

CENTRO DE EXPERIENCIA REGIONAL DEL CAFE

FUNDACIO NACIONAL DE CAFETEROS

CM INGENIERÍA Y CONSULTORIA DISEÑO DETALLADO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DICIEMBRE DE 2025

Revisión	Fecha dd/mm/aaaa	Descripción de la revisión
01	20/04/2026	Versión 01
02	07/05/2026	Versión 02

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
UBICACIÓN GEOGRAFICA	4
DISEÑO ELÉCTRICO	5
A. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	6
B. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medida para mitigarlos.	11
C. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	14
D. Coordinación de aislamiento	14
E. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra	21
F. Análisis del nivel tensión requerido.	21
H. Cálculo de transformadores, incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia de la carga.	22
I. Sistema de puesta a tierra	22
J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, cargas resultantes y costos de energía	23
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	24
M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.	26
N. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	35
O. Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	35
P. Cálculos de regulación de tensión	36
Q. Áreas clasificadas como peligrosas – (No aplica)	36
R. Diagramas unifilares – (Aplica)	36
S. Planos eléctricos para construcción – (Aplica)	37
T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	37
U. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	37
V. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	38
W. Estudios adicionales – (No aplica)	38
X. Equipos de generación de energía (No aplica)	38

INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente documento es especificar las características técnicas, observaciones y detalles asociados al diseño de las instalaciones eléctricas, garantizando el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, en particular lo establecido en el Título 3 “Diseño de instalaciones eléctricas”. En este sentido, se da cumplimiento al numeral 3.3.1.1 correspondiente a “Diseño detallado”, el cual establece los requisitos técnicos que deben ser considerados en el desarrollo del diseño eléctrico. Este documento se desarrolla como soporte técnico del proyecto de instalaciones eléctricas de la Cervecería Unión, ubicada en el departamento de Antioquia, asegurando que el diseño propuesto cumpla con los lineamientos normativos vigentes y las condiciones de operación requeridas

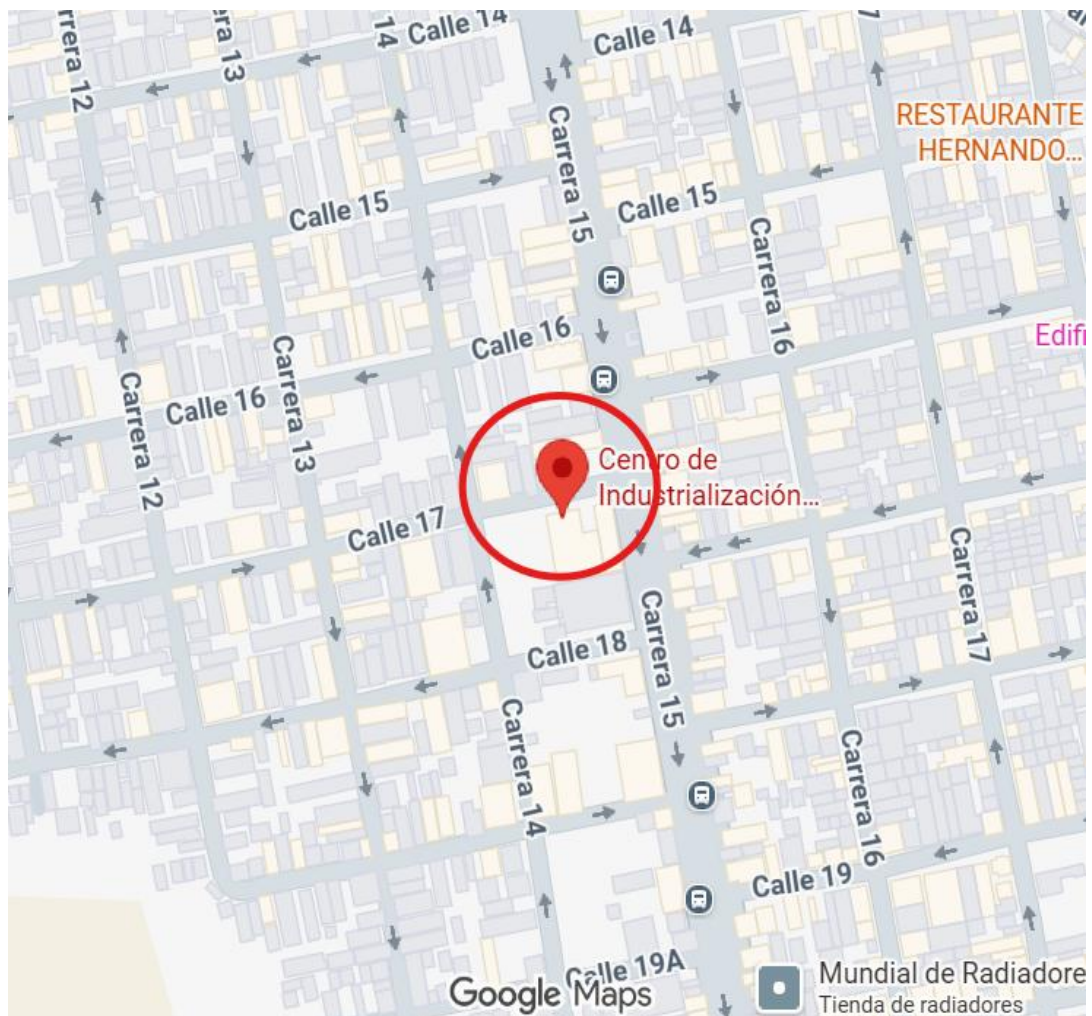
GENERALIDADES DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto	Centro de experiencia regional del café
Nivel de Tensión	13.2 kV/220-127V
Operador de Red	ESSA
Tipo de instalación	Comercial -Industrial
Ubicación	Bucaramanga – Santander
Subestación eléctrica	Interna
Transformado	75 Kva-Seco-Clase H

UBICACIÓN GEOGRAFICA

La instalación eléctrica se desarrollará en la dirección **calle 17 # 14-48**, ubicada en el sector centro del municipio de Bucaramanga, departamento de Santander.

Ilustración 1. Ubicación del Centro de Experiencia Regional del Café.



DISEÑO ELÉCTRICO

Considerando la reglamentación nacional que rige para las instalaciones eléctricas RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas). En su artículo 3.3.1. "Instalaciones eléctricas que requieren diseño". Se exige para todo proyecto el cumplimiento del numeral 3.3.1.1 "Diseño Detallado", por lo cual a continuación anexamos cuadro resumen de la lista de aplicables para el proyecto CENTRO DE EXPERIENCIA REGIONAL DEL CAFE.

ITEM	DESCRIPCION	APLICA	
		SI	NO
a	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X	
b	Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	X	
c	Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	X	
d	Coordinación de aislamiento eléctrico.	X	
e	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	X	
f	Análisis del nivel tensión requerido.	x	
g	Cálculos de campos electromagnéticos.		X
h	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	X	
i	Sistema de puesta a tierra.	X	
j	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	X	
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.	X	
l	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.	X	
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.	X	
n	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	X	
o	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	X	
p	Cálculos de regulación de tensión.	X	
q	Áreas clasificadas como peligrosas.		X
r	Diagramas unifilares.	X	
s	Planos eléctricos para construcción.	X	
t	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	X	
u	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	X	
v	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.		X
w	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.		X
x	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.		X

Tabla 1. Diseño detallado según RETIE 2024.

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

De acuerdo con lo establecido en el artículo **1.5.1.3 del RETIE 2024**, correspondiente a los factores de riesgo eléctrico más comunes, y conforme a lo indicado en la Tabla **1.5.1. 3.a.**, se identifican los principales riesgos eléctricos y las respectivas medidas de protección asociadas. En este contexto, y considerando los criterios aplicables a equipos de protección y aislamiento en baja tensión según la NTC 2050, se plantea la evaluación del nivel de riesgo mediante la matriz definida por la normativa vigente. Para ello, se aplica la matriz de evaluación de riesgos contemplada en el RETIE, teniendo en cuenta las condiciones propias del entorno, los parámetros de la instalación y la severidad establecida por la norma. Esta metodología permite analizar los once (12) factores de riesgo eléctrico más comunes, incluyendo sus causas, consecuencias y medidas de mitigación. Como resultado, se elabora la matriz de riesgos correspondiente, la cual se presenta en el anexo respectivo, junto con las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado, conforme a lo indicado en la Tabla 1.5.1.4. 1.a. del RETIE 2024.

#	ILUSTRACION	FACTOR DE RIESGO
1		<p>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.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra los rayos ultravioletas.</p>
2		<p>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>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.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>

3	 Ilustración de un trabajador en un campo de alta tensión entre dos torres de transmisión, con líneas de campo electromagnético representadas por ondas concéntricas.	<p>CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Falla en el diseño, violación de anchos de zonas de servidumbre, mediciones con equipo no calibrado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Respetar los anchos de zonas de servidumbre y los valores de límites de exposición a campos electromagnéticos.</p>
4	 Ilustración de un trabajador en un poste de alta tensión, con un símbolo de explosión o chispa indicando un contacto directo con una línea de energía.	<p>CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>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.</p>
5	 Ilustración de un trabajador en un poste de alta tensión, con un símbolo de explosión o chispa indicando un contacto indirecto a través de un componente.	<p>CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>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.</p>
6	 Ilustración de un panel de distribución eléctrica con un símbolo de rayo y una explosión, indicando un cortocircuito.	<p>CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>

7		<p>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
8		<p>EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
9		<p>RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>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.</p>
10		<p>SOBRECARGA</p> <p>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.</p> <p>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.</p>


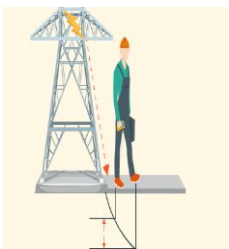
11		TENSIÓN DE CONTACTO POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.
12		TENSIÓN DE PASO POSIBLES CAUSAS: Rayos, 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.

Tabla 2. Factor de riesgos más comunes adaptada de la resolución 90708 del 2023.

RIESGO A EVALUAR:		_____ por _____ (al) o (en) _____								
		EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)					
RIESGO POTENCIAL <input type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>		PROBABILIDAD						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	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 más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (Sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador		Matricula profesional		Lugar de la evaluación		Fecha				

Tabla 3. Matriz para análisis de riesgo adoptada de la resolución 90708 del 2023.

MATRIZ PARA ANALISIS DE RIEGOS

AREAS DE RIESGO	PELIGRO	RIESGOS		GRADO DE PELIGRO			ACCIONES	
		FISICOS	MATERIAL	BAJO	MEDIO	ALTO	PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
CUARTOS ELECTRICOS	ARCOS ELECTRICOS	QUEMADURAS	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA	X			MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	CONTACTO DIRECTO	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA	X			MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	CONTACTO INDIRECTO	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA	X			MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	CORTOCIRCUITO	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA	X			MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	RAYOS	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA		X		MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	SOBRECARGA	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA	X			PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYO, MALLA DE PUESTA A TIERRA, EQUIPOTENCIALIZACION DE LOS BAJANTES DE TIERRA, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	TENSION DE CONTACTO	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA	X			PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYO, MALLA DE PUESTA A TIERRA, EQUIPOTENCIALIZACION DE LOS BAJANTES DE TIERRA, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	
	TENSION DE PASO	FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA	X			PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYO, MALLA DE PUESTA A TIERRA, EQUIPOTENCIALIZACION DE LOS BAJANTES DE TIERRA, ESTABLECER UN PROGRAMA PERIODICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACION.	

MATRIZ PARA ANALISIS DE RIEGOS

AREAS DE RIESGO	PELIGRO	RIESGOS		GRADO DE PELIGRO			ACCIONES	
		FISICOS	MATERIAL	BAJO	MEDIO	ALTO	PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
REDES DE BAJA TENSION	CONTACTO INDIRECTO	CONTUSION MUSCULAR, FIBRILACION MUSCULAR	DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL POZO	X			MANTENIMIENTO DE LAS REDES, BUEN USO ADECUADO DE LA INSTALACION ELECTRICA, NO MANIPULAR EQUIPOS TENIENDO CONTACTO CON HUMEDAD	
	CORTOCIRCUITO	FIBRILACION VENTRICULAR	DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA.		X		MANIOBRA DE LA INSTALACION POR PERSONAL CALIFICADO, DEMARCAR AREAS DE TABLERO Y EQUIPOS ELECTRICOS, RESPETAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD, CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACIONES.	
	SOBRECARGA	QUEMADURA, FIBRILACION VENTRICULAR	DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA.		X		USO ADECUADO DE LA INSTALACION EVITANDO CONECTAR MAS CARGA DE LA INDICADA EN CADA TOMA, USO ADECUADO DE EQUIPOS EVITANDO ACCIDENTES O INCENDIOS.	
	RAYOS	QUEMADURA, FIBRILACION VENTRICULAR, MURTE POR ASFIXIA O PARO CARDIACO.	DAÑOS DE LAS ESTRUCTURA, DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA ELECTRICA, PERDIDA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES. DAÑO EN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION ELECTRICA	X			PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYO, MALLA DE PUESTA A TIERRA, EQUIPOTENCIALIZACION DE LOS BAJANTES DE TIERRA, ESTABLECER UN CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y DE LAS INSTALACIONES.	

B. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medida para mitigarlos.

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), durante la etapa de diseño se debe evaluar la posible presencia de riesgos asociados a descargas eléctricas atmosféricas. Para el caso del Centro de Experiencia Regional del Café, no se identificaron condiciones que representen un riesgo significativo por este tipo de eventos, debido a que la instalación eléctrica se desarrolla al interior de una edificación existente ubicada dentro de una bodega que no presenta alturas significativas ni condiciones estructurales que incrementen la probabilidad de impacto directo de rayos. No obstante, el diseño eléctrico contempla medidas de protección complementarias, tales como la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) y la implementación de un sistema de puesta a tierra, con el fin de mitigar posibles efectos derivados de transitorios eléctricos en la instalación.

PROGRAMA DE CÁLCULO DEL RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFERICAS BASADO EN IEC 62305-2 2006			
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA			
L	Ingrese el largo de la estructura L (m)	25	◀ ▶
W	Ingrese el ancho de la estructura W (m)	20	◀ ▶
H _b	Ingrese la altura máxima de la estructura H (m)	8	◀ ▶
	Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	<input type="checkbox"/> FALSO	Imagen de estructura
Hp	Ingrese la altura máxima de la estructura sobresaliente Hp (m)	8	◀ ▶
Cd/b	Seleccione la ubicación de la estructura	Rodeado por objetos más altos o por árboles	
Ce	Seleccione el ambiente donde se localizan las acometidas	Urbano con edificios de altura entre 10 y 20 m	
r _u	Seleccione el tipo de suelo existente en el interior	Mármol, cerámica.	
r _a	Seleccione el tipo de terreno existente en el exterior	Agrícola, hormigón	
N _g	Ingrese la densidad de descargas atmosféricas a tierra (Rayos/km ² -año)	1	BUCARAMANGA
DDT	Mapa de Colombia con densidad de descargas atmosféricas a tierra	Mapa y tabla con valores de referencia (DDT)	
CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS			
ACOMETIDA DE POTENCIA			
	Marcar si la acometida de potencia proviene de una estructura adyacente	<input checked="" type="checkbox"/>	Imagen de estructura adyacente
La	Ingrese la longitud de la estructura adyacente La (m)	3	◀ ▶
Wa	Ingrese el ancho de la estructura adyacente Wa (m)	3	◀ ▶
Ha	Ingrese la altura de la estructura adyacente Ha (m)	12	◀ ▶
p	Resistividad del suelo p (Ωm) (Considerar hasta un máximo de 500 Ωm)	100	◀ ▶
Cd/a	Seleccione como es el lugar donde se encuentra el servicio	Rodeado por objetos más altos o por árboles	
	Seleccione el tipo de la acometida	Aérea <input type="radio"/>	Enterrada o Subterránea <input checked="" type="radio"/>
Hc	Ingrese la altura de los conductores del servicio sobre el terreno Hc (m)	0	◀ ▶
Lc	Ingrese la longitud de la acometida de servicio Lc (m)	35	◀ ▶
Ct	Seleccione la existencia de transformador AT/BT en la acometida	Servicio con un transformador de dos arrollamientos	
ACOMETIDA DE TELECOMUNICACIONES			
	Marcar si la acometida proviene de una estructura adyacente	<input type="checkbox"/>	Imagen de estructura adyacente
La	Ingrese la longitud de la estructura adyacente La (m)	0	◀ ▶
Wa	Ingrese el ancho de la estructura adyacente Wa (m)	0	◀ ▶
Ha	Ingrese la altura de la estructura adyacente Ha (m)	0	◀ ▶
Cd/a	Seleccione como es el lugar donde se encuentra el servicio	Rodeado por objetos o árboles de la misma o menor altura	
n	Ingrese el número de servicios conectados de comunicaciones	0	◀ ▶
	Seleccione el tipo de la acometida	Aérea <input type="radio"/>	Enterrada o Subterránea <input checked="" type="radio"/>
Hc	Ingrese la altura de los conductores de comunicaciones desde el suelo Hc (m)	0	◀ ▶
	Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	0	◀ ▶
OTRO TIPO DE ACOMETIDA			
	Marcar si la acometida de otro tipo proviene de una estructura adyacente	<input type="checkbox"/>	Imagen de estructura adyacente
La	Longitud de la estructura adyacente La (m)	0	◀ ▶
Wa	Ancho de la estructura adyacente Wa (m)	0	◀ ▶
Ha	Altura de la estructura adyacente Ha (m)	0	◀ ▶
Cd/a	Seleccione como es el lugar donde se encuentra el servicio	Aislado sin otros objetos en las proximidades	
n	Ingrese el número de servicios conectados	0	◀ ▶
	Seleccione el tipo de la acometida	Aérea <input type="radio"/>	Enterrada o Subterránea <input checked="" type="radio"/>
Hc	Ingrese la altura de los conductores desde el suelo Hc (m)	0	◀ ▶
	Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	0	◀ ▶

ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO

Marque las medidas adoptadas frente a los voltajes de paso y contacto (P_A)

<input type="checkbox"/>	Sin medidas de protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Colocación de avisos o señalizaciones de advertencia	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Aislamiento eléctrico de conductores expuestos (Bajantes)	<input type="checkbox"/>	Empleo de refuerzos estructurales (Cabillas) como bajante	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Equipotencialización efectiva del terreno	<input checked="" type="checkbox"/>	DPS previstos de conexión equipotencial (IEC 62305-3)	<input checked="" type="checkbox"/>

Seleccione el nivel de protección de la estructura utilizado contra rayos (P_B)

<input type="checkbox"/>	No protegida por un SPCR (Sistema Protección Contra Rayo)	<input checked="" type="checkbox"/>	Protegida por un SPCR Nivel I	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Protegida por un SPCR Nivel IV	<input type="checkbox"/>	Protegida por SPCR Nivel I y cabillas como bajantes	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Protegida por un SPCR Nivel III	<input type="checkbox"/>	SPCR completo, techo metálico con armaduras metálicas continuas actuando como conductores de bajada	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Protegida por un SPCR Nivel II	<input type="checkbox"/>		

Seleccione el nivel de protección interno utilizado contra sobrevoltajes (P_C)

<input type="checkbox"/>	Sin protección coordinada de dispositivos DPS	<input checked="" type="checkbox"/>	Protección interna coordinada con DPS Nivel I	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Protección interna coordinada con DPS Nivel III o IV	<input type="checkbox"/>	Utilización de DPS con mejores características al Nivel I	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Protección interna coordinada con DPS Nivel II	<input type="checkbox"/>	NOTA: Los DPS son Dispositivos Protección Contra Sobrevoltajes	

Seleccione el tipo de cableado interno

K_{S3}	Sin apantallar y sin precauciones de cableado para evitar bucles, área del lazo en el orden de 50 m^2	<input type="checkbox"/>
K_{S3}	Sin apantallar y con precauciones de cableado para evitar grandes bucles, área del lazo en el orden de 10 m^2	<input type="checkbox"/>
K_{S3}	Sin apantallar y con precauciones de cableado para evitar bucles, área del lazo en el orden de $0,5 \text{ m}^2$	<input type="checkbox"/>
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $5 < R_s < 20 \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	<input checked="" type="checkbox"/>
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $1 < R_s < 5 \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	<input type="checkbox"/>
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $1 < R_s \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	<input type="checkbox"/>
K_{S3}	Marque la casilla si la pantalla del cable esta conectada en ambos extremos a la barra equipotencial donde se conecta el equipo	<input type="checkbox"/>
K_{S1}	Si la estructura a proteger posee pantallas metálicas continuas de espesor entre 0,1 mm y 0,5 mm marque la casilla	<input type="checkbox"/>
w	Ancho de la malla de la pantalla espacial o malla de conductores de bajada o distancia entre columnas metálicas cuando actúan como SPCR natural w (m).	0,30
		296

TIPOS DE CANALIZACION

<input type="checkbox"/>	Canalización metálica PAT ambos extremos a barra equipotencial	<input type="checkbox"/>	Canalización NO Metálica	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Están las estructuras metálicas, canalizaciones, acometidas de servicio y DPS conectados equipotencialmente según IEC 62305-3			<input checked="" type="checkbox"/>

Seleccione el menor valor de voltaje soportable al impulso U_w del equipamiento

<input type="checkbox"/>	Hasta un máximo de 1,5 KV	<input type="checkbox"/>	Hasta un máximo de 4 KV	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hasta un máximo de 2,5 KV	<input checked="" type="checkbox"/>	Hasta un máximo de 6 KV	<input type="checkbox"/>

Seleccione el voltaje soportado al impulso U_w en función del tipo de cable

<input type="checkbox"/>	Cable línea de telecomunicación (aislante de papel) 1,5 KV	<input type="checkbox"/>	Cable de potencia 60 KV	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Cable línea de telecomunicación (aislante de PVC o PE) 5 KV	<input type="checkbox"/>	Cable de potencia 75 KV	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Cable de potencia 15 KV	<input checked="" type="checkbox"/>	Cable de potencia 95 KV	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Cable de potencia 45 KV	<input type="checkbox"/>	Cable de potencia 125 KV	<input type="checkbox"/>

Acceso a las hojas de cálculo y a las tablas de factores

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS				
PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS				
Lf	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura	<input type="radio"/>	Industriales, comerciales, escuelas	
Lt	Marque si existe la posibilidad de que seres vivos estén expuestos a voltajes de paso y contacto: dentro, fuera o en ambos sitios de la estructura	<input checked="" type="checkbox"/>	En el interior de la estructura	
Lt		<input checked="" type="checkbox"/>	En el exterior de la estructura	
Seleccione el riesgo de incendio R_f				
	Ninguno	<input checked="" type="radio"/>	Alto (Estructura fabricada con material combustible)	<input type="radio"/>
	Bajo (Almacena material combustible ocasionalmente)	<input type="radio"/>	Explosiva (Estructura con riesgo de explosión)	<input type="radio"/>
	Normal (Almacena material combustible en forma permanente)	<input type="radio"/>		
Seleccione la medida de prevención para reducir las consecuencias por fuego				
r _p	Una de las siguiente medidas: Extintores; rociadores; instalaciones de alarma manual; hidrantes; compartimientos contra fuego; vías de evacuación			
Seleccione la situación especial de peligro				
h _z	Nivel bajo de pánico (edificación limitada a 2 pisos y número de personas inferior a 100)			
PÉRDIDA DE SERVICIOS ESCENCIALES				
	Gas, agua	<input checked="" type="radio"/>	Red de potencia, Telecomunicaciones, TV	<input type="radio"/>
PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE				
	Seleccione si existe herencia cultural irremplazable en la edificación <input type="checkbox"/>			
PÉRDIDAS ECONÓMICAS				
Lo	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura	Hospitales, industrial, oficina, hoteles, edificios comercial		
Lf	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura	Hospitales, industrial, museo, agricultura		
	Marque la casilla si es una propiedad donde puede producirse pérdida de animales <input type="checkbox"/>			
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA ESTRUCTURA				
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS DE VIDAS				
R1	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT	VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000000	<		0,00001
DEBIDO A QUE R1 < RT EL RIESGO ESTA DENTRO DE MARGENES REQUERIDOS				
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS SERVICIO PÚBLICO				
R2	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT	VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000014	<		0,001
DEBIDO A QUE R2 < RT EL RIESGO ESTA DENTRO DE MARGENES REQUERIDOS				
RESULTADO DE RIESGO EN PATRIMONIO CULTURAL				
R3	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT	VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000000	<		0,001
DEBIDO A QUE R3 < RT EL RIESGO ESTA DENTRO DE MARGENES REQUERIDOS				
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS ECONÓMICAS				
R4	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT	VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000014	<		0,0001
DEBIDO A QUE R4 < RT EL RIESGO ESTA DENTRO DE MARGENES REQUERIDOS				

Tabla 4. Analisis de riesgo ante descargas atmosféricas

C. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.

Se presentan los cálculos de carga considerando tanto las condiciones iniciales de operación como las posibles ampliaciones futuras de la instalación eléctrica. Este análisis incluye la estimación de la demanda, así como la evaluación del factor de potencia y la incidencia de armónicos en el sistema. El desarrollo detallado de estos cálculos y las consideraciones técnicas adoptadas se encuentran consignados en el **Anexo A (Cuadro de Cargas)**, específicamente en el apartado correspondiente al análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras.

D. Coordinación de aislamiento

El ANSI (American National Standards Institute) y la IEC (International Electrotechnical Commission) desarrollaron en paralelo estudios para la normalización de los niveles de aislamiento para equipos y bajo estos estándares se fabrican los elementos de los sistemas eléctricos alrededor del mundo. Siempre que se van a especificar equipos eléctricos, es necesario definir un nivel de aislamiento normalizado de acuerdo con una de estas normatividades.

La clasificación de los niveles de aislamiento se hace en función de la tensión V_m , que corresponde al valor eficaz máximo de la tensión entre fases del sistema. Los niveles de aislamiento se clasifican de la siguiente forma [1]:

- Gama I: Sistemas con V_m de 1 kV hasta 245 kV.

De acuerdo con la tabla F.1 de la IEC 60664-1 los equipos que se instalen en el proyecto AUMENTO DE CARGA FEDEARROZ MONTERIA – CORDOBA deben cumplir con las tensiones de impulso que allí se presentan.

TABLEROS DE BAJA TENSION

Tensión nominal de la red de alimentación ^a que se basa en la Norma IEC 60038 ^c		Tensión fase-neutro derivada de los valores nominales en c.a. o en c.c. hasta este valor inclusive	Tensión soportada a impulso asignada ^b			
Trifásico V	Monofásico V		Categoría de sobretensión ^d			
		V	I V	II V	III V	IV V
		50	330	500	800	1 500
		100	500	800	1 500	2 500
	120 a 240	150 *	800	1 500	2 500	4 000
230/400 277/480		300	1 500	2 500	4 000	6 000
400/690		600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		1 000	4 000	6 000	8 000	12 000
	>1 000 ≤ 1 250 ^f	1 250 ^f	4 000	6 000	8 000	12 000
	>1 250 ≤ 1 500 ^f	1 500 ^f	6 000	8 000	10 000	15 000

a Véase el anexo B para la aplicación a las diferentes redes de alimentación y sus tensiones nominales.

b Se pueden utilizar equipos con estas tensiones soportadas a impulso asignadas en instalaciones de acuerdo con la Norma IEC 60364-4-44.

c La marca / indica un sistema de distribución trifásico a cuatro hilos. El valor más bajo es la tensión fase-neutro, mientras que el valor máximo es la tensión fase-fase. Donde sólo se indica un valor, se refiere a sistemas trifásicos de tres hilos, y especifica el valor fase-fase.

d Véase el apartado 4.3 para una explicación de las categorías de sobretensión.

e Las tensiones nominales para sistemas monofásicos en Japón son 100 V o 100 V a 200 V. Sin embargo, el valor de la tensión soportada asignada a impulso se determina a partir de las columnas aplicables a una tensión fase-neutro de 150 V (véase el anexo B).

f Sólo para valores de c.c.

Tabla 5. Tabla F.1 IEC 60664-1 Tensión soportada a impulso asignada para equipos energizados directamente desde la red de alimentación

De acuerdo con la **Tabla 4** para los sistemas con nivel de tensión 220 V deben soportar impulsos de 4 kV sin embargo para evitar casos más severos se seleccionarán equipos que tengan la capacidad de soportar impulsos de por lo menos 6 kV.

LINEAS DE MEDIA TENSION 13.2 KV

Este análisis se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos por el operador de red Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. (ESSA) y siguiendo los criterios definidos en la Guía Metodológica para la Coordinación de Aislamiento en Redes de Distribución (GM-03)

Tensiones de coordinación temporales de corta duración

Las fallas de fase a tierra generalmente originan las mayores sobretensiones temporales en los sistemas de distribución de energía. La magnitud de las sobretensiones que se presentan durante una de estas fallas depende en gran medida del régimen de conexión

del neutro. En la Tabla 5 se presentan los valores de referencia para la magnitud de la sobretensión en los diferentes regímenes de conexión.

Sistema	Magnitud de la sobretensión sobre la tensión fase-tierra nominal de sistema, E_{LG}
Tres cables con alta resistencia a tierra o sistemas en delta	1.73
Cuatro cables con baja resistencia y múltiple conexión a tierra	1.25
Cuatro cables con alta resistencia y múltiple conexión a tierra	1.35
Tres cables con baja resistencia a tierra y puesto a tierra sólo en los extremos	1.4

Tabla 6. Sobretensión fase-tierra debido a una falla monofásica de acuerdo con el régimen de conexión del neutro

Determinación de las tensiones de coordinación V_{cw}

De acuerdo con la guía metodológica para la coordinación de aislamiento en sistemas de distribución, se deben considerar los diferentes tipos de sobretensiones que pueden afectar la integridad del sistema eléctrico, particularmente las sobretensiones temporales de corta duración y las sobretensiones de frente rápido. Estas condiciones son fundamentales para la adecuada selección de niveles de aislamiento y dispositivos de protección, garantizando la confiabilidad y seguridad de la instalación eléctrica.

Tensiones de coordinación temporales de corta duración

De acuerdo con la Tabla 3 de la guía metodológica de coordinación de aislamiento, para sistemas con neutro corrido, baja resistencia y puesta a tierra múltiple, se establece un factor ELG igual a 1.25. En consecuencia:

$$V_{cw}(\text{temporales}) = \frac{V_r}{\sqrt{3}} \times E_{LG}$$

$$V_{cw}(\text{temporales}) = \frac{13.2}{\sqrt{3}} \times 1.25$$

$$V_{cw}(\text{temporales}) = 9.53 \text{ KV}$$

Tensiones de coordinación de frente rápido

El cálculo de las sobretensiones de frente rápido se realiza con las siguientes expresiones:

Datos de los DPS seleccionados

Tensión residual al impulso tipo rayo del DPS seleccionado (LPL): 45 kV

Tensión residual al impulso tipo maniobra del DPS seleccionado (FOW): 45 kV

$$V_{cw}(\text{frente rapido aislamiento interno}) = lpl + \frac{A}{n} \times \frac{L_{(\text{aislamiento interno})}}{L_{SP} + L_a} : 45.041 \text{ kV}$$

$$V_{cw}(\text{frente rapido aislamiento externo}) = lpl + \frac{A}{n} \times \frac{L_{(\text{aislamiento externo})}}{L_{SP} + L_a} : 45.047 \text{ kV}$$

Donde:

$$L_a = R_a / R_{km}$$

R_{km} : Tasa de fallas observada 15 fallas al año

n : Número mínimo de redes de distribución conectas a la subestación, 1.

$$R_a: \frac{5}{100.000} \left(\frac{\text{fallas}}{m - \text{año}} \right), \text{ tasa de falla tolerada maxima}$$

l_{sp} : 70 m, longitud medida del vano

A : Como el sistema de distribución emplea poste de concreto con crucetas metálica de la tabla 6 se obtiene A : 900 KV

$L_{(\text{aislamiento interno})}$: 14 m, Calculado segun figura 2 segun GM 03. Coordinación de aislamiento para redes de distribución norma EPM

$L_{(\text{aislamiento externo})}$: 16m, Calculado segun figura 3 segun GM 03. Coordinación de aislamiento para redes de distribución norma EPM

Tipo de línea	A (kV)
<i>Líneas de distribución (flameo entre fases):</i>	
Con crucetas puesta a tierra (flameo a tierra a baja tensión)	900
Líneas sobre postes de madera (flameo a tierra a alta tensión)	2700
<i>Líneas de transmisión (flameo en una fase a tierra):</i>	
Conductor sencillo	4500
Haz de dos conductores	7000
Haz de cuatro conductores	11000
Haz de seis y ocho conductores	17000

Tabla 7. Factor A para los diferentes tipos de líneas aéreas

Determinación de las sobretensiones de soportabilidad requeridas

Las sobretensiones de soportabilidad requeridas se calculan mediante las siguientes expresiones

- **Sobretensiones temporales de corta duración:**

Aislamiento interno

$$V_{rw} = V_{cw} * 1.15 = 10.959 \text{ kV}$$

Aislamiento externo

$$V_{rw} = V_{cw} * 1.15 * K_a = 11.01 \text{ kV}$$

Donde:

$$ka = 1.001$$

H : Altura del apoyo

- **Sobretensiones temporales de frente rápido**

$$V_{rw} = V_{cw(\text{frente rapido aislamiento interno})} * 1.15 = 52 \text{ kV}$$

$$V_{rw} = V_{cw(\text{frente rapido aislamiento externo})} * 1.15 * ka = 51.8 \text{ kV}$$

Selección del nivel de aislamiento asignado

	SOBRETENSIONES TEMPORALES		SOBRETENSIONES POR DESCARGA ELECTRICA ATMOSFERICA	
	INTERNO	EXTERNO	INTERNO	EXTERNO
TENSIONES DE SOPORTABILIDAD REQUERIDAS	10,959 kV	11,01 Kv	52 KV	51,8 KV
MINIMAS TENSIONES DE SOPORTABILIDAD REQUERIDAS	11,01 KV		52 KV	

Tabla 8. Resultados de soportabilidad de aislamiento requeridos

Los valores mínimos de soportabilidad requeridos corresponden a **11,01 kV para sobretensiones de corta duración** y **52 kV para impulsos tipo rayo**. No obstante, es importante precisar que cualquier nivel normalizado superior a estos valores se considera técnicamente válido y aceptable. Con base en estos criterios, se realiza la adecuada selección y especificación de los equipos y materiales ubicados aguas abajo del dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS), garantizando así una correcta coordinación de aislamiento y la protección efectiva de la instalación.

Selección de aisladores

A continuación, se determinan las distancias de fuga y de arco correspondientes a los aisladores, así como las separaciones entre fases asociadas a la estructura que soporta el transformador.

$$Distancia\ de\ fuga = V_{Ln} * 1.1 * k_a * \Delta_{fuga}$$

De acuerdo con la Tabla 8, la distancia mínima de fuga para el nivel de contaminación muy ligera es 12.7 mm/kV

Nivel de contaminación	Ejemplos de ambientes típicos	Distancia de fuga específica nominal mínima mm/kV ⁽¹⁾
I - Muy ligera	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas sin densidad de industrias, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Todas estas áreas deben estar situadas a más de 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos provenientes del mar ³⁾. 	12,7
II - Ligera	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas sin industrias y de baja densidad de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas agrícolas²⁾. - Áreas montañosas. - Todas estas áreas deben estar situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos provenientes del mar ³⁾. 	16,0
III - Media	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con industrias que no producen humo particularmente contaminante y/o con una densidad promedio de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con alta densidad de casas y/o industrias sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas expuestas al viento del mar, pero no demasiado cerca de las costas (al menos a varios kilómetros de distancia)³⁾. 	20,0
IV - Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calentamiento que producen contaminación. - Áreas cercanas al mar, o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar.³⁾ 	25,0
V – Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial, que producen depósitos conductores particularmente espesos. - Áreas generalmente de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a la espuma del mar, o a vientos muy fuertes y vientos contaminantes provenientes del mar. - Áreas desiertas, caracterizadas por largos 	31,0

Nivel de contaminación	Ejemplos de ambientes típicos	Distancia de fuga específica nominal mínima mm/kV ⁽¹⁾
	períodos sin lluvia, expuestas a vientos fuertes que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	

Nota: Se recomienda aplicar esta tabla solamente a aislamientos de vidrio o porcelana y no cubre algunas situaciones ambientales, tales como hielo y nieve en contaminación fuerte, lluvia fuerte, áreas áridas, entre otros.

1. De acuerdo con la IEC 815, la distancia de fuga mínima de los aisladores entre fase y tierra relacionada con la mayor tensión del sistema (entre fases).
2. El uso de fertilizantes mediante rociado, o el quemado de residuos de cosechas puede conducir a un nivel de contaminación mayor debido a dispersión por el viento.
3. Las distancias desde la costa dependen de la topografía del área costera y de las condiciones externas del viento.

Tabla 9. Distancias de fuga recomendadas

Las distancias de arco (Fase a tierra) y entre fases son iguales para los sistemas en la gama I y se determinan con la Tabla 7.

Tensión no disruptiva normalizada al impulso de rayo KV	Distancia mínima en el aire mm	
	Estructura punta	Estructura conductor
20	60	
40	60	
60	90	
75	120	
95	160	
125	220	
145	270	
170	320	
200	380	
250	480	
325	630	
380	750	
450	900	
550	1100	
650	1300	
750	1500	
850	1700	1600
1050	1900	1700
1175	2100	1900

Tabla 10. Correlación entre tensiones no disruptivas normalizadas al impulso de rayo

Las distancias de arco (Fase a tierra) y entre fases son iguales para los sistemas en la gama I y se determinan con la Tabla 9. El aislamiento que se está especificando se encuentra aguas arriba de los DPS, por lo que no cuenta con protección contra sobretensiones y de acuerdo con lo especificado en la GM-03 GUIA METODOLOGICA COORDINACION DE AISLAMIENTO PARA REDES DE DISTRIBUCIONES SE debe trabajar con los valores de BIL de referencia dados en la Tabla 10. De esta forma se obtiene que para un BIL de 95 kV las distancias deben ser mínimo de 160 mm.

Los aisladores se deben especificar con los siguientes valores:

- Distancia de fuga mínima: 128 mm
- Distancia de arco mínima: 160 mm

La distancia entre fases se especifica con el siguiente valor:

- Distancia entre fases mínima: 160 mm

Tensión nominal kV V_{linea}	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor cresta)
13.2	38	95
33/34.5	70	170
44	70	200

Tabla 11. Tensiones de soportabilidad normalizadas de referencia para el Grupo EPM

E. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.

Para el desarrollo del proyecto no se tienen contemplado realizar estudio detallado de fallas, considerando que la instalación corresponde a un sistema de bajo riesgo operativo, además se garantiza la seguridad mediante la selección adecuada de protecciones conforme a la normativa colombiana vigente, adicional el operador de red ESSA nos brinda la corriente de corto circuito en el punto de conexión de afloramiento del proyecto eléctrico.

F. Análisis del nivel tensión requerido.

Para el caso del presente proyecto, desarrollar un análisis específico de desviaciones de frecuencia y magnitud de tensión, dado que el nivel de tensión ya se encuentra definido por el operador de red en el punto de conexión en media tensión (13,2 kV), así como en baja tensión (220/127 V) para la distribución interna. En este sentido, el control y cumplimiento de estos parámetros recaen directamente sobre la operación del sistema eléctrico nacional y del operador de red, asegurando que las condiciones de suministro se mantengan dentro de los límites normativos establecidos.

De acuerdo con lo establecido en el Código de Redes (Resolución CREG 025 de 1995 y sus modificaciones), la frecuencia nominal del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es de 60 Hz, cuyo control es responsabilidad del Centro Nacional de Despacho (CND) y de los generadores del sistema. Asimismo, se establece que las tensiones en estado estacionario deben mantenerse dentro de un rango entre el **90% y el 110%** de la tensión nominal durante periodos superiores a un minuto, garantizando condiciones adecuadas de operación y calidad del servicio eléctrico.

H. Cálculo de transformadores, incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia de la carga.

Debido a que la demanda proyectada calculada corresponde a **70,6 kVA**, se realiza la selección comercial del transformador con la capacidad normalizada inmediatamente superior, de manera que garantice el cubrimiento adecuado de la carga requerida.

ESPECIFICACIONES DEL TRANSFORMADOR		
Potencia [KAV]	75	
Relación de transformación	13,2[KV]/ 208-120[V]	
Tipo de conexión	Dy5	
Frecuencia de operación	60Hz	
Uz	3%	
voltajes[v]	13200	220
corriente nominal	3,2804	196,82
corriente de corto circuito	109,3466419	6560,798514
Tipo de transformador	Transformador tipo seco	
Clase	Clase H	

Tabla 12.Especificaciones técnicas de transformador.

Aunque se realizó un análisis comparativo entre transformadores clase F y clase H, recomendándose técnicamente el transformador clase F debido a sus características favorables, tales como mayor capacidad térmica, mejor comportamiento ante elevaciones de temperatura, mayor vida útil del aislamiento y mejor desempeño en condiciones de operación exigentes.

Sin embargo, posterior a la evaluación técnica y económica, se determinó que el transformador clase H también cumple con las condiciones operativas, eléctricas y de seguridad requeridas para el proyecto. En consecuencia, el cliente seleccionó el transformador clase H, considerando que satisface los requerimientos establecidos y representa una alternativa más económica y viable para la ejecución del proyecto.

I. Sistema de puesta a tierra.

El diseño del sistema de puesta a tierra se presenta a continuación, considerando como parámetros principales de entrada la resistividad del terreno y la corriente de cortocircuito suministrada por el operador de red en la factibilidad del servicio. Para el presente caso, se tiene una corriente de cortocircuito de **3,02 kA** y una resistividad del terreno de **100 Ω m**.

Estos valores permiten establecer los criterios de dimensionamiento y configuración de la malla de puesta a tierra, garantizando el cumplimiento de los requisitos de seguridad y desempeño establecidos en la normativa vigente.

El diseño se realiza bajo los lineamientos y criterios establecidos para sistemas de puesta a tierra, conforme a la **metodología de la norma IEEE 80**, y su desempeño es evaluado

mediante el Método de **Elementos Finitos (MEF)**. Los cálculos detallados asociados al diseño se encuentran consignados en el **Anexo D. Cálculos Sistema de Puesta a Tierra**.

J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, cargas resultantes y costos de energía.

La selección óptima del conductor en media tensión para el proyecto comercial depende de la mejor relación económica que pueda obtener teniendo en cuenta restricciones técnicas de montaje. La potencia de la carga que se desea alimentar, la tensión nominal y el factor de potencia definirá la corriente de operación del sistema. Con estos valores se puede obtener el conductor óptimo para el proyecto.

CASO	Tipo de Circuito	Inicial	Final	Temperatura del Conductor	Potencia [kVA]	Valor (\$/kWh)	Factor de potencia	Voltaje [V]	Corriente fase [A]	Corriente 1,25%	Conductor TDHN [AWG]	Corriente máxima del conductor según norma (A)	Sección transversal del conductor (mm ²)	Resistividad del material (Ω·m)	Numero de conductores por fase	Distancia [m]	Energía perdida por fase (Wh)	Pérdida en \$ por día	Valor Conductor (\$/ml)
1	TRIFASICO	AFLORAMIENTO	SUBESTACION	Cu 75°C	75	888	0,9	13200	3,28	4,10	1/0	150	5,35E-05	1,71E-08	1	50	0,27	\$ 5,729	\$ 7,328
2	TRIFASICO	AFLORAMIENTO	SUBESTACION	Cu 75°C	75	888	0,9	13200	3,28	4,10	2/0	175	6,74E-05	1,71E-08	1	50	0,21	\$ 4,545	\$ 11,730
3	TRIFASICO	AFLORAMIENTO	SUBESTACION	Cu 75°C	75	888	0,9	13200	3,28	4,10	1	130	4,22E-05	1,71E-08	1	50	0,34	\$ 7,263	\$ 18,900
4	TRIFASICO	AFLORAMIENTO	SUBESTACION	Cu 75°C	75	888	0,9	13200	3,28	4,10	4/0	230	1,07E-04	1,71E-08	1	50	0,13	\$ 2,859	\$ 29,493

Tabla 13. Cálculo de conductor económico.

En cumplimiento de los lineamientos establecidos en el **RETIE 2024**, se realizó el análisis técnico-económico de los conductores asociados al circuito trifásico en media tensión (13,2 kV), con el objetivo de seleccionar la alternativa que garantice el menor costo total durante su vida útil, considerando tanto el costo de inversión como el costo de las pérdidas de energía.

El estudio se desarrolló a partir de los siguientes parámetros:

- Potencia demandada: **75 kVA**
- Factor de potencia: **0,9**
- Tensión del sistema: **13,2 kV**
- Corriente de operación: **3,28 A**
- Longitud del circuito: **50 m**
- Precio de la energía: **\$888/kWh**
- Material conductor: **Cobre (Cu) a 75°C**
- Resistividad: **$1,71 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$**

Se evaluaron diferentes calibres de conductor, verificando su capacidad de conducción de corriente, sección transversal y comportamiento frente a pérdidas técnicas.

Las pérdidas por efecto Joule fueron calculadas para cada alternativa mediante la expresión:

$$P_{perdidas} = I^2 * R$$

Donde la resistencia del conductor depende de su sección transversal y longitud.
Los resultados obtenidos evidencian:

- Conductores de menor sección (ej. **130 A**) presentan **mayores pérdidas energéticas (0,34 Wh/fase)**.
- Conductores intermedios (**1/0 AWG y 175 A**) presentan pérdidas moderadas (**0,27 y 0,21 Wh/fase**).
- Conductores de mayor sección (**4/0 AWG**) presentan las menores pérdidas (**0,13 Wh/fase**), debido a su menor resistencia.

Análisis técnico-económico

- Aunque el conductor 4/0 AWG presenta las menores pérdidas, su costo de inversión es significativamente alto, lo que reduce su viabilidad económica.
- El conductor de 1 AWG CU, aunque más económico en inversión inicial, presenta las mayores pérdidas, incrementando el costo operativo.
- El conductor 1/0 AWG representa un equilibrio adecuado entre inversión inicial y pérdidas energéticas.
- El conductor de 2/0 AWG CU A presenta menores pérdidas que el 1/0, pero su costo por metro es superior, sin una reducción significativa en pérdidas que justifique la inversión.

Bajo el criterio de **mínimo costo total (inversión + operación)** y cumpliendo con los requisitos térmicos y de capacidad de corriente establecidos en la **NTC 2050 y RETIE 2024**, se selecciona como alternativa óptima:

- **Conductor 1/0 AWG en cobre (150 A)**

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.

la selección del conductor se realizó teniendo en cuenta las capacidades de corriente de los conductores, el derrotero por temperatura y corrección, normas del operador de red, también la regulación del conductor teniendo en cuenta la capacidad de la potencia que será instalada con el respectivo factor de simultaneidad y diversidad. Para los circuitos ramales proyectados en el plano, le corresponden los conductores de acuerdo con lo establecido por el RETIE y la NTC-2050.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kcmil
0,82	—	—	14	—	—	—	18**
1,31	—	—	18	—	—	—	16**
2,08	15	20	25	—	—	—	14**
3,30	20	25	30	15	20	25	12**
5,25	30	35	40	25	30	35	10**
8,36	40	50	55	35	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	55	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	115	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	145	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	195	230	260	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	350	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	315	375	425	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	445	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1 000
633,38	495	590	665	405	485	545	1 250
760,05	525	625	705	435	520	585	1 500
886,73	545	650	735	455	545	615	1 750
1013,4	555	665	750	470	560	630	2 000

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 30 °C Ver la sección 310.15(B)(2). Consulte la sección 310.15(B)(3)(a) para más de tres conductores portadores de corriente.

** Para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor Ver sección 240.4(D).

Tabla 14. Capacidad de corriente (ampacity) permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 V.

Cables XHHW: Cable aislado en material termoestable resistente a la alta temperatura, hasta 90°C en zonas secas y hasta 75°C en zonas mojadas.

X: Indica que el material del aislamiento es polietileno reticulado (XLPE)

H: Indica que el cable es resistente al calor hasta 75°C.

HH: Indica que el cable es resistente al calor hasta 90°C.

W: Indica que el cable se puede instalar en sitios mojados (recordar que soporta una temperatura máxima de operación de hasta 75° en zonas mojadas)

Cables RHH: Cable aislado en material termoestable resistente a la alta temperatura hasta 90°C en zonas húmedas y secas.

R: Indica que el material del aislamiento es un caucho (EPR).

H: Indica que el cable es altamente resistente al calor

H: Indica que el cable es resistente al calor hasta 90°C, pero en lugares secos y húmedos solamente.

Cables RHW: Cable aislado en material termoestable resistente a la alta temperatura hasta 75°C en zonas húmedas y secas.

R: Indica que el material del aislamiento es un caucho (EPR).

H: Indica que el cable es resistente al calor hasta 75°C.

W: Indica que el cable se puede instalar en sitios mojados (recordar que soporta una temperatura máxima de operación de hasta 75° en zonas mojadas)

Estos conductores deben tener un aislamiento de 600 o 2000V según la aplicación del nivel de tensión en el cual se estén instalando.

M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.

Para los circuitos el cálculo de protecciones se realiza bajo el criterio de **limitación de corriente**, seleccionando los dispositivos de protección con un factor de ajuste del **125% de la corriente nominal**, especialmente para las protecciones principales de tableros, garantizando así la adecuada operación ante condiciones de sobrecarga.

La coordinación de protecciones se desarrolla considerando las corrientes nominales de todos los dispositivos instalados en el sistema, asegurando que las protecciones aguas abajo presenten valores nominales inferiores a la protección principal, con el fin de garantizar selectividad y correcta operación escalonada ante fallas.

Adicionalmente, se tiene en cuenta la capacidad de limitación de corriente de los dispositivos conforme a lo establecido en la **IEC 60947-2, Anexo A**, lo que permite mitigar los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de cortocircuito.

La coordinación de protecciones del sistema eléctrico fue desarrollada mediante el software EcoStruxure Power Design Ecodial, herramienta del proveedor Schneider Electric, la cual permite analizar el comportamiento de los dispositivos de protección bajo condiciones normales y de falla, garantizando criterios de selectividad, sensibilidad y respaldo.

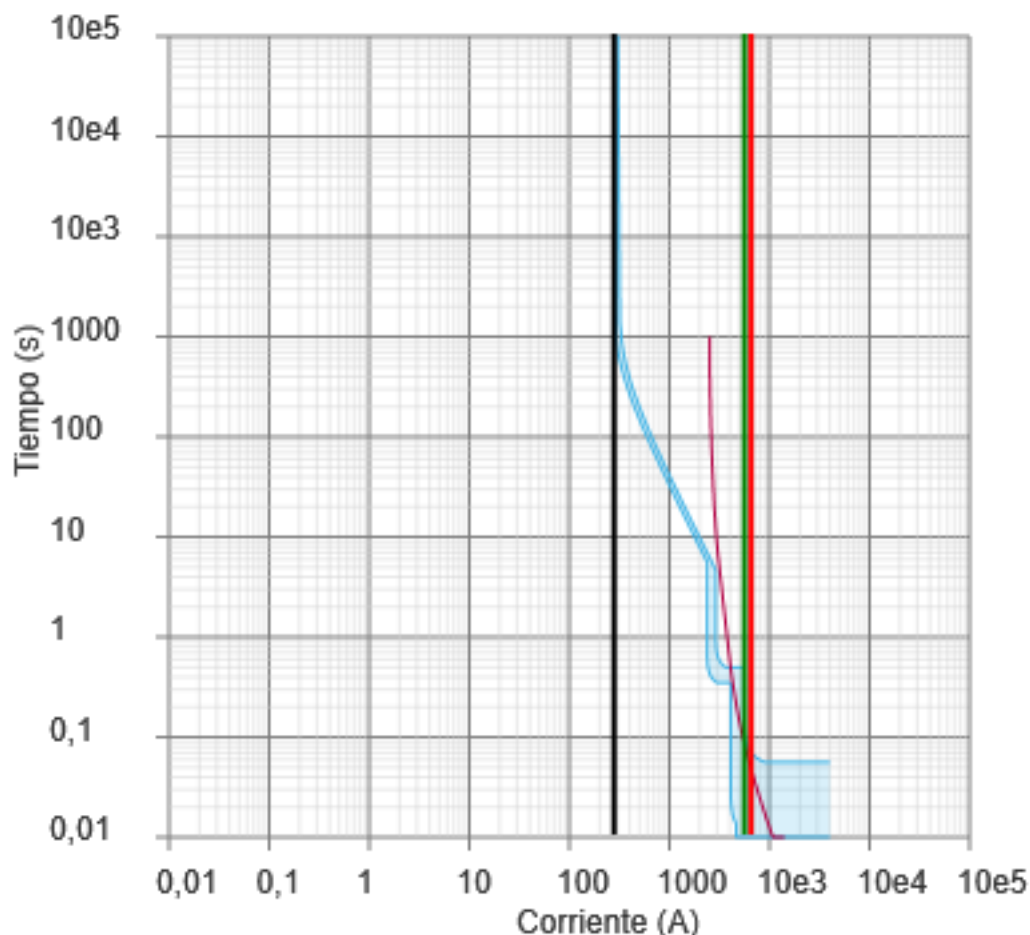
Como complemento al análisis realizado, se anexan las curvas de coordinación de protecciones, en las cuales se evidencia la adecuada operación y escalonamiento de los dispositivos frente a diferentes niveles de corriente de falla, permitiendo verificar que las protecciones actúan de manera selectiva, asegurando la continuidad del servicio y la protección de los equipos conforme a los lineamientos de la normativa vigente.

Diagrama de selectividad para QA 0 y MVQA 0 en Normal modo de explotación

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

MVQA 0 :

estado de la selectividad: **Límite de selectividad = 2224 A**



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

— Ib
262A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
4,96 kA

— Iefmin
5,29 kA

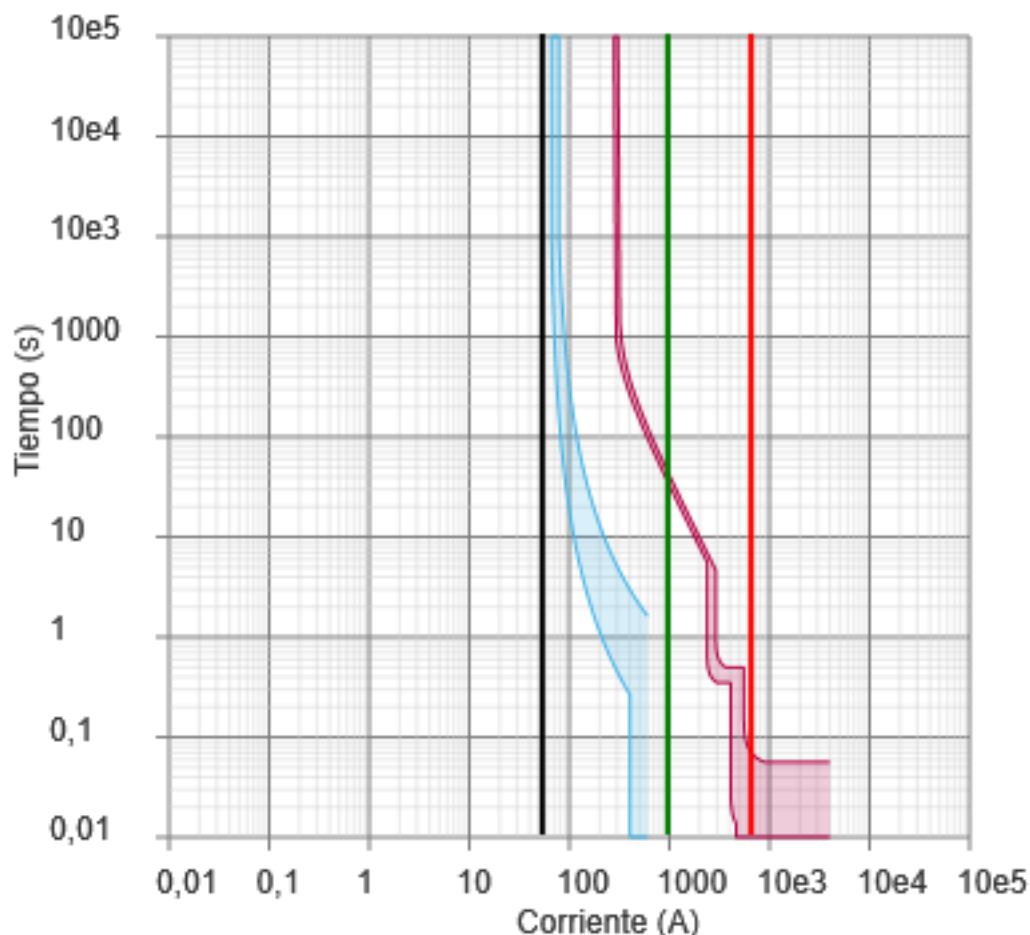
	QA 0	MVQA 0
Gama	ComPacT NSX	Fusarc CF
Tecnología Designación / fusible	NSX400F	NA
Disyuntor / fusible del circuito	400	16
Unidad de disparo	Micrologic 5.3 E	NA
Viaje de los aparatos	400	NA
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	263	NA
Tr (s)	16	NA
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	2630	NA
Tsd (s)	0,4	NA
disparo instantáneo		
Ii (A)	4800 A	NA

Diagrama de selectividad para QA 3 (1) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (1) : iC60N - C - 63 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib
50A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
0,90 kA

— Iefmin
0,90 kA

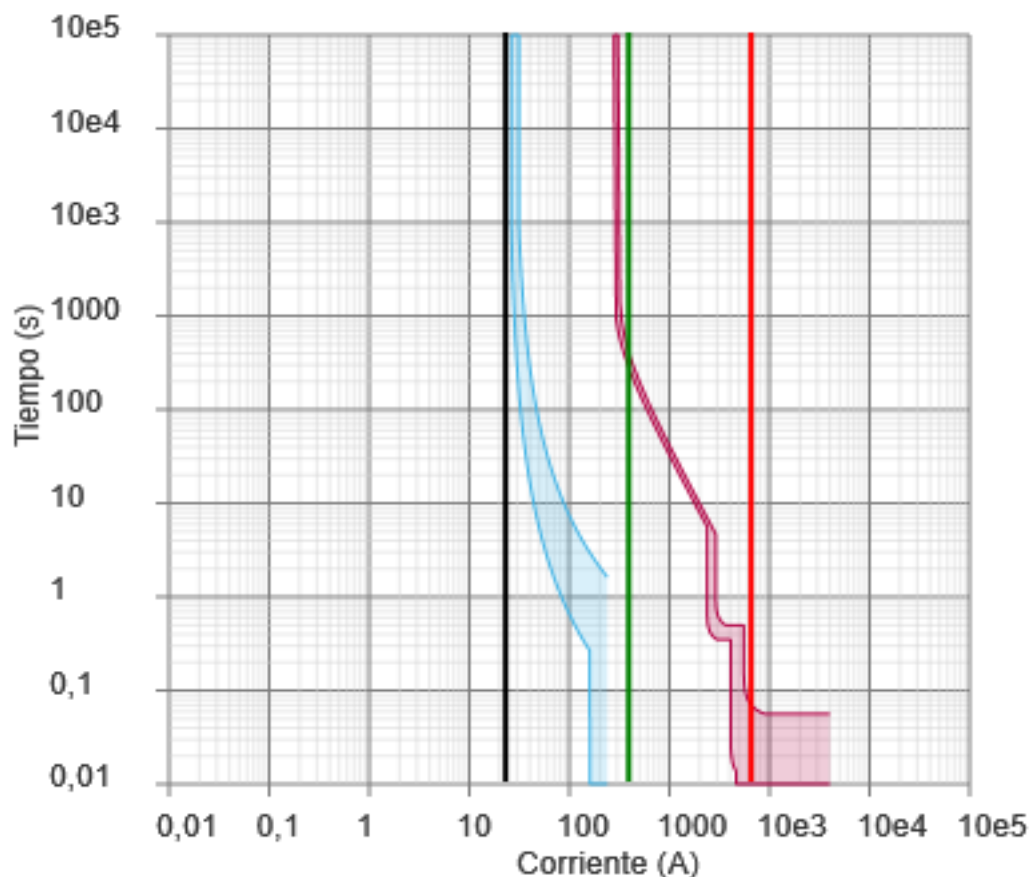
	QA 3 (1)	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	63	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	63	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	63	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	504	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 (2) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (2) : iC60N - C - 25 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib 21A — Ik3Máx 6,15 kA — Ik1mín 0,37 kA — Iefmin 0,37 kA

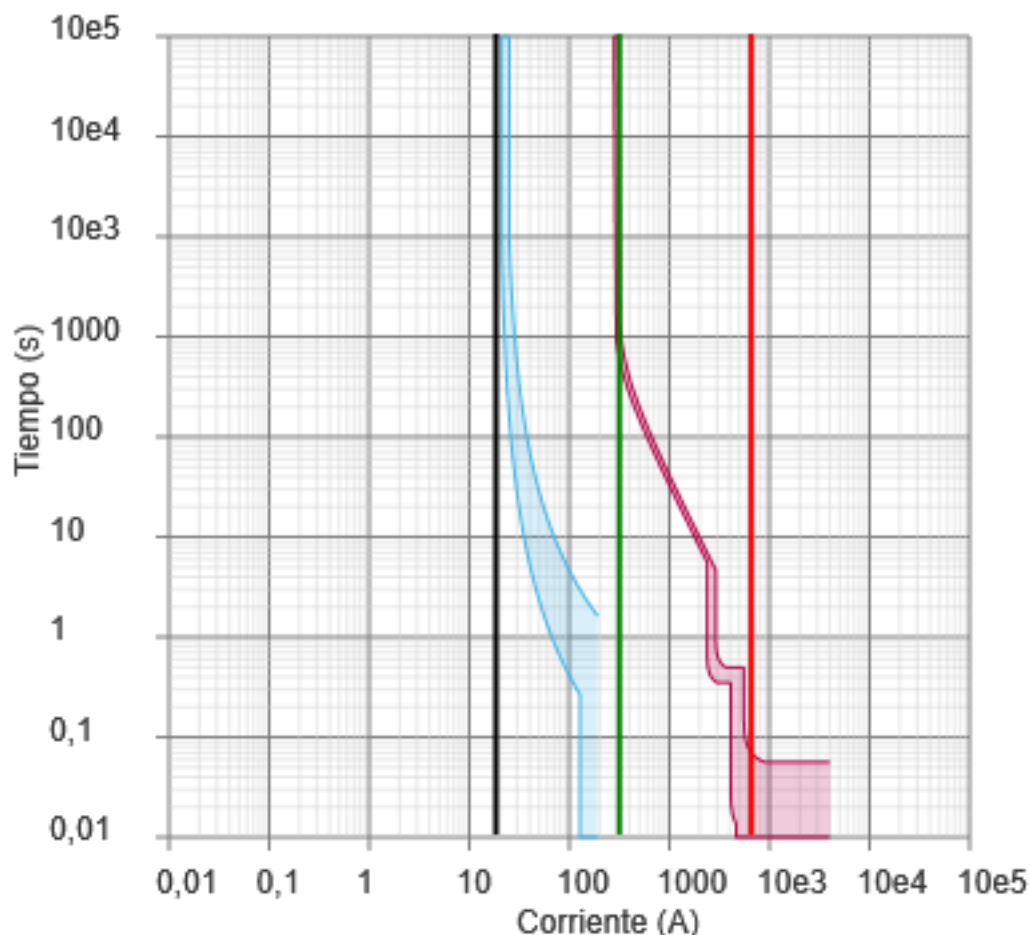
	QA 3 (2)	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	25	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	25	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	25	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	200	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 (3) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (3) : iC60N - C - 20 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib
17A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
0,30 kA

— Iefmin
0,30 kA

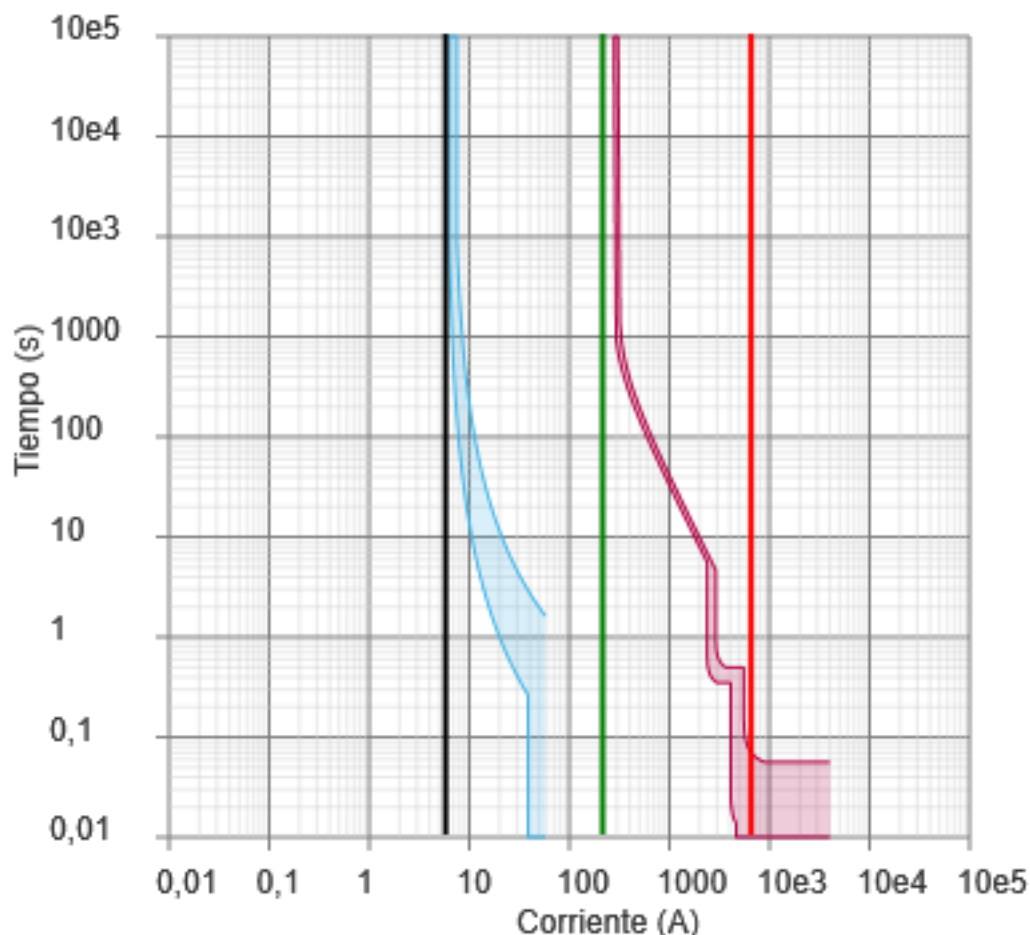
	QA 3 (3)	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	20	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	20	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	20	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	160	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 : iC60N - C - 6 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib
5A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
0,14 kA

— Iefmin
0,20 kA

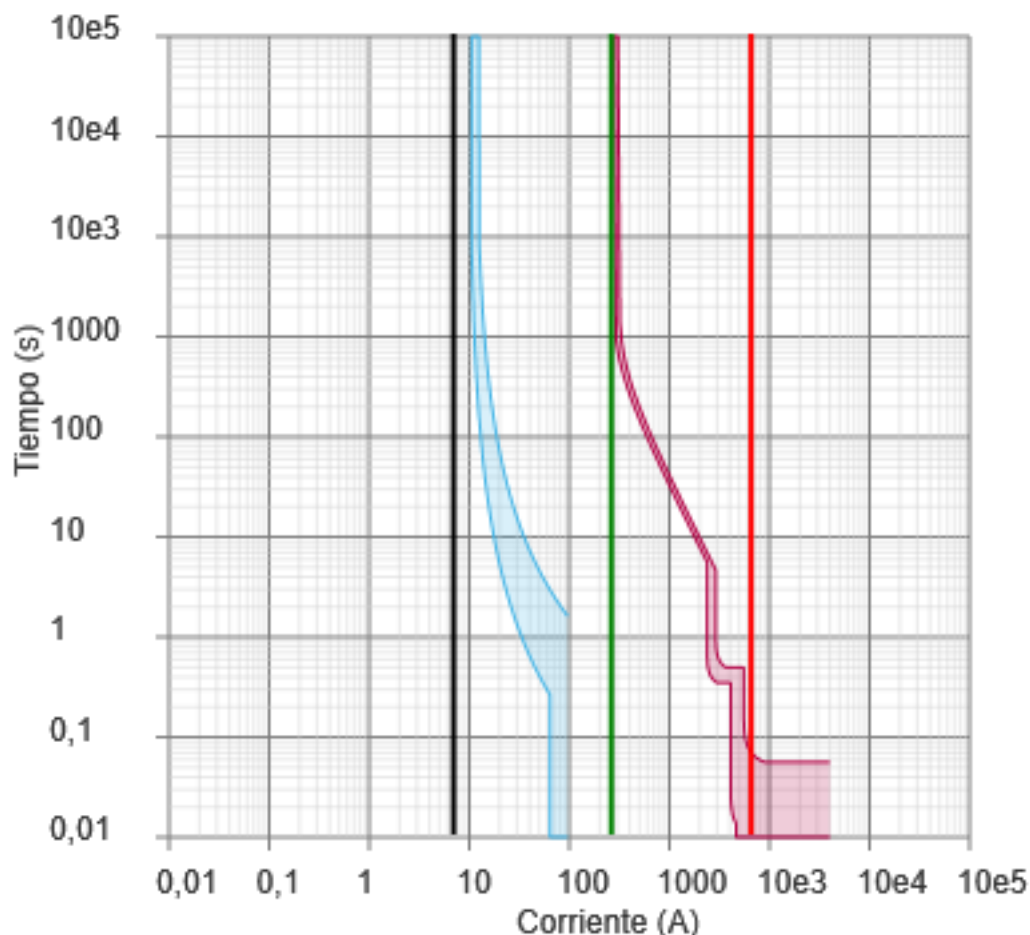
	QA 3	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	6	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	6	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	6	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	48	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 (4) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (4) : iC60N - C - 10 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib
6A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
0,17 kA

— Iefmin
0,25 kA

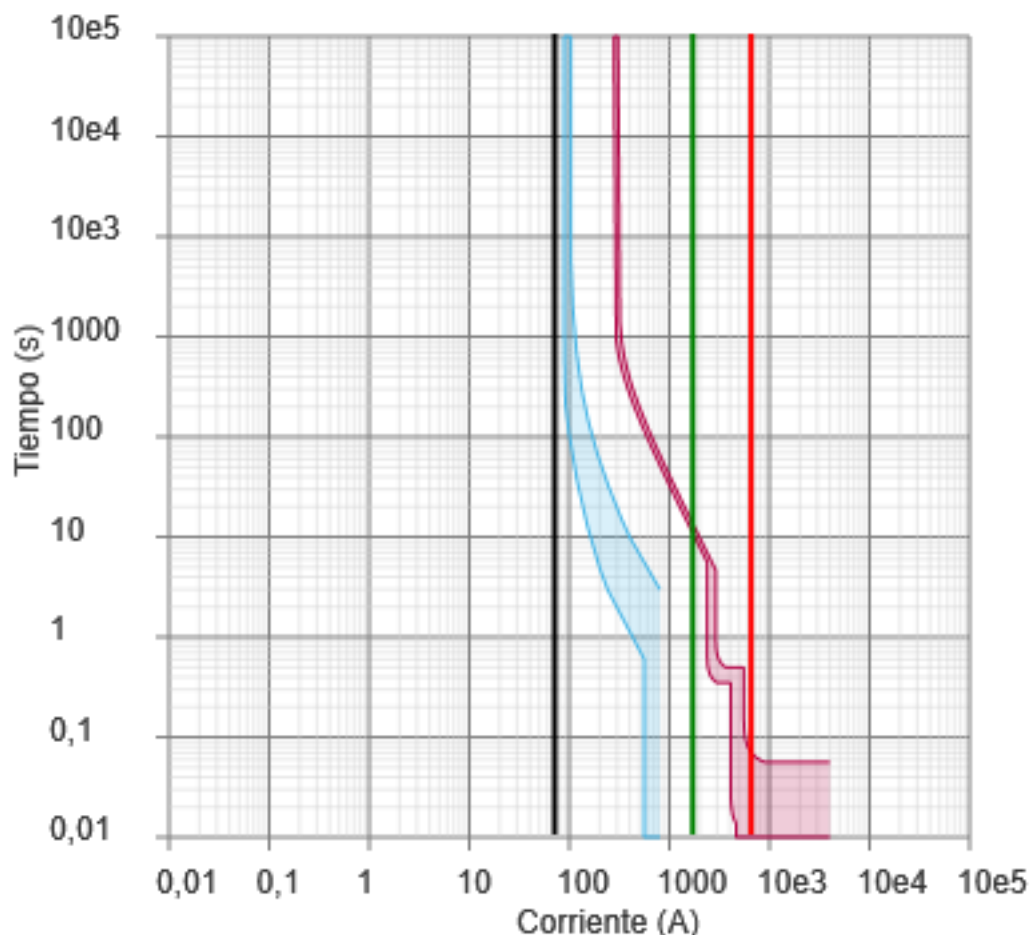
	QA 3 (4)	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	10	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	10	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	10	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	80	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 (5) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (5) : C120N - C - 80 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



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

— Ib
66A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
1,59 kA

— Iefmin
1,61 kA

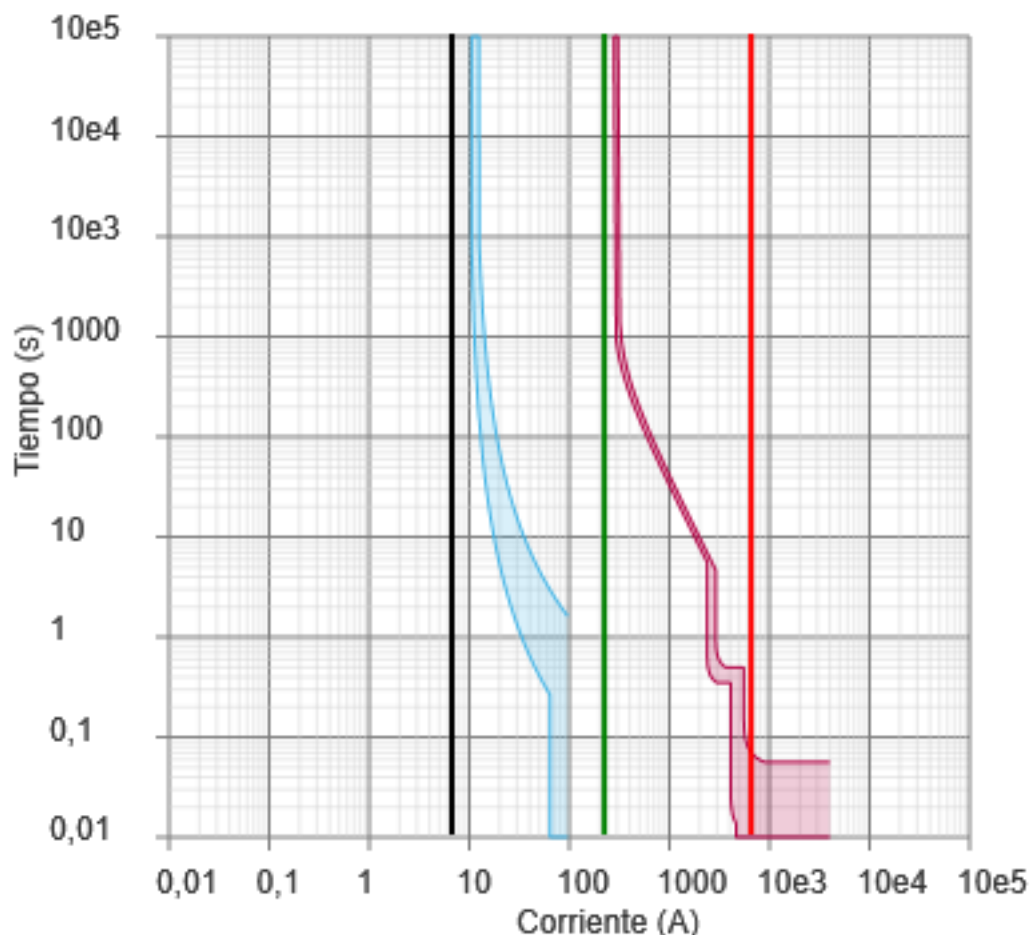
	QA 3 (5)	QA 0
Gama	Acti9 C120	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	C120N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	80	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	80	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	80	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	680	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

Diagrama de selectividad para QA 3 (6) y QA 0 en Normal modo de explotación

QA 3 (6) : iC60N - C - 10 A

QA 0 : NSX400F - Micrologic 5.3 E - 400 A

estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



___ Transformador / Curva de utilidad curva daños curva inrush

— Ib
6A

— Ik3Máx
6,15 kA

— Ik1mín
0,14 kA

— Iefmin
0,21 kA

	QA 3 (6)	QA 0
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NSX
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NSX400F
Disyuntor / fusible del circuito	10	400
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.3 E
Viaje de los aparatos	10	400
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	10	263
Tr (s)	0	16
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	80	2630
Tsd (s)	0	0,4
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	4800

N. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.).

De conformidad con lo establecido en el **RETIE y la NTC 2050**, se definen los criterios de selección y dimensionamiento de las canalizaciones del sistema eléctrico.

Se establece que toda tubería embebida en muros, techos o pisos será de tipo PVC, garantizando aislamiento y protección mecánica. Para instalaciones internas expuestas o ubicadas en cielo falso, se empleará tubería tipo EMT, mientras que en exteriores o en condiciones ambientales exigentes (exposición solar, humedad o ambientes corrosivos) se utilizará tubería tipo IMC, asegurando mayor resistencia mecánica y durabilidad.

El dimensionamiento de las canalizaciones se realiza conforme a la Tabla 1 del Capítulo 9 de la NTC 2050, considerando que el porcentaje de ocupación del ducto no debe exceder el 40% cuando se alojan más de dos conductores, garantizando condiciones adecuadas de disipación térmica y facilidad de instalación.

Los cálculos y verificaciones correspondientes se presentan en el **Anexo F. Cálculo de canalizaciones**.

O. Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de las pérdidas de potencia y energía comprenden una parte fundamental del dimensionamiento de una instalación eléctrica ya que dependiendo de su capacidad estas pueden reflejar en costos para el usuario, que a la final corresponden en calentamiento de conductores

Las pérdidas de potencia y energía se calculan en base a la carga nominal del sistema dando como resultado el máximo valor que puede obtenerse en el sistema, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula.

$$Pp = r * l * IL^2$$

Dónde:

Pp = pérdidas de potencia [W]

r = resistencia del conductor $\left[\frac{ohm}{m} \right]$

l = longitud del tramo del circuito [km]

IL = corriente nominal [A]

Los cálculos de pérdidas de energía se muestran en el **Ver Anexo E. Cuadro de regulación y perdidas**.

P. Cálculos de regulación de tensión

Para el análisis de la regulación de tensión del sistema eléctrico, se emplea el método del momento eléctrico, aplicado de manera detallada tramo a tramo en los diferentes niveles de tensión presentes en el proyecto **(13,2 kV y 220/127 V)**.

Este método permite evaluar las caídas de tensión a lo largo de los circuitos, considerando la distribución de cargas, las características eléctricas de los conductores y las distancias involucradas, garantizando que los niveles de tensión en los puntos de consumo se mantengan dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

A continuación, se describe el procedimiento de cálculo implementado:

$$R \% = Me * K$$

$$Me = kVA * l$$

Donde,

R %: Porcentaje de regulación

Me: Momento eléctrico

K: Constante de regulación

kVA: Demanda del tramo

l: Longitud del tramo en metros

Los cálculos de regulación se presentan en el **Ver Anexo E. Cuadro de regulación y pérdidas**.

Q. Áreas clasificadas como peligrosas – (No aplica)

Este proyecto no se cataloga como un ambiente clasificado o peligroso, debido a que no presenta atmósferas explosivas, inflamables ni condiciones especiales que requieran clasificación de áreas. Aunque en el proceso se realiza tratamiento de café y se generan particulados, esta actividad se desarrolla a baja escala, evitando la formación de ambientes peligrosos o condiciones asociadas a áreas clasificadas.

R. Diagramas unifilares – (Aplica)

Los diagramas unifilares presentan de forma esquemática la configuración del sistema eléctrico en los niveles de tensión 13,2 kV y 220/127 V, incluyendo equipos, protecciones y circuitos asociados.

Estos diagramas permiten comprender la estructura del sistema, el flujo de energía y la ubicación de los elementos principales, siendo fundamentales para la operación y verificación del diseño conforme al RETIE 2024 y la NTC 2050.

Los diagramas se encuentran en los planos del proyecto y se pueden consultar en **el Anexo G. Diagramas Unifilares**.

S. Planos eléctricos para construcción – (Aplica)

Los planos eléctricos para construcción se encuentran debidamente elaborados y adjuntos al presente documento, abarcando desde los planos generales hasta los detalles constructivos del sistema eléctrico.

Estos documentos contienen la información necesaria para la correcta ejecución del proyecto y pueden ser consultados en el **Anexo H. Planos eléctricos constructivos**

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

Se definen las características de los equipos conforme a las especificaciones técnicas del proyecto, los cuales deberán ser nuevos y contar con la debida validación por parte de la interventoría. Asimismo, se establecen las características de los materiales a emplear en cada área, considerando condiciones eléctricas, mecánicas y ambientales, con el fin de garantizar un adecuado desempeño y durabilidad de la instalación.

Las especificaciones técnicas para la correcta selección e instalación de equipos y materiales se encuentran detalladas en los planos eléctricos constructivos, consignados en el **Anexo H. Planos eléctricos constructivos**.

U. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.

Se deben respetar las distancias mínimas de seguridad establecidas en el RETIE, con el fin de garantizar la integridad de las personas, las edificaciones y la operación segura del sistema eléctrico.

En particular, estas distancias se encuentran definidas en el Título 10, Artículo 3.10.1 – Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones, las cuales deben ser aplicadas en el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas objeto del presente proyecto.

El cumplimiento de estos criterios es obligatorio y asegura la adecuada separación entre elementos energizados y estructuras cercanas, minimizando riesgos de contacto directo, arco eléctrico y fallas operativas.

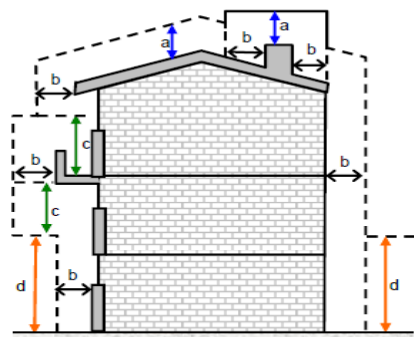
DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES			
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)	
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 3.10.1. a.).	44/34,5/33	3,8	
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8	
	<1	0,45	
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 3.10.1. a.)	66/57,5	2,5	
	44/34,5/33	2,3	
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3	
	<1	1,7	
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 3.10.1. a.)	44/34,5/33	4,1	
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1	
	<1	3,5	
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 3.10.1. a.) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1	
	66/57,5	5,8	
	44/34,5/33	5,6	
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6	
	<1	5	

Figura 3.10.1. a. Distancias de seguridad en zonas con construcciones.

Tabla 15.Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones, adaptada de la Resolución 90708 de 2013.

V. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Los lineamientos establecidos cumplen específicamente los estable en la normativa colombiana vigente RETIE Y NTC 2050 cumpliendo con los criterios técnicos exigidos, garantizando la coherencia y cumplimiento regulatoria para la construcción de una instalación eléctrica.

W. Estudios adicionales – (No aplica)

No se requieren estudios adicionales como análisis sísmicos, acústicos o térmicos, debido a la naturaleza y alcance del proyecto. en la instalación no existen factores externos que demanden este tipo de análisis.

X. Equipos de generación de energía (No aplica)

La instalación eléctrica no requiere de planta eléctrica de equipo de generación de energía auxiliar debido a que no contiene cargas esenciales o críticas que establecer respaldo obligatorio de energía eléctrica.