

En este contexto, surge la necesidad imperante de un **rediseño integral del sistema eléctrico del colegio**, que contemple tanto la **modernización de la infraestructura eléctrica existente** como la **incorporación de un sistema fotovoltaico** que permita avanzar hacia un modelo energético más seguro, eficiente y sostenible. Este proyecto también incluirá la **elaboración de un manual técnico de mantenimiento**, como una herramienta fundamental para preservar el funcionamiento óptimo de la instalación a largo plazo y garantizar el máximo aprovechamiento de la inversión realizada. Así, esta iniciativa no solo busca resolver problemáticas técnicas actuales, sino también posicionar al colegio como una institución comprometida con la eficiencia energética, la innovación tecnológica y la protección del medio ambiente.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Rediseñar la instalación eléctrica del colegio Nuestra Señora del Rosario, Cáchira, incorporando un sistema fotovoltaico, acompañado de un manual de mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento detallado de las instalaciones eléctricas y dimensionar el sistema de iluminación del Colegio Nuestra Señora del Rosario en Cachira.
- Rediseñar las instalaciones eléctricas internas y el sistema de iluminación, garantizando el cumplimiento de las normativas vigentes, como el RETIE, NTC 2050 y NTC 4595 y RETILAP.
- Calcular las cantidades de obra y el correspondiente presupuesto del proyecto, según los diseños propuestos.

## NORMATIVA

Se deberá aplicar en todas las etapas del proyecto: diseño, construcción y puesta en funcionamiento, las siguientes normas nacionales y regionales las cuales no son de libre cumplimiento, al ser de orden reglamentario:

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE Resolución 40117 de 02 abril 2024 del Ministerio de minas y energía.
- Código eléctrico colombiano NTC 2050. Primera actualización 1998.
- Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. ESSA ESP. Revisión 2005.
- IEEE 80, “Guide for Safety in AC Substation Grounding”, Guía para la seguridad de sistemas de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna”.

- Resolución No 001348 del 2009; Reglamento de salud ocupacional en los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en las empresas del sector eléctrico – Ministerio de Minas y Energía.

Quando no se haga referencia a alguna norma particular o específica, o cuando existan dudas, o vacíos o contradicciones o diferencias de interpretación, se deberán cumplir los requisitos de las normas aplicables que se mencionen en el siguiente orden.

*Tabla 1 Normativa Vigente*

Norma / Reglamento	Entidad / Referencia
<b>RETIE</b> (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)	Ministerio de Minas y Energía, Resolución 40117 del 2 abril 2024
<b>NTC 2050 – Código Eléctrico Nacional</b>	ICONTEC, 1998
<b>RETILAP</b> (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público)	Ministerio de Minas y Energía, 2024
<b>RITEL</b> (Reglamento de Redes Internas de Telecomunicaciones)	Comisión de Regulación de Comunicaciones, Resolución 6771 de 2022
<b>NTC 4552 (Protección contra descargas atmosféricas)</b>	ICONTEC, 2010
<b>Normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución</b>	Electrificadora de Santander, 2005 y adenda 2011
<b>Normas Sismo Resistentes</b>	NSR-10
<b>ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas)</b>	General

## MEMORIA DE CALCULO

Se describen a continuación las diferentes especificaciones, parámetros de diseño y constructivos, para el montaje y puesta en funcionamiento. Se tomará como base para la elaboración de las presentes memorias de cálculo eléctricas, los requisitos establecidos por el 3.3.1.1. de la RETIE “Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas”:

El diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería de acuerdo con la competencia otorgada por su matrícula profesional. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. La profundidad con que se traten los temas dependerá de la complejidad y el nivel de riesgo asociado al tipo de instalación y debe contemplar los ítems que le apliquen de la siguiente

lista:

El diseño debe contemplar la evaluación y realización de los siguientes ítems que le apliquen al tipo de instalación.

- a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- c. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.
- d. Coordinación de aislamiento eléctrico.



- e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- h. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i. Sistema de puesta a tierra.
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.
- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
- n. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas porta cables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)
- p. Cálculos de regulación de tensión.
- r. Diagramas unifilares.
- s. Planos eléctricos para construcción.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.









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

## **A. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones. La metodología para seguir en un caso en particular es la siguiente:

- Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- Definir si el riesgo es potencial o real.
- Determinar las consecuencias para las personas o animales, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.

- 2024

FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELECTRICOS											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalacion electrica se pueden presentar quemaduras electricas por malos contactos y cortocircuitos.											
MEDIDAS DE PROTECCION: Utilizar avisos de precaucion, tableros bien cerrados y debidamente rotulados.											
RIESGO A EVALUAR:		Quemadura EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		por		Arcos electricos FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco electrico)		(al) o (en)		Tableros electricos FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kv)	
RIESGO POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO		<input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD			
CONSECUENCIAS	En personas 	Economicas 	Ambientales 	En la imagen de la empresa 		E	D	C	B	A	
	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa						
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interruccion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interruccion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO 	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interruccion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO 	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO 	BAJO 	BAJO	MEDIO		
Anderson Enrique Corzo Ariza					Colegio Nuestra Señora del Rosario			1/04/2025			
Evaluador		Matricula profesional		Lugar de la evaluacion		Fecha					

*Figura 1 Análisis de riesgo de origen eléctrico*

FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalacion primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por negligencia de técnicos y por violación de las distancias mínimas de seguridad.											
MEDIDAS DE PROTECCION: Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas.											
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)				por	Contacto directo FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco electrico)		(al) o (en)		Red secundaria 208/120 V FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)	
	RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>				RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD				
CONSECUENCIAS	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa	
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		
Anderson Enrique Corzo Ariza										Colegio Nuestra Señora del Rosario	1/04/2025
Evaluador		Matricula profesional		Lugar de la evaluacion		Fecha					

Figura 2 Análisis de riesgo de origen eléctrico

FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO											
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalacion primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por induccion al violar distancias de seguridad.											
MEDIDAS DE PROTECCION: Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas, hacer mantenimiento preventivo y correctivo.											
RIESGO A EVALUAR:	Quemadura EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)				por	Contacto indirecto FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco electrico)		(al) o (en)		Red secundaria 208/120 V FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)	
	RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>				RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD				
CONSECUENCIAS	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa	
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		
Anderson Enrique Corzo Ariza										Colegio Nuestra Señora del Rosario	1/04/2025
Evaluador		Matricula profesional		Lugar de la evaluacion		Fecha					

Figura 3 Análisis de riesgo de origen eléctrico



FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalacion primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por induccion al violar distancias de seguridad.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCION:</b> Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas, hacer mantenimiento preventivo y correctivo.										
RIESGO A EVALUAR:	Quemadura EVENTO O EFECTO				por Cortocircuito FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		(al) o (en) Red secundaria 208/120 V FUENTE			
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco electrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)			
CONSECUENCIAS	RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>			PROBABILIDAD				
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Anderson Enrique Corzo Ariza Evaluador					Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario Lugar de la evaluacion		1/04/2025 Fecha	

Figura 4 Análisis de riesgo de origen eléctrico

FACTOR DE RIESGO POR RAYOS										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalacion primaria en media tensión se pueden presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por induccion al violar distancias de seguridad.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCION:</b> Instalar puestas a tierra solidas, equipotencialización.										
RIESGO A EVALUAR:	Quemadura, Electrocuion EVENTO O EFECTO				por Rayos FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		(al) o (en) Sistema de puesta a tierra FUENTE			
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco electrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)			
CONSECUENCIAS	RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>			PROBABILIDAD				
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Anderson Enrique Corzo Ariza Evaluador					Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario Lugar de la evaluacion		1/04/2025 Fecha	

Figura 5 Análisis de riesgo de origen eléctrico

FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En las instalaciones eléctricas de media tensión se pueden presentar incendios, daños a equipos, por corrientes nominales superiores de los equipos y conductores, instalaciones que no cumplen con normas y conexiones flojas.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar interruptores automaticos con relés de sobrecarga, dimensionamiento técnico de conductores y equipos.										
RIESGO A EVALUAR:	Incendio		por		Sobrecarga		(al) o (en)		Conductores, equipos y/o red	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco eléctrico)				(Ej: Celda de 13,8 kv)	
RIESGO POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO		<input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD			
CONSECUENCIAS	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Anderson Enrique Corzo Ariza		Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario		1/04/2025				
Evaluador				Lugar de la evaluacion		Fecha				

Figura 6 Análisis de riesgo de origen eléctrico

FACTOR DE RIESGO POR TENSION DE CONTACTO										
<b>POSIBLES CAUSAS:</b> En el desarrollo de la instalacion electrica de media tension se pueden presentar electrocucion por falta de aislamiento en conductores y fallas a tierra.										
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución		por		Tension de contacto		(al) o (en)		Conductores y equipos	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
	(Ej: Quemaduras)				(Ej: Arco eléctrico)				(Ej: Celda de 13,8 kv)	
RIESGO POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO		<input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD			
CONSECUENCIAS	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Anderson Enrique Corzo Ariza		Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario		1/04/2025				
Evaluador				Lugar de la evaluacion		Fecha				

Figura 7 Análisis de riesgo de origen eléctrico



FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE PASO										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externa de baja tensión se puede presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.										
MEDIDAS DE PROTECCION: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)				por	Tensión de paso FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		(al) o (en)	Conductores y equipos FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)	
RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>	RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>				PROBABILIDAD					
CONSECUENCIAS	En personas 	Economicas 	Ambientales 	En la imagen de la empresa 		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la empresa	B Sucede varias veces al año en la empresa	A Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Anderson, Enrique Corzo Ariza Evaluador		Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario Lugar de la evaluacion		1/04/2025 Fecha				

Figura 8 Análisis de riesgo de origen eléctrico

FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externa de baja tensión se puede presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.										
MEDIDAS DE PROTECCION: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)				por	Electricidad estática FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		(al) o (en)	Ambiente o manipulación de equipos FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)	
RIESGO POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>	RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>				PROBABILIDAD					
CONSECUENCIAS	En personas 	Economicas 	Ambientales 	En la imagen de la empresa 		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la empresa	B Sucede varias veces al año en la empresa	A Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupcion temporal	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesion menor (Sin Incapacidad)	Daños importantes. Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupcion	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Anderson, Enrique Corzo Ariza Evaluador		Matricula profesional		Colegio Nuestra Señora del Rosario Lugar de la evaluacion		1/04/2025 Fecha				

Figura 9 Análisis de riesgo de origen eléctrico

*Figura 10 Análisis de riesgo de origen eléctrico*

pág. 24







	<p><b>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> 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.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p><b>CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Falta en el diseño, violación de anchos de zonas de servidumbre, mediciones con equipo no calibrado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Respetar los anchos de zonas de servidumbre y los valores de límites de exposición a campos electromagnéticos.</p>
	<p><b>CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> 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.</p>
	<p><b>CONTACTO INDIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Falta de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>

Figura 11 Causas de Riesgo eléctrico








	<p><b>EQUIPO DEFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, cancelación del entorno electromagnético.</p>
	<p><b>RAYOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Falta en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamiento, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p><b>SOBRECARGA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, ardores, no controlar el factor de potencia.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Uso de interruptores automáticos con límite de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, bornes dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>
	<p><b>TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, falta de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, realización de acciones, alta resistencia del piso, equipotencializar.</p>
	<p><b>TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, falta de aislamiento, violación de áreas restringidas, rebote en el desapeje de la torre.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, realización de acciones, alta resistencia del piso, equipotencializar.</p>

Figura 12 Causas de Riesgo eléctrico

	<p><b>CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p><b>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>

*Figura 13 Causas de Riesgo eléctrico*

### C. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS

## CUADRO DE CARGAS

TGBT			Tomacorrientes [VA]		Luminarias [W]			Factor de Potecia [fp]	Potencia Circuito [W]	Potencia Circuito [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Polos
N° Circuito	Fase	Descripción Circuito Ramal	Normal	GFCI	24	30	40						
			180										
1	T	Iluminacion sala de informatica y pasillo informartica				4	9	0,9	467,64	519,60	120	17,9	1
2	R	Iluminacion salon 2, sala de profesores, baño de profe, almacen y pasillo de entrada			2	12	12	0,9	846,72	940,80	120	16,5	1
3	T	Iluminacion salon 3,4 y pasillo 3			2		20	0,9	842,4	936,00	120	16,51	1
4	R	Iluminacion salon 5 y pasillo 4			2		10	0,9	442,8	492,00	120	22	1
5	T	Toma sala informatica 1	3					0,9	486	540	120	13	1
6	R	Toma sala informatica 2	3					0,9	486	540	120	10,8	1
7	T	Tomas pasillo 1 mitad	1					0,9	162	180	120	15,15	1
8	R	Tomas salon 2	4					0,9	648	720	120	9,3	1
9	T	Tomas salon 1	4					0,9	648	720	120	15,15	1
10	R	Tomas almacen y pasillo de entrada	2					0,9	324	360	120	12	1
11	T	Tomas salon 3	4					0,9	648	720	120	8,5	1
12	R	Tomas salon 4	4					0,9	648	720	120	16	1
13	T	Tomas salon 5	4					0,9	648	720	120	14,21	1
14	R	Iluminacion sala de informatica y pasillo informartica					9	0,9	324	360	120	12	1
15	T	Tomas Sala y baño profesores	4	1				0,9	810	900	120	12	1
16	R	Toma sala informatica 3 y pasillo	6					0,9	972	1080	120	12	1
Carga Instalada [W]			6318	162	144	480	2400						
Carga total [W]			9504										
Factor de potencia por elemento			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9						
Demanda Maxima [W]			7020	180	160	533,3333333	2666,6667						
Demanda Maxima Total [VA]			10560,00		Factor de demanda		1						

Figura 14 Cuadro de cargas tablero 1

## Desbalance

SP	SM	% Desbalance
6214,20	6315,60	1,63

TSBT													
N° Circuito	Fase	Descripción Circuito Ramal	Tomacorrientes [VA]		Luminarias [W]			Factor de Potecia [fp]	Potencia Circuito [W]	Potencia Circuito [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Polos
			Normal	GFCI	24	30	40						
			180										
1	S	Circuito de iluminacion aula maxima 1					18	0,9	719,28	799,20	120	19,01	1
2	R	Circuito de iluminacion aula maxima 2					7	0,9	279,72	310,80	120	20,31	1
3	S	Iluminacion secretaria, rectoria, cafeteria, baño cafeteria			2		7	0,9	322,92	358,80	120	23,52	1
4	R	Toma aula maxima 1 Publico	6					0,9	972	1080	120	12,2	1
5	S	Toma aula maxima 2 Tarima	4					0,9	648	720	120	11,9	1
6	R	Toma aula maxima 3 Tarima	3					0,9	486	540	120	14,3	1
7	S	Toma cuartos auxiliares aula maxima	2					0,9	324	360	120	12,8	1
8	R	Tomas secretaria	3					0,9	486	540	120	15,3	1
9	S	Tomas cafeteria y baño	4	1				0,9	810	900	120	20	1
10	R	Iluminacion salon 1 y pasillo 1				5	10	0,9	534,6	594,00	120	28,7	1
12	R	Circuito de iluminacion aula maxima 3			4		14	0,9	645,84	717,60	120	14	1
13	S	Circuito de iluminacion aula maxima 4					8	0,9	319,68	355,20	120	20	1
15	S	Tomas rectoria	3					0,9	486	540	120	16	1
			Carga Instalada [W]	4050	162	144	150	2560					
			Carga total [W]	7066									
			Factor de potencia por elemento	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9					
			Demanda Maxima [VA]	4500	180	160	166,6666667	2844,4444					
			Demanda Maxima Total [VA]	7851,11		Factor de demanda		1					

Figura 15 Cuadro de cargas tablero 2

Desbalance

SP	SM	% Desbalance
4177,80	4322,40	3,46

TTBT													
N° Circuito	Fase	Descripción Circuito Ramal	Tomacorrientes [VA]		Luminarias [W]			Factor de Potecia [fp]	Potencia Circuito [W]	Potencia Circuito [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Polos
			Normal	GFCI	24	30	40						
			180										
1	T	Iluminacion salon 6,7 y pasillo 6				3	20	0,9	880,2	978,00	120	15,8	1
2	S	Iluminacion laboratorios y baño hombres			5		18	0,9	827,28	919,20	120	14,18	1
3	T	Iluminacion salon 8, baño mujeres y duchas			12		10	0,9	658,8	732,00	120	19,62	1
4	S	Tomas salon 6	4					0,9	648	720	120	9,8	1
5	T	Tomas salon 7	4					0,9	648	720	120	12	1
6	S	Tomas pasillo 3,4 y 5	3					0,9	486	540	120	12	1
7	T	Tomas laboratorio 1		4				0,9	648	720	120	5,99	1
8	S	Tomas laboratorio 2		4				0,9	648	720	120	11,67	1
9	T	Tomas salon 8	4					0,9	648	720	120	13,8	1
10	S	Tomas baños hombres y mujeres		4				0,9	648	720	120	14,72	1
		Carga Instalada [W]	2430	1944	408	90	1920						
		Carga total [W]	6792										
		Factor de potencia por elemento	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9						
		Demanda Maxima [W]	2700	2160	453,3333333	100	2133,3333						
		Demanda Maxima Total [VA]	7546,67		Factor de demanda		1						

Figura 16 Cuadro de cargas tablero 3

### Desbalance

SP	SM	%Desbalance
3744,60	3870,00	3,35

TRBT									
N° Circuito	Fase	Descripción Circuito Ramal	Tomacorrientes [VA]	Factor de Potecia [fp]	Potencia Circuito [W]	Potencia Circuito [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Polos
			Normal						
			180						
1	S	Aula maxima	1	0,9	162	180	120	30	1
2	R	Secretaria y rectoria	2	0,9	324	360	120	16,5	1
3	S	Salon 1 y 2	2	0,9	324	360	120	16,51	1
4	R	Sala de profesores	2	0,9	324	360	120	22	1
5	S	Sala de informatica 1	5	0,9	810	900	120	13	1
6	R	Sala de informatica 2	3	0,9	486	540	120	10,8	1
7	S	Salon 3 y 4	2	0,9	324	360	120	15,15	1
8	R	Salon 5 y 6	2	0,9	324	360	120	9,3	1
9	S	Salon 7	1	0,9	162	180	120	15,15	1
10	R	Salon 8	1	0,9	162	180	120	12	1
Carga Instalada [W]			3402						
Factor de potencia por elemento			0,9						
Demanda Maxima [W]			3780						
Demanda Maxima Total [VA]			3780,00						

Figura 17 Cuadro de cargas tablero de UPS

Desbalance

SP	SM	%Desbalance
1960,00	2040,00	4,08

	Corriente [A]
Lampara 40 W→	0.37
Lampara 30 W→	0.25
Lampara 24 W→	0.2

Tipo Tablero	Factor de Potecia [fp]	Dmax [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Cobre/ Aluminio	Calibre Fase [AWG/Kcmil]	R Del Conductor 60°C [ohm/km]	XI Del Conductor 60°C [ohm/km]	Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caida de Tension [%]
TGBT	0,9	10560,00	220,00	2	Cu	8	2,56	0,213	24,000	30,00	30	0,16
TSBT	0,9	7851,11	220,00	40	Cu	8	2,56	0,213	17,843	22,30	30	2,33
TTBT	0,9	7546,67	220,00	40	Cu	8	2,56	0,213	17,152	21,44	30	2,24
TRBT	0,9	3780,00	220,00	20	Cu	10	3,94	0,207	8,591	10,74	30	0,85
TABT	0,9	29737,78	220,00	30	Cu	6	1,61	0,21	67,586	84,48	80	2,84

Figura 18 Cuadro de cargas totales

	S [VA]	S [kVA]
<b>Demanda Maxima Total →</b>	29737,78	29,74

TABT																
N° Circuito	Fase	Descripción Circuito Ramal	Factor de Potecia [fp]	Potencia Circuito [W]	Potencia Circuito [VA]	Tension [V]	Distancia Tablero [m]	Polos	Cobre/ Aluminio	Calibre Fase [AWG/Kcmil]	R Del Conductor 60°C [ohm/km]	XI Del Conductor 60°C [ohm/km]	Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caida de Tension [%]
1	R	TTBT	0,9	6792	7546,67	220	40	1	Cu	8	2,56	0,213	39,610	49,512	60	2,24234
2	S	TSBT	0,9	7066	7851,11	220	40	1	Cu	8	2,56	0,213	41,208	51,510	60	2,33280
3	T	TGBT	0,9	9504	10560,00	220	2	1	Cu	8	2,56	0,213	55,426	69,282	80	0,15688
4	R	TRBT	0,9	3402	3780,00	220	20	1	Cu	8	2,56	0,213	19,840	24,800	60	0,56157
Carga total [W]			26764,00													
Demanda Maxima Total [VA]			29737,78													

Capacidad de corriente del conductor seleccionado 75 °C	Capacidad de corriente del conductor seleccionado 90 °C	Seccion del Conductor Fase [mm2]	Calibre Neutro	Calibre Tierra	Número de conductores por fase	Número de conductores por canalización	Temperatura Ambiente [°C]	Perdidas de Energia [%]	Carga por Fase [VA]	Carga por Fase [W]	Carga por Fase [VAr]	Potencia Fase R [VA]	Potencia Fase S [VA]	Potencia Fase T [VA]	Tipo de conductor
70	80	8,36	8	8	1	0 a 3	21-25	0,03696	7546,67	6792	3289,52		3619,2	3870	2X8F+8N+8T
70	80	8,36	8	8	1	0 a 3	21-25	0,03845	7851,11	7066	3422,22	3782,4	4033,2		2X8F+8N+8T
70	80	8,36	8	8	1	0 a 3	21-25	0,00259	10560,00	9504	4603,00	5212,8		5235,6	2X8F+8N+8T
70	80	8,36	8	8	1	0 a 3	21-25	0,00926	3780,00	3402	1647,66	1800	1980		2X8F+8N+8T
Totales												10795,20	9632,40	9105,60	

Desbalance

SP	SM	%Desbalance
9844,40	10250,00	4,12

Figura 19 Cuadro de cargas de tablero general de acometida



## D. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

Los materiales por instalar se seleccionarán con el tipo de aislamiento de acuerdo con el nivel de tensión de servicio de la siguiente manera:

NIVEL	AISLAMIENTO (Kv)	BIL (Kv)
Baja tensión	0,6	25
Media tensión 13,8 Kv	15	95
Media tensión 34,5 Kv	36	200
Alta tensión 13.8 Kv	145	600

*Figura 20 Guía de coordinación de aislamiento*

Considerando que las redes eléctricas están sujetas a posibles problemas de sobretensiones, la presente sección de la memoria de cálculo tiene como objetivo la selección de la tensión soportada normalizada de los equipos teniendo en cuenta las sobretensiones que pueden aparecer, así como los medios de protección que se pueden instalar y las condiciones ambientales de la zona, para obtener un riesgo de fallo aceptable.

- Se analizarán a continuación los siguientes aspectos, propios de la subestación que se encuentra en análisis:
- Sobretensiones en redes eléctricas: Causas y efectos, caracterización.
- Selección del aislamiento.
- Cálculo de dispositivos de protección, contra sobretensiones transitorias.

## NIVELES DE AISLAMIENTO NORMALIZADOS

Las tensiones normalizadas de soportabilidad están asociadas con la tensión máxima para equipos de acuerdo con la siguiente tabla, tomada de IEC 60071-1 (2006). Las cuales están sujetas a las siguientes restricciones:

- Para aislamiento fase-fase, las tensiones fase-fase de soportabilidad a frecuencia industrial de corta duración e impulso atmosférico son iguales a las tensiones de soportabilidad fase-tierra respectivas. Los valores en paréntesis, sin embargo, pueden ser insuficientes para probar que las tensiones de soportabilidad requeridas se cumplen y podría ser necesario realizar pruebas de soportabilidad fase-fase adicionales.
- Para aislamiento longitudinal, rango I, las tensiones de soportabilidad normalizadas a frecuencia industrial de corta duración y al impulso atmosférico son iguales a las respectivas tensiones de soportabilidad fase-tierra

Niveles de aislamiento normalizados para las tensiones asignadas del rango I ( $1\text{kV} \leq U_m \leq 245\text{ kV}$ )

Tensión máxima del equipo $U_m$ [kV] (valor eficaz)	Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial [kV] (valor eficaz)	Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo rayo [kV] (valor pico)
3.6	10	20 40
7.2	20	40 60
12	28	60 75 95
17.5	38	75 95

Figura 21 Niveles de aislamiento normalizados

Como parte del análisis se puede concluir que según la RETIE establece directamente que la frontera entre **baja** y **media tensión** se encuentra en **1 000 V** nominal. Cualquier instalación con tensión nominal  $\leq 1000 \text{ V}$  es BT y no está sujeta a las normas específicas diseñadas para MT (como el análisis de aislamiento que requiere diseño detallado).se concluye que NO APLICA para esta instalación.

## **E. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA.**

Este cálculo tiene por objetivo, establecer los niveles de corto circuito en la instalación eléctrica a implementar y de esta manera obtener las capacidades de interrupción de los diferentes elementos de protección a utilizar en los nodos del circuito.

Los cálculos se realizarán tomando el peor escenario, el cual implica una falla trifásica en el transformador, que genera una condición de impedancia cero en sus bornes de salida, estado que genera las máximas cargas térmicas y mecánicas en el sistema.

El proyecto se conectará a la red de baja tensión del transformador de distribución más cercano, el valor de cortocircuito de dicho transformador debe ser consultado al operador de red de la zona. Todo el procedimiento de análisis y cálculos de corto circuito están descritas en el Apéndice O.

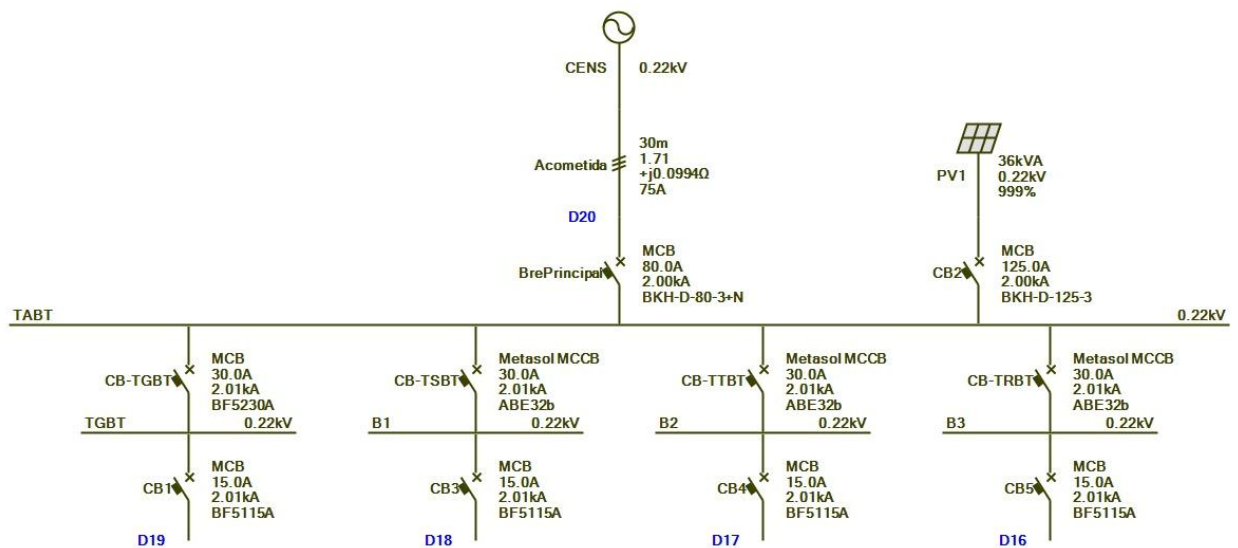


Figura 22 Análisis de cortocircuito

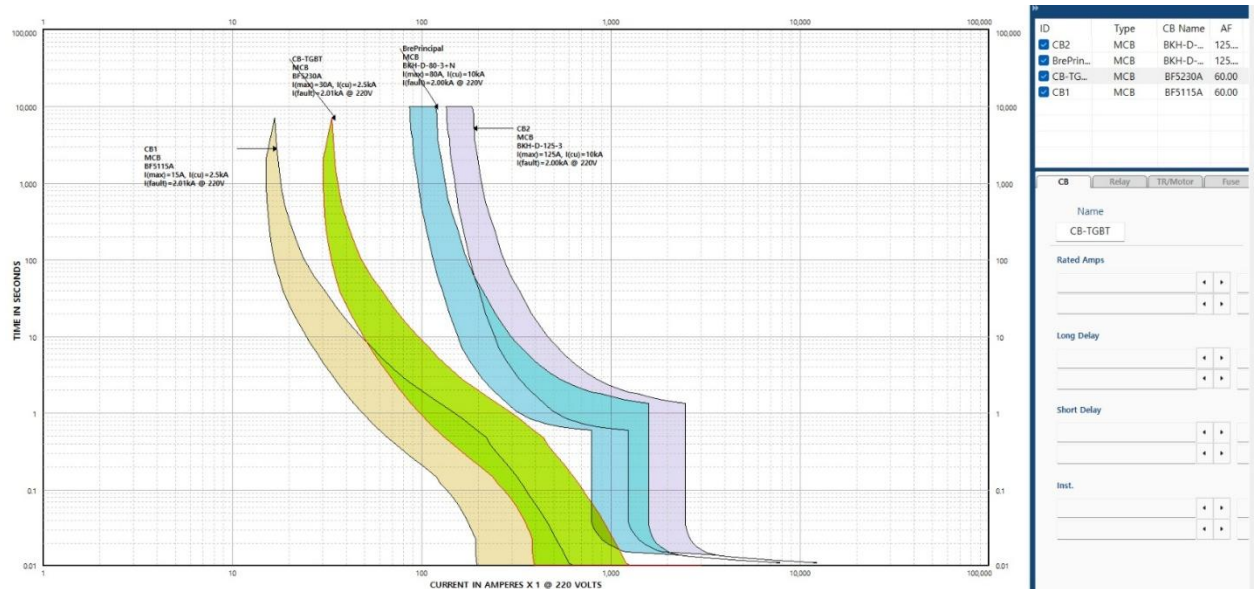


Figura 23 Análisis de cortocircuito

## F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.

Para nuestro caso el colegio está conectado a BT ( $BT \leq 1000 \text{ V}$ ) lo cual significa que no aplica para el análisis de tensión requerido, No hay solicitud de cambio en el nivel de tensión por lo tanto NO APLICA.

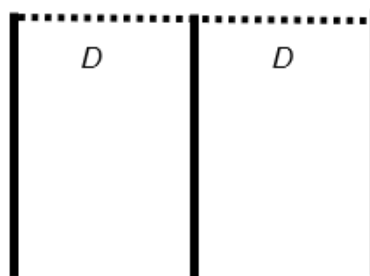
En el presente proyecto se consideran los niveles de tensión normalizados en Colombia, según la NTC 1340.

## **I. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

Para el diseño de puesta a tierra se toman las recomendaciones de la NTC 2050 y el RETIE. Según el RETIE y sugerencias vistas en otros proyectos el calibre utilizado para el sistema de puesta a tierra es # 1/0 AWG de cobre desnudo.

Para el cálculo de las varillas se utiliza una longitud de 2,44 [m] y un diámetro de varilla de 5/8 '' o 0,015875 [m] de cobre como lo indica la NTC 2050 sección 250.52(A)(5). El diseño del sistema puesta a tierra se conoce como un arreglo de 3 electrodos en línea donde la separación  $D$  son 5 [m], el arreglo se muestra en la siguiente figura. La profundidad a la que estarán enterrados los electrodos del sistema de puesta a tierra es de 0,5 [m].

### **3 Electrodos en línea**



*Figura 24 Electrodos de puesta a tierra*

Los resultados detallados de la evaluación y el análisis técnico se presentan en el Apéndice I.

## **J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.**

En cumplimiento con el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) 2024**, particularmente lo establecido en el numeral **11.5.4 sobre eficiencia energética**, se realizó el análisis económico de diferentes calibres de conductores de cobre, teniendo en cuenta el impacto de las pérdidas por efecto Joule y su repercusión en el costo de la energía a lo largo de la vida útil del sistema.

- Este análisis es fundamental para determinar no solo la viabilidad técnica, sino también la eficiencia económica de las soluciones eléctricas propuestas, evaluando:
- La pérdida de potencia (W) por resistencia eléctrica.
- La energía desperdiciada durante 25 años.
- El costo inicial del conductor.
- El costo acumulado de la energía perdida.
- El costo total del sistema por conductor.

*Tabla 2 Cuadro de cargas de tablero general de acometida*

Calibre	Corriente (A)	Resistencia total (Ω)	Pérdida (W) = I <sup>2</sup> ·R	Energía 25 años (kWh)	Costo energía (\$) = kWh·600	Costo inicial (\$)	Costo total (\$)
8 AWG	40 A	0.205 Ω	328.0 W	71,832.00 kWh	\$ 43,099,200	\$ 500,00	\$ 43,599,200
12 AWG	15 A	0.5211 Ω	117.2 W	25,677.20 kWh	\$ 15,406,320	\$ 300,00	\$ 15,706,320
2 AWG	70 A	0.054 Ω	264.6 W	57,947.40 kWh	\$ 34,768,440	\$1,500,000	\$ 36,268,440
10 AWG	20 A	0.3277 Ω	131.1 W	28,706.52 kWh	\$ 17,223,912	\$ 400,00	\$ 17,623,912

Tenido en cuenta lo mostrado en la tabla anterior podemos inferir que:

- El conductor 12 AWG resulta ser la opción más rentable en el horizonte analizado, debido a su bajo costo inicial combinado con pérdidas relativamente pequeñas en las condiciones y corrientes asumidas.
- El calibre 10 AWG aparece como la segunda opción más económica, ofreciendo un balance aceptable entre costo de adquisición y pérdidas por efecto Joule para las corrientes consideradas.
- El conductor 2 AWG, pese a sus bajas pérdidas eléctricas, no es la opción más económica en este análisis específico, porque su elevado costo inicial (supuesto) incrementa el costo total acumulado durante los 25 años; sin embargo, en escenarios con corrientes mayores o largas distancias su competitividad puede mejorar significativamente.
- El calibre 8 AWG presenta el costo total más alto en las condiciones evaluadas, debido a la combinación de la corriente asumida y la resistencia total empleada, que generan pérdidas energéticas elevadas y, por ende, un mayor costo acumulado de energía.

**K. ESPECIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR, DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909 U OTRA EQUIVALENTE.**

Como parte del diseño de las instalaciones eléctricas de baja tensión, es obligatorio verificar la capacidad térmica de los conductores frente a corrientes de cortocircuito, tal como lo exige el **RETIE 2024**

(numerales 11.5.3.1 y 11.5.4) y conforme a las metodologías establecidas en la norma **IEC 60909** para el cálculo de cortocircuitos.

*Tabla 3 Parámetros del transformador*

Parámetro	Valor
Capacidad instalada	2.22222 kVA
Tensión secundaria (L-L)	208 V
Corriente de cortocircuito	10.8 kA (según red)
Tensión subestación nominal	13.8 kV
Impedancia (estimada)	Supuesta 5%
Longitud de cable	100 m
Factor de corrección (c)	1.1

Dado que no se especifica explícitamente la impedancia del transformador en porcentaje, se adopta un valor típico de **5%**, conforme a transformadores estándar de esta capacidad. Para especificación de cálculo de corriente cortocircuito de la red y la capacidad de corriente por conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, los datos proporcionados por CENS del transformador se calculó la  $Z$  del transformador:

$$Z_{trafo} = \frac{208^2 * 5}{100 * 2222.22} = 0.0975 \Omega$$





Usando la metodología de la norma **IEC 60909**, se calcula la corriente de cortocircuito trifásica inicial en baja tensión ( **$I_k$** ) para diferentes calibres de conductor, considerando una longitud de 100 m y aislamiento tipo XLPE.

*Tabla 4 Especificación de conductor*

Calibre	Z conductor ( $\Omega$ ) (100 m)	Z total ( $\Omega$ ) = Z_trafo + Z_conductor	$I_k$ (A)
8 AWG	0.2061	0.3036	628 A
2 AWG	0.0513	0.1488	1,281 A
10 AWG	0.3277	0.4252	448 A
12 AWG	0.5210	0.6185	308 A

La siguiente tabla muestra si cada conductor puede resistir térmicamente la corriente de cortocircuito durante 0.2 s sin exceder su capacidad térmica:

*Tabla 5 Cumplimiento de los conductores seleccionados*

Calibre original	Corriente C.C. $I_k$ (A)	Sección mínima requerida (mm <sup>2</sup> )	Sección real propuesta (mm <sup>2</sup> )	¿Cumple?
8 AWG	628 A	22.1 mm <sup>2</sup>	<b>25 mm<sup>2</sup></b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
2 AWG	1.281 A	45.0 mm <sup>2</sup>	<b>50 mm<sup>2</sup></b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
10 AWG	448 A	15.7 mm <sup>2</sup>	<b>16 mm<sup>2</sup></b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
12 AWG	308 A	10.8 mm <sup>2</sup>	<b>12 mm<sup>2</sup></b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí

El único conductor que cumple con los requisitos térmicos de soporte de cortocircuito es el calibre 2 AWG corregido a sección comercial equivalente. Los calibres 8, 10 y 12 AWG no son adecuados para esta instalación si se espera una corriente de cortocircuito del orden de 1.281 A y un tiempo de disparo de 0,2 segundos.



Para cumplir con la norma, se recomienda:

- Usar protección de disparo ultrarrápido (curvas instantáneas o fusibles de alta capacidad de ruptura). Bien, aumentar la sección de los conductores para garantizar el cumplimiento térmico, tal como se muestra en la tabla anterior.

**M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2 ANEXO A.**

De acuerdo con el RETIE 2024, el sistema eléctrico proyectado en baja tensión cuenta con una estructura jerárquica de protecciones que permiten garantizar la seguridad de personas, equipos y conductores, así como la continuidad del servicio ante eventos de sobre corriente (sobrecarga o cortocircuito).

En cumplimiento con lo establecido en la norma IEC 60947-2, Anexo A, se permite la aplicación de coordinación basada en las características de limitación de corriente de los dispositivos de protección seleccionados.

*Tabla 6 Selección de protecciones*

Nivel	Elemento protegido	Dispositivo de protección	Tipo de interruptor	Curva	Certificación
1	Acometida general	Breaker 3P 100 A / 125 A	Termomagnético	C	IEC 60947-2



2	Subcircuitos principales	Breaker 2P 30 A	Termomagnético	C	IEC 60947-2
3	Circuitos de iluminación/tomacorriente	Breakers 1P 10 A, 15 A, 20 A	Termomagnéticos	C	IEC 60947-2
4	Sistema fotovoltaico (salida AC de inversores)	Breaker 1P 30 A	Termomagnético	C	IEC 60947-2

Todos los dispositivos son del tipo **limitadores de corriente**, con curvas de disparo y energía pasante (I<sup>2</sup>t) proporcionadas por el fabricante, cumpliendo con los ensayos establecidos en IEC 60947-2 (Anexo A).

### Análisis de coordinación y selectividad

La **coordinación** se verifica con base en:

- **Jerarquía funcional** de protecciones: asegurando que, ante una falla, actúe **solo el interruptor más cercano** al punto de falla.
- **Comparación de curvas de disparo** (tiempo vs. corriente): se evita que dos interruptores actúen simultáneamente.
- **Limitación de energía pasante ( $I^2t$ )**: se comprueba que la energía térmica liberada en un cortocircuito **no exceda la capacidad térmica de los conductores** protegidos aguas abajo.

El sistema de energía solar distribuida cuenta con un **termomagnético 1P 30 A** en corriente alterna para la salida del micro inversor hacia el tablero general. Este dispositivo:

- Asegura la **desconexión rápida en caso de falla** en el lado AC del sistema.
- Está coordinado con la protección aguas arriba (30 A 2P y 100/125 A 3P) utilizando la misma lógica de **limitación de corriente y verificación térmica**.
- Está certificado bajo **IEC 60947-2**, cumpliendo lo exigido por RETIE para conexiones de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.

La selección de dispositivos de protección y su coordinación se realiza conforme a la normativa vigente (RETIE 2024), y siguiendo las recomendaciones de la **IEC 60947-2 Anexo A**, garantizando:

- Protección térmica y dinámica efectiva para todos los niveles del sistema.
- Selectividad operativa ante fallas, minimizando la interrupción del servicio.
- Protección integral de los conductores, aún en presencia de corrientes de cortocircuito elevadas.
- Cumplimiento con el criterio de diseño detallado exigido por el RETIE en sistemas de baja tensión

Todo lo mencionado anteriormente se puede encontrar en el anexo de Excel de cuadro de cargas donde se muestra el cálculo de cada uno de protecciones colocadas en la instalación eléctrica.



Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caída de Tension [%]
4,330	5,413	15	1,16284
7,840	9,800	15	1,94079
7,800	9,750	15	1,93206
4,100	5,125	15	1,35327
4,500	5,625	15	0,87768
4,500	5,625	15	0,72915
1,500	1,875	15	0,34094
6,000	7,500	15	0,83717
6,000	7,500	15	1,36377
3,000	3,750	15	0,54011
6,000	7,500	15	0,76515
6,000	7,500	15	1,44029
6,000	7,500	15	1,27916
3,000	3,750	15	0,54011
7,500	9,375	15	1,35027
9,000	11,250	15	1,62032

Figura 25 Protecciones TGBT

Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caída de Tension [%]
6,660	8,325	15	1,89948
2,590	3,238	15	0,78920
2,990	3,738	15	1,05508
9,000	11,250	15	1,64733
6,000	7,500	15	1,07121
4,500	5,625	15	0,96544
3,000	3,750	15	0,57612
4,500	5,625	15	1,03296
7,500	9,375	15	2,25045
4,950	6,188	15	2,13140
5,980	7,475	15	1,25605
2,960	3,700	10	0,88818
4,500	5,625	10	1,08022

Figura 26 Protecciones TSBT



Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caida de Tension [%]
8,150	10,188	15	1,93194
7,660	9,575	15	1,62961
6,100	7,625	15	1,79559
6,000	7,500	15	0,88218
6,000	7,500	15	1,08022
4,500	5,625	15	0,81016
6,000	7,500	15	0,53921
6,000	7,500	15	1,05051
6,000	7,500	15	1,24225
6,000	7,500	15	1,32507

Figura 27 Protecciones TTBT

Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caida de Tension [%]
1,667	2,083	15	0,75015
3,333	4,167	15	0,82517
3,333	4,167	15	0,82567
3,333	4,167	15	1,10022
7,500	9,375	15	1,46279
4,500	5,625	15	0,72915
3,000	3,750	15	0,68189
3,000	3,750	15	0,41858
1,500	1,875	15	0,34094
1,500	1,875	15	0,27005

Figura 28 Protecciones TRBT

Corriente [A]	Corriente 1.25% [A]	Proteccion	Caida de Tension [%]
67,586	84,48	80	1,97
17,843	22,30	30	1,56
17,152	21,44	30	1,49
8,591	10,74	30	0,57

Figura 29 Protecciones TABT

**N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBOS, DUCTOS, CANALES Y ELECTRODUCTOS), BANDEJAS PORTACABLES Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, CONDULETAS, ARMARIOS, ETC.)**

Con base en lo exigido por el RETIE 2024, los cálculos de canalizaciones eléctricas tienen como propósito garantizar:

- La seguridad térmica y mecánica de los conductores.
- El cumplimiento de los límites máximos de ocupación de canalizaciones.
- La facilidad de instalación, mantenimiento y ventilación de los cables.

El cumplimiento de los radios de curvatura y espacios mínimos para empalmes y conexiones.

Se calcularon las canalizaciones tomando como base el **diámetro externo de los conductores** y la ocupación máxima permitida según el tipo de canalización, de acuerdo con la **NTC 2050 (Capítulo 9, tablas 1 a 5)**:

*Tabla 7 Máxima ocupación de canalización*

<b>Tipo de canalización</b>	<b>Máx. ocupación (porcentaje del área)</b>
Tubos EMT, PVC, IMC, RMC	40 % (cuando hay 3 o más conductores)
Canaletas / ductos tipo bandeja	50 % – 60 % (según fabricante y norma)
Electroductos	40 % – 50 %, según condiciones de ventilación

En el caso de bandejas porta cables, se usaron las siguientes consideraciones:

- Cables multi conductores o unipolares agrupados.
- Altura mínima libre: al menos el 20 % del diámetro externo del cable más grueso.
- Se asegura que la ocupación no supere el 50 % del ancho útil de la bandeja.
- Selección de tipo de bandeja:
- Bandeja escalera o tipo malla: para facilitar ventilación de conductores.
- Altura mínima interna  $\geq 50$  mm (si se agrupan varios niveles de cables).

## DUCTOS Y CANALIZACIONES UTILIZADAS

*Tabla 8 Ductos y canalización utilizadas*

Ubicación / uso	Tipo de ducto	Diámetro	Uso previsto	Conductores estimados	Calibre típico	Cumple con 40% ocupación
Acometida general	PVC	2"	Entrada de red → tablero general	3 conductores	6 AWG o 2/0 AWG	<input checked="" type="checkbox"/> Sí (ocupación ≈ 25–30%)
Circuitos derivados	PVC	¾"	Distribución a tomas/luminarias	3–4 conductores	12 AWG	<input checked="" type="checkbox"/> Sí



## Derivaciones individuales

externo del conductor, el número de fases y el conductor de puesta a tierra.

## CAJAS Y ENCERRAMIENTOS

*Tabla 9 Cajas y encerramientos*

Elemento eléctrico	Tipo de caja	Dimensiones	Uso previsto	Nº conductores + dispositivo	Volumen requerido aprox. (in³)	Volumen real caja (in³)	Cumple
Punto de toma o luz	Caja octogonal PVC	2" × 4" × 1.5"	Luminarias / tomas	4 conductores	4 × 2 = 8 in³	~13.0 in³	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Interruptores	Caja rectangular PVC	2" × 4" × 2.5"	1 interruptor + 4 cond.	4 + 2 = 6 unidades	12 in³	~18.0 in³	<input checked="" type="checkbox"/> Sí

Las cajas seleccionadas permiten alojar adecuadamente los conductores, empalmes y dispositivos, manteniendo una reserva de volumen, lo que garantiza buena ventilación, facilidad de mantenimiento y cumplimiento con el radio de curvatura de los conductores.

**O. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.**

El análisis de pérdidas de energía en los conductores es un aspecto clave en el diseño de instalaciones eléctricas, ya que incide directamente en la eficiencia del sistema y en los costos de operación a lo largo de la vida útil del proyecto. Estas pérdidas se producen principalmente por el efecto Joule, debido al paso de la corriente eléctrica a través de la resistencia propia del conductor.

$$\%Pp = \frac{I_{125\%}^2 \cdot R_{cond} \cdot Distancia[m]/1000}{D_{m\acute{a}x} \cdot Fp}$$

Figura 30 Perdidas de potencia

Esta fórmula relaciona la corriente de diseño incrementada en un 25 % ( $I_{125\%}$ ), la resistencia eléctrica del conductor ( $R_{cond}$ ), la longitud del tramo considerado y las características de la carga, como la tensión nominal ( $D_{m\acute{a}x}$ ) y el factor de potencia ( $Fp$ ).

De esta manera, se obtiene el porcentaje de pérdidas en el sistema, lo cual permite seleccionar el calibre de conductor más eficiente no solo desde el punto de vista técnico, sino también económico, reduciendo el costo asociado a la energía desperdiciada durante la operación.

A continuación, se agregarán las tablas de las pérdidas de cada uno de los circuitos por tablero:

Pérdidas de Potencia				
TGBT	TSBT	TTBT	TRBT	TABT
Pérdidas de Energía [%]	Pérdidas de Energía [%]	Pérdidas de Energía [%]	Pérdidas de Energía [%]	Pérdidas de Energía [%]
0,00736	0,01202	0,01222	0,00427	0,03696
0,01228	0,00499	0,01031	0,00470	0,03845
0,01222	0,00667	0,01136	0,00470	0,00259

0,00856	0,01042	0,00558	0,00626	0,00926
0,00555	0,00678	0,00683	0,00925	
0,00461	0,00611	0,00513	0,00461	
0,00216	0,00364	0,00341	0,00431	
0,00530	0,00653	0,00665	0,00265	
0,00863	0,01424	0,00786	0,00216	
0,00342	0,01348	0,00838	0,00171	
0,00484	0,00795			
0,00911	0,00562			
0,00809	0,00683			
0,00342				
0,00854				
0.01025				

- pág. 51

- $Z_{eff}$ : impedancia efectiva del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ), que depende de su resistencia y reactancia.
- $L$ : longitud del tramo (km).
- $N_c$ : número de conductores por fase.
- $V_L$ : tensión de línea del sistema (V).

Para sistemas trifásicos, bifásicos o monofásicos, la fórmula se ajusta aplicando factores de corrección, tal como se indica en lo siguiente:

- **3f:**  $\%R_v = M_s * K$
- **2f:**  $\%R_v = 1,5 * M_s * K$
- **1f:**  $\%R_v = 3 * M_s * K$

Donde  $M_s$  es y  $K$  viene siendo los siguiente:

$$\%R_v = \underbrace{S[VA] * L}_{M_s} * \underbrace{\left[ \frac{Z_{eff}}{N_c} * 100 \right]}_K$$

*Figura 33 Regulación de Tensión*

Los resultados de la regulación de tensión se presentan a continuación, los cuales fueron obtenidos a partir de la aplicación de las fórmulas establecidas en la metodología de cálculo. Dichos valores permiten identificar el comportamiento de la caída de tensión en los diferentes tramos del sistema eléctrico analizado, verificando si se encuentran dentro de los límites normativos permitidos. Este análisis es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y confiabilidad de la instalación, ya que una regulación adecuada asegura

el suministro de energía sin pérdidas significativas ni afectaciones en el desempeño de los equipos eléctricos.

Regulación de Tensión				
TGBT	TSBT	TTBT	TRBT	TRBT
Caida de Tension [%]	Caida de Tension [%]	Caida de Tension [%]	Caida de Tension [%]	Caida de Tension [%]
1,16284	1,89948	1,93194	0,75015	2,24234
1,94079	0,78920	1,62961	0,82517	2,33280
1,93206	1,05508	1,79559	0,82567	0,15688
1,35327	1,64733	0,88218	1,10022	0,56157
0,87768	1,07121	1,08022	1,46279	
0,72915	0,96544	0,81016	0,72915	
0,34094	0,57612	0,53921	0,68189	
0,83717	1,03296	1,05051	0,41858	
1,36377	2,25045	1,24225	0,34094	
0,54011	2,13140	1,32507	0,27005	
0,76515	1,25605			
1,44029	0,88818			
1,27916	1,08022			
0,54011				
1,35027				
1,62032				

*Figura 34 Regulación de Tensión*

## R. DIAGRAMAS UNIFILARES.

Se adjuntan los unifilares en la carpeta de planos esquemáticos donde se especifica la localización de los equipos al interior de la instalación eléctrica teniendo en cuenta cada norma para la selección de equipos según la normativa vigente.

## S. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.

Se adjuntan planos esquemáticos donde se especifica la localización de los equipos al interior de la instalación eléctrica teniendo en cuenta cada norma para la selección de equipos según la normativa vigente.

**T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.**

Todo el material utilizado en la ejecución de la obra deberá contar con certificado de conformidad con el RETIE, expedido por un Organismo de certificación de productos acreditado ante el ONAC. Además, todo el producto será instalado en total acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para esto se hizo un presupuesto con cada elemento a utilizar en la instalación eléctrica y FV.

Con base en la selección de equipos y componentes realizada, a continuación, se presenta el presupuesto estimado para el sistema fotovoltaico y elementos utilizados en el diseño como es la iluminación y afines propuesto, el cual incluye módulos solares, inversor, estructura de soporte, elementos de protección, sistema de puesta a tierra, mano de obra y demás accesorios necesarios para su correcta instalación, puesta en marcha y conexión a la red.

Este presupuesto tiene carácter referencial y está sujeto a ajustes de acuerdo con las condiciones específicas del sitio de instalación, la disponibilidad de materiales en el mercado y las cotizaciones finales de los proveedores autorizados.

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS						
OBRA:				CONTRATO		
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	CANT	V.UNITARIO	V.TOTAL
1,00		ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN				
1,01	C	Cable THHN 3 * 2 AWG Fase R, S, T (3 conductores) concentrico	m	50	\$ 75.000,00	\$ 3.750.000,00
1,02	C	Cable THHN 2 AWG Neutro	m	50	\$ 50.000,00	\$ 2.500.000,00
1,03	C	Ducto PVC 2"	m	20	\$ 14.200,00	\$ 284.000,00
1,04	C	Lubricante para cableado	un	1	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
1,05	C	Cinta aislante 20 mts	un	3	\$ 30.000,00	\$ 90.000,00
1,06	C	Abrazaderas y fijaciones	un	15	\$ 2.000,00	\$ 30.000,00
1-ST		Subtotal				\$ 6.694.000,00
2,00		TABLEROS				
2,01	C	Breakers termomagnéticos 1P 30A	un	7	\$ 30.000,00	\$ 210.000,00
2,02	C	Breaker principal 1P 80A	un	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
2,03	C	Borneras, canaletas internas	un	3	\$ 30.000,00	\$ 90.000,00
2,04	C	Etiquetas, rótulos	un	3	\$ 20.000,00	\$ 60.000,00
2,05	C	Tornillería, anclajes, cableado interno	un	3	\$ 30.000,00	\$ 90.000,00
2,06	C	Tableros secundarios 18 circuitos 2F(TGBT,TRBT,TTBT,TSBT)	un	4	\$ 300.000,00	\$ 1.200.000,00
2,07	C	Tableros primario 12 circuitos 3F (TABT)	un	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
2-ST		Subtotal				\$ 2.400.000,00
3,00		INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA				
3,01	C	Tuberia PVC de 1/2"	m	570	\$ 10.000,00	\$ 5.700.000,00
3,02	C	Estructura metálica soporte aluminio/acero galvanizado FV	m2	11	\$ 1.000.000,00	\$ 11.000.000,00
3,03	C	Tubería PVC o EMT para canalización AC/DC FV	m	50	\$ 10.000,00	\$ 500.000,00
3,04	C	Cajas de derivacion	un	12	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00
3,05	C	Tuberia PVC de 3/4"	m	150	\$ 15.000,00	\$ 2.250.000,00
3-ST		Subtotal				\$ 19.510.000,00
4,00		SISTEMA DE ILUMINACIÓN				
4,01	C	Montaje - Luminaria LED LINEAL COMERCIAL 40W DL UNV	un	172	\$ 150.000,00	\$ 25.800.000,00
4,02	C	Montaje - Luminaria LED PANEL RD 24W DL 100-277V	un	26	\$ 30.000,00	\$ 780.000,00
4,03	C	Montaje - Luminaria LED PANEL RD NW UNV 30 W	un	26	\$ 35.000,00	\$ 910.000,00
4,04	C	Montaje - Luminaria LED EMERGENCIA R3 DESIGN	un	34	\$ 75.000,00	\$ 2.550.000,00
4-ST		Subtotal				\$ 30.040.000,00
5,00		SALIDAS DE TOMACORRIENTES Y INTERRUPTORES				
5,01	C	Tomacorriente 15A, 180 V (tipo universal o NEMA 6-15R)	un	129	\$ 5.000,00	\$ 645.000,00

5,02	C	Tomacorriente 15A, 180 V (tipo universal o NEMA 6-15R) GFCI	un	15	\$ 10.000,00	\$ 150.000,00
5,03	C	Caja octogonal PVC o metálica 2x4"	un	144	\$ 3.000,00	\$ 432.000,00
5,04	C	Caja rectangular 2x4" (PVC o metálica) para interruptor	un	32	\$ 3.000,00	\$ 96.000,00
5,05	C	Interruptor 15A – 250 V (unipolar) doble	un	14	\$ 20.000,00	\$ 280.000,00
5,06	C	Interruptor 15A – 250 V (unipolar) conmutable	un	4	\$ 25.000,00	\$ 100.000,00
5,07	C	Interruptor 15A – 250 V (unipolar) sencillo	un	14	\$ 15.000,00	\$ 210.000,00
5,08	C	Tomacorriente Naranja Regulada Codelca 15a C-012 125v - 250v	un	21	\$ 30.000,00	\$ 630.000,00
5-ST		Subtotal				\$ 2.543.000,00
6,00		SISTEMA FOTOVOLTAICO				
6,01	C	LONGI LR7-72HTH-610M	un	66	\$ 700.000,00	\$ 46.200.000,00
6,02	C	Inversor MAC 36KTL3-XL	un	1	\$ 15.000.000,00	\$ 15.000.000,00
6,03	C	Proteccion DC 20A	un	5	\$ 150.000,00	\$ 750.000,00
6,04	C	Cableado solar PV1-F 4 mm² + conectores MC4	m	100	\$ 10.000,00	\$ 1.000.000,00
6,05	C	Proteccion 125 A 3P	un	1	\$ 750.000,00	\$ 750.000,00
6,06	C	Cableado solar PV1-F 4 mm² AC 125 A	m	40	\$ 20.000,00	\$ 800.000,00
6,07	C	Cable THHN 10 AWG Tierra	m	100	\$ 10.000,00	\$ 1.000.000,00
6,08	C	Cable THHN 8 AWG Tierra	m	40	\$ 12.000,00	\$ 480.000,00
6,09	C	Tablero de interconexión AC con breakers + SPD + protección diferencial	un	1	\$ 850.000,00	\$ 850.000,00
6-ST		Subtotal				\$ 66.830.000,00
7,00		PROTECCIONES				
7,01	C	Breakers termomagnéticos 1P 15A TGBT	un	16	\$ 25.000,00	\$ 400.000,00
7,02	C	Breakers termomagnéticos 1P 15A TSBT	un	13	\$ 25.000,00	\$ 325.000,00
7,03	C	Breakers termomagnéticos 1P 15A TTBT	un	10	\$ 25.000,00	\$ 250.000,00
7-ST		Subtotal				\$ 975.000,00
8,00		CABLEADO				
8,01	C	Cable Cu # 12 AWG + N THHW/ THWN	m	500	\$ 5.000,00	\$ 2.500.000,00
8,02	C	Cable Cu # 12 AWG THHW/ THWN	m	70	\$ 4.000,00	\$ 280.000,00
8,03	C	Cable Cu # 8 AWG THHW/ THWN 3F (Tablero S)	m	100	\$ 10.000,00	\$ 1.000.000,00
8,04	C	Cable THHN 8 AWG TIER (verde)	m	570	\$ 6.700,00	\$ 3.819.000,00
8-ST		Subtotal				\$ 7.599.000,00
9,00		Sistema Puesta a tierra				
9,01	C	varillas copperweld 5/8" x 2.40 m, norma NTC 2206	un	3	\$ 250.000,00	\$ 750.000,00
9,02	C	Conductor de cobre desnudo 1/0 AWG	m	15	\$ 15.000,00	\$ 225.000,00
9,03	C	Conductor de cobre desnudo #6 AWG	m	15	\$ 12.000,00	\$ 180.000,00
9,04	C	Conectores mecánicos para varilla–conductor	un	3	\$ 60.000,00	\$ 180.000,00
9,05	C	Caja de inspección en concreto prefabricada	un	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
9,06	C	Barra de cobre electrolítica perforada	un	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
9,07	C	Terminales de compresión	un	2	\$ 60.000,00	\$ 120.000,00
9,08	C	Accesorios de fijación y protección	un	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
9,09	C	Pinza de grounding para molde	un	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
9,10	C	Chispero para encendido	un	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00



		SUBTOTAL DEL PRESUPUESTO			\$ 148.746.000,00
		IMPREVISTOS		5%	\$ 7.437.300,00
		IVA		19%	\$ 28.261.740,00
		TOTAL DEL PRESUPUESTO			\$ 184.445.040.00

pág. 57

## **X. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES.**

La selección, dimensionamiento y especificación técnica de los equipos de generación de energía, tanto convencionales (como plantas diésel) lo cual no aplica para el alcance del proyecto y no convencionales (sistemas fotovoltaicos), se ha desarrollado de manera detallada en un informe técnico complementario. En dicho documento se incluyen los criterios de diseño, cálculos eléctricos, análisis de capacidad instalada, rendimiento, normatividad aplicable y fichas técnicas de los componentes principales.

Este informe anexo forma parte integral del proyecto, y su consulta es necesaria para una comprensión completa del sistema de generación propuesto y su integración con la infraestructura eléctrica del colegio , el cual se encuentra en el Apéndice M.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2024. <https://www.minenergia.gov.co>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008). Reglamento Técnico de Etiquetado – RETILAP (última actualización vigente). <https://www.mincomercio.gov.co>
- ICONTEC. (2020). NTC 2050 - Código Eléctrico Colombiano. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). IEC 60364 - Low-voltage electrical installations. <https://www.iec.ch>

- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). IEC 60909 - Short-circuit currents in three-phase a.c. systems. <https://www.iec.ch>
- IEEE. (2018). IEEE Std 242™-2001 (Buff Book) - Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://ieeexplore.ieee.org>
- IEEE. (2020). IEEE Std 1584™-2018 - Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations. <https://ieeexplore.ieee.org>
- NFPA. (2023). NFPA 70 - National Electrical Code (NEC). National Fire Protection Association. <https://www.nfpa.org>
- NFPA. (2023). NFPA 70E - Standard for Electrical Safety in the Workplace. <https://www.nfpa.org>
- OSHA. (2023). Standard 29 CFR Part 1910 Subpart S - Electrical. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov>
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP 2024. <https://www.minenergia.gov.co>
- ICONTEC. (2006). NTC 5001 - Iluminación de interiores.
- ICONTEC. (2007). NTC 4994 - Iluminación de exteriores y áreas públicas.
- ICONTEC. (2009). NTC 4001 - Luminarias: Requisitos generales.
- CIE (Comisión Internacional de la Iluminación). (2019). CIE 115: Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic. <https://cie.co.at>
- CIE. (2022). CIE S 017/E:2022 - ILV: International Lighting Vocabulary.

- IESNA. (2017). IES Lighting Handbook, 10th Edition. Illuminating Engineering Society of North America. <https://www.ies.org>
- ANSI/IES. (2020). ANSI/IES RP-8-18 - Roadway Lighting. <https://www.ies.org>
- ANSI/IES. (2022). ANSI/IES RP-29-20 - Lighting for Educational Facilities.
- UNE. (2022). UNE-EN 12464-1: Iluminación de lugares de trabajo – Parte 1: Interiores. Asociación Española de Normalización.