CENTRO DE SALUD CAPELLANIA

Carrera 2 No. 2 – 20

FUQUENE – CUNDINAMARCA

MEMORIAS DE CALCULO

Ing. Diseñador: Fabian Rodríguez García.

Mat. Profesional: CN205-114808

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE REVISIÓN	ELABORO	REVISÓ	VALIDÓ
1	30/SEP/2025	VERSIÓN PARA ENTREGA A CLIENTE	FR	FR	FR

Tabla de Contenido

MEMORIAS DE CÁLCULO 3

1. Presentación del proyecto 3
2. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos 4
3. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico 5
4. Análisis de cortocircuito y falla a tierra 6
5. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos 8
6. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos 20
7. Análisis del nivel de tensión requerido 32
8. Cálculo de campos electromagnéticos 32
9. Cálculos de Transformadores 34
10. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra 34
11. Dimensionamiento de conductores a utilizar en media tensión y baja tensión 36
12. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos 38
13. Selección de Protecciones contra sobrecorrientes MT_BT 38
14. Coordinación de Protecciones de Fase y Tierra Bajo los Parámetros de la Norma IEEE Std 242 de 2001 o IEC 60909 de 2001 39
15. Cálculos de canalizaciones 40
16. Cálculo de regulación de tensión 42
17. Cálculo de pérdidas de energía 43
18. Cálculo económico de los conductores 44
19. Clasificación de áreas 46
20. Cálculo de Barrajes (Sección mm2) 46
21. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. 47
22. Análisis de distancias de seguridad 47
23. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. 49
24. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. 49

De acuerdo con el RETIE 2024 – 3.3.1.1.

Nota 1. La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse el juicio profesional del responsable del diseño.
Nota 2. El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen.

MEMORIAS DE CÁLCULO

1. Presentación del proyecto

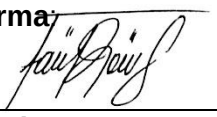
a. Propietario:
Municipio de FUQUENE Cundinamarca
Teléfono: (+57) 1 725 0106

b. Ingeniero diseñador:
Ing. Diseñador: Fabian Rodríguez García
Mat. Profesional: CN205-114808

c. Antecedentes del proyecto: actualmente en el municipio de Fúquene Cundinamarca, se pretende construir un Centro de Salud, para lo cual se construirá una edificación con zonas de atención médica y administrativa para su funcionamiento; para este fin se requiere la presentación de un diseño eléctrico con los requerimientos y especificaciones en cumplimiento de la reglamentación y normatividad vigente en el entorno nacional RETIE, NTC2050, Operador de Red Local.

d. Objeto del proyecto: realizar diseños y memorias de cálculos a partir del punto de conexión, ubicado frente al proyecto, realizando la ubicación de tomas, luminarias, tableros y todos los elementos para el correcto funcionamiento del proyecto.

e. Datos básicos: actualmente en la acera del frente existe una red de baja tensión. Debido a la carga del proyecto es necesario proyectar una acometida eléctrica de BT para atender el servicio de energía eléctrica.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

2. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos

De acuerdo con lo establecido en RETIE artículo 3.3.1.1., se debe efectuar el análisis de las cargas presentes y futuras del proyecto, en el cual se deben tener en consideración los efectos del factor de potencia y de los armónicos. A continuación, se describe las cargas distribuidas en el tablero general de acometidas "TGA" y Tablero de Servicios comunes:

DETALLE EQUIPOS / CARGAS	C/U	F.P.	CARGA INSTALADA (kW)	CARGA INSTALADA (kVA)	FACTOR DEMANDA	CARGA DIV. (kVA)
TN1	*1*	*0,9*	*7,56*	*8,40*	*69%*	*5,83*
TN2	*1*	*0,9*	*15,57*	*17,30*	*69%*	*12,02*
TI1	*1*	*0,95*	*1,14*	*1,20*	*100%*	*1,20*
TI2	*1*	*0,95*	*2,19*	*2,30*	*100%*	*2,30*
T-BOM	*1*	*0,85*	*1,19*	*1,40*	*100%*	*1,40*
T-ASC	*1*	*0,85*	*4,25*	*5,00*	*100%*	*5,00*
UPS	*1*	*0,9*	*5,40*	*6,00*	*70%*	*4,20*
TOTAL		***0,9***	***37,29***	***41,60***	***77%***	***31,95***

Diversificación de tableros Normales

DIVERSIFICACIÓN SEGÚN TABLA 220.13 NTC 2050		
POTENCIA TOTAL INSTALADA	25,70	kVA
PRIMEROS 10 kVA AL 100%	10	kVA
RESTANTES AL 40%	7,85	kVA
TOTAL POTENCIA DIVERSIFICADA	**17,85**	**kVA**

Tablero General de BCI - T-BCI

DETALLE EQUIPOS / CARGAS	C/U	F.P.	CARGA INSTALADA (kW)	CARGA INSTALADA (kVA)	FACTOR DEMANDA	CARGA DIV. (kVA)
BCI	*1*	*0,8*	*11,19*	*13,99*	*100%*	*13,99*
JOCKEY	*1*	*0,8*	*1,12*	*1,40*	*100%*	*1,40*
TOTAL		***0,8***	***12,31***	***15,39***	***100%***	***15,39***

Análisis de factor de potencia

El factor de potencia indica se presenta en una instalación con alta presencia de reactivos tales como inductancias debidas a motores. Equipos de soldadura de arco, iluminación de descarga.

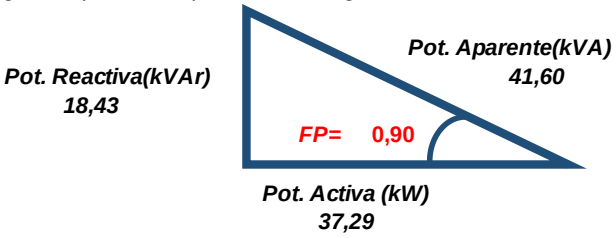
A continuación, se presenta el análisis de Factor de potencia para la instalación proyectada, para las cargas en el transformador comercial

Factor de potencia para la instalación proyectada, para las cargas en el transformador de vivienda.

Pot. Activa (kW)	***37,29***
Pot. Aparente (kVA)	***41,60***
Factor de potencia	***0,90***
Pot. Reactiva (kVAr)	***18,43***
Factor de potencia Objetivo	***0,90***

Se selecciona un banco de condensadores de: ***0*** ***kVAr***
Con 12 pasos de ***0*** *kVAr, por lo que se requiere de* ***0***
pasos para compenzar el FP objetivo; los demas pasos de potencia reactiva quedaran como reservas para las futuras cargas.

El triangulo de potencias quedara de la siguiente manera:



Debido al consumo de reactivos en la instalación, no es necesario corregir dicho consumo reactivo, ya que el FP de potencia está en 0.9 y el consumo es despreciable, por lo que no se requiere la instalación de bancos de condensadores.

Es recomendable que una vez entre en funcionamiento ye proyecto se realice una medida de calidad de potencia, donde se pueda determinar de manera certera la necesidad de instalar un sistema de compensación reactiva.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

3. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

La coordinación de aislamiento es la selección de la tensión mínima normalizada que debe soportar 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.

La norma IEC 60071-1, tiene valores normalizados de aislamiento de acuerdo con el nivel de tensión, que se presenta en la siguiente tabla.

Tensión Máxima del Equipo U_m [kV] (valor eficaz)	Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a la 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 [a]	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52 [a]	95	250
72,5	140	325
100 [b]	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170 [a]	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

Nota: Si los valores entre paréntesis se consideran insuficientes para probar que se cumplen las tensiones de soportabilidad fase-fase, se requieren pruebas adicionales de tensión de soportabilidad fase-fase

a Estos U_m son valores no preferidos en la IEC 60038, y por lo tanto, no se dan con frecuencia estas combinaciones estandarizadas

b Este U_m no se menciona en la IEC 60038 pero se ha introducido en el rango I en algunos estándares de equipos

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**:
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

4. Análisis de cortocircuito y falla a tierra

El estudio de cortocircuito busca revisar la seguridad ante fallas del sistema por la puesta en servicio del Proyecto, para lo cual se utiliza un programa de ingeniería y la metodología para el cálculo de cortocircuito recomendada por la Norma IEC 60909, según la cual los resultados entregados corresponden a corrientes

subtransitorias simétricas en Amperios r.m.s. Los cálculos de cortocircuito se efectúan bajo condiciones normales de operación. Con las simulaciones de cortocircuito, se predice el comportamiento transitorio más severo para la red y la soportabilidad requerida por el equipo de interrupción en cada uno de los nodos más relevantes del Proyecto, para cada uno de los casos de estudio.
El cálculo de cortocircuito se efectúa para los siguientes tipos falla en cada una de las barras de interés:

– Falla trifásica con impedancia de falla nula (Zf = 0).
– Falla monofásica a tierra, con impedancia de falla nula (Zf = 0).

Además, en cuanto a la condición operativa del sistema, se tiene la configuración establecida y suministrada según la topología descrita en el modelo elaborado en el software de ingeniería.

A continuación, se muestra nos niveles de cortocircuitos y falla a tierra para el sistema eléctrico del proyecto.

ANALISIS DE CORTO CIRCUITO

PROYECTO: Centro Salud Capellania

Available Fault Current Calculation

Utility Fault Current ____ amperes kVA = 31,95
E = 208 Volt

I = kVA x 1000 = trans. FLA / **E x 1.732** — trans. FLA = 89

I_{sca} = **trans. FLA x 100 / transformer Z** = 89 / 3 %

I_{sca} = ampere short-circuit current RMS symmetrical. I_{sca} = 2.956 amperes

Point to Point Method

Cooper in Metal Raceway
Three Phase 208/120

'f ' factor = **1.732 x L x I / N x C x E L-N**

Length (distance)	L	30	
(ASC)	I_{sca}	2.956	
# conductors per phase	N	1	2
Phase conductor constant	C	5.907	Phase Conductor
Volt Line to Line	E L - L	208 Volt	
	f	0,125	2
Neutral conductor constant	C	5.907	Neutral Conductor
Volt Line to Neutral	E L - N	120 Volt	
	f	0,250	

Multiplier **M = 1 / 1 + f**

Line to Line	M	0,889
Line to Neutral	M	0,800

Fault Current at Service Equipment

I_{sca} x M = fault current at terminals of main disconnect **L- L =** 2.628 amperes
I_{sca} x M = fault current at terminals of main disconnect **L- N =** 2.365 amperes

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

5. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

El riesgo ante descargas atmosféricas se define como la probabilidad de una pérdida anual promedio en una estructura o un servicio (potencia, telecomunicaciones etc.) como consecuencia de una descarga atmosférica.

El presente documento contiene el estudio del nivel de riesgo ante descargas atmosféricas para la Centro de Salud de Capellanía en Fúquene Cundinamarca.

Los cálculos efectuados se basan en la norma técnica colombiana NTC 4552-2 y en la norma internacional IEC 62305-2, utilizando el software de evaluación de la IEC.

La evaluación del nivel de riesgo involucra un gran número de variables, factores, criterios y cálculos por lo cual es necesario utilizar una herramienta informática que permita el manejo eficiente de los datos. El presente estudio utiliza como soporte el software de la serie IEC 62305 1-2-3.

INFORMACIÓN DE ENTRADA

La información de entrada del proyecto requerida para el cálculo del nivel de riesgo se presenta en la figura 3 y comprende los siguientes aspectos:

1. Dimensiones de la estructura: comprende las dimensiones de la estructura en estudio y de estructuras aledañas conectadas por acometidas de servicios.
2. Características de la estructura: comprende factores tales como el tipo de suelo en la estructura, el riesgo de fuego existente, las características del cableado etc.
3. Condiciones de uso de la estructura: comprende factores tales como el número de personas presentes en la estructura, el tiempo de exposición, el costo de las posibles pérdidas etc.
4. Influencia del medio ambiente: comprende factores como el nivel ceráunico de la zona (actividad atmosférica), la localización y entorno de la estructura etc.
5. Tipos de posibles pérdidas: factor que toma en cuenta las posibles consecuencias de una descarga atmosférica en o cerca de la estructura.
6. Las características de las acometidas de servicios: factor que toma en cuenta los efectos de las descargas atmosféricas sobre las acometidas eléctricas y de telecomunicaciones.
7. Nivel de protección existente o diseñado: finalmente se tiene en cuenta para la valoración del nivel de riesgo ante descargas atmosféricas, la presencia de sistemas de pararrayos, descargadores de sobre tensiones etc., en caso de existir.

Además de los factores anteriores también se tiene en cuenta como entrada para el análisis de riesgo las siguientes consideraciones:

- Si existe sistema de extinción de incendio manual o automático o no existe.
- El tipo de material de la construcción.
- Si existe sistema de ascensores.
- El tipo de materiales existentes dentro del edificio.
- Si el edificio tiene algún carácter histórico.

DIVISIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ZONAS Zs

El primer paso en la valoración del nivel de riesgo para una estructura consiste en la división de la misma en zonas o partes con características homogéneas ZS, la división de la estructura en partes permite una valoración más detallada y acertada de cada componente, evitando la sobreestimación en el cálculo y permitiendo una valoración más acertada de las medidas de protección para cada área de acuerdo con sus características propias.

1- Definir la estructura con una sola zona podría resultar en medidas de protección costosas porque cada medida debe extenderse a toda la estructura.

2- Dividir una estructura en zonas permite al diseño tener en cuenta las características particulares de cada parte de la estructura en la evaluación de los complementes de riesgo, al igual que seleccionar las medidas de protección apropiadas a cada zona, reduciendo el costo en conjunto de la protección contra descargas atmosféricas.

Para una estructura compuesta por varias zonas, se deberá calcular el nivel de riesgo para cada una de ellas y el nivel de riesgo total será la suma de los niveles de riesgo de todas las zonas.

Se asume que el edificio está conformado por 1 zona(s) por las siguientes consideraciones, ver figura 1:

- El tipo de superficie del suelo es homogéneo.
- Los tipos de posibles pérdidas son los mismos en todo el edificio.
- No existen compartimientos a prueba de fuego en ningún área.
- No existen escudos espaciales de protección (sistemas de apantallamiento).
- Los sistemas internos (potencia y telecomunicaciones) se encuentran localizados en el interior de la estructura.
- El riesgo en el exterior puede ser despreciado y el riesgo a ser calculado se considerará constante y localizado únicamente en el interior de la estructura.

DEFINICIONES GENERALES

FUENTES DE DAÑOS

La corriente de rayo es la fuente primaria de daño. A continuación, se definen las fuentes con relación a la posición del punto de impacto de la descarga eléctrica para el presente caso (Tabla 3 NTC 4252-2).

Fuente de daño	Descripción
S1	Descargas sobre la estructura
S2	Descargas cercanas a la estructura
S3	Descargas sobre las acometidas de servicios
S4	Descaras cercanas a las acometidas de servicios

TIPOS DE DAÑOS

Una descarga atmosférica puede causar daños dependiendo de las características del objeto a proteger. Para efectos de aplicación práctica de evaluación de riesgo se distinguen los daños básicos listados a continuación (Tabla 4 NTC 4552-2).

Tipo de daño	Descripción
D1	Lesiones a seres vivos
D2	Daños físicos
D3	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
D4	Pérdidas de valor económico

TIPOS DE PERDIDAS

Cada tipo de daño, solo o en combinación con otros, puede producir una diferente perdida consecuente en el objeto a ser protegido. El tipo de perdida que puede aparecer depende de las características del objeto en sí mismo y su contenido. Los siguientes tipos de perdidas pueden ser tomados:

Tipo de pérdida	Descripción
L1	Pérdidas de vidas humanas
L2	Pérdidas de servicios públicos

L3	Perdidas de patrimonio cultural
L4	Pérdidas de valor económico (estructura y su contenido)

Las pérdidas se refieren a la cantidad media relativa de un particular tipo de daño causado por una descarga eléctrica, considerando tanto sus efectos directos como indirectos. Su valor depende del número de personas y el tiempo durante el cual permanecen en el lugar peligroso, el tipo e importancia de los servicios suministrados al público y el valor de los bienes afectados por los daños.

RIESGO

El riesgo es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de perdida asociados a la estructura. Los riesgos a evaluar en la estructura se definen a continuación:

Riesgo	Descripción
R1	Riesgo de pérdida de vida humana
R2	Riesgo de pérdida de servicio público
R3	Riesgo de pérdida de patrimonio cultural
R4	Riesgo de pérdida de valor económico

Cada tipo de daño, solo o combinado con otros, puede producir diferentes tipos de perdida en el objeto a proteger.

PROBABILIDAD DE DAÑO PX

La evaluación de la probabilidad de daño se efectúa según los criterios, tablas y notas de los numerales 6.6.1 a 6.6.10 de la NTC 4552.

Las probabilidades de daños dependen de las medidas de protecciones existentes, por lo tanto, cuando no se cuenta con medidas de protecciones el valor de probabilidad Px será igual a 1. Dependiendo de las medidas de protección empleadas, el valor de probabilidad adoptara valores inferiores a 1.

NÚMERO ANUAL N DE EVENTOS PELIGROSOS

El número anual N de descargas que afectan un objeto a ser protegido depende de la actividad atmosférica de la región donde se localiza la estructura y de sus características físicas. Generalmente se acepta que este número es el producto de

la densidad de rayos a tierra por el área efectiva del elemento a ser protegido por un factor de corrección.
El cálculo del número anual de eventos peligrosos sigue la siguiente ecuación general:

$$N_X = DDT * A_X * C_X * 10^{-6}$$

En donde:

DDT = Densidad de rayos a tierra (rayos/Km2-año)
AX = Área efectiva de la estructura m2.
CX = Factor de corrección.

Los valore de AX y CX se valoran para cada Nx particular de acuerdo con los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552 – 2.

Cálculo de la DDT

La densidad de descargas a tierra (DDT) para Colombia se calcula de acuerdo a la Norma así:

$$DDT = 0.0017 NC^{1.56}$$

En donde el nivel ceráunico (NC), para SIBATE - CUNDINAMARCA, se evalúa de acuerdo con las curvas de nivel del mapa colombiano de niveles ceráunicos, elaborado por el convenio entre la Universidad Nacional de Colombia e ISA.

En la Figura A.10. de la NTC 4552-1, se presenta los valores de DDT en Colombia para áreas de (300x 300 km2), ver figura 1.

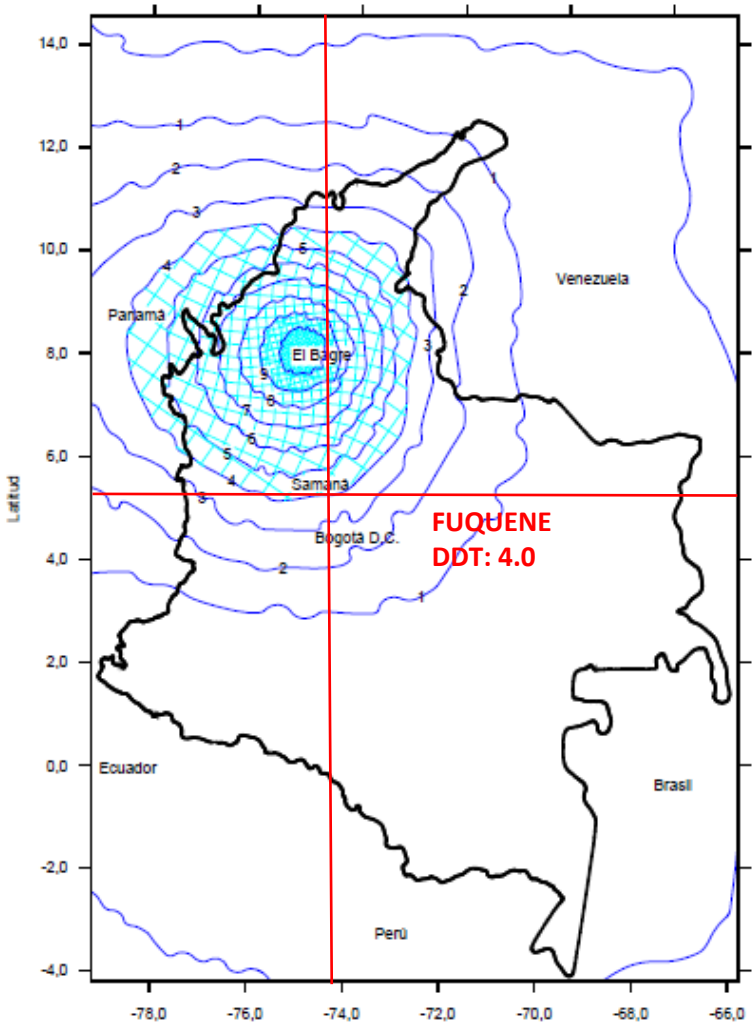


Figura 1

Cálculo de áreas efectivas

El área efectiva de la estructura se define como la zona expuesta con probabilidad de impacto directo de descargas atmosféricas, comprende tanto la estructura en sí misma como la región circundante y en caso de existir acometidas de servicios, las áreas de exposición asociadas a tales acometidas.

El cálculo de las áreas efectivas debe hacerse de acuerdo con los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552-2.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE CÁLCULO DE RIESGO

La valoración general de la necesidad de protección se hace teniendo en cuenta el marco de la NTC 4552, de acuerdo con el primer tomo de dicha norma serán considerados los siguientes riesgos para valorar la necesidad de protección contra rayos de un objeto:

Riesgos R1 para una estructura
Riesgos R2 de pérdida de servicio público
Riesgos R3 de pérdida de patrimonio cultural
Riesgos R4 de pérdida de valor económico

Para el tipo de riesgo a analizar debe aplicarse el procedimiento descrito en la figura 2 (NTC 4552 – 2 Fig. 2).

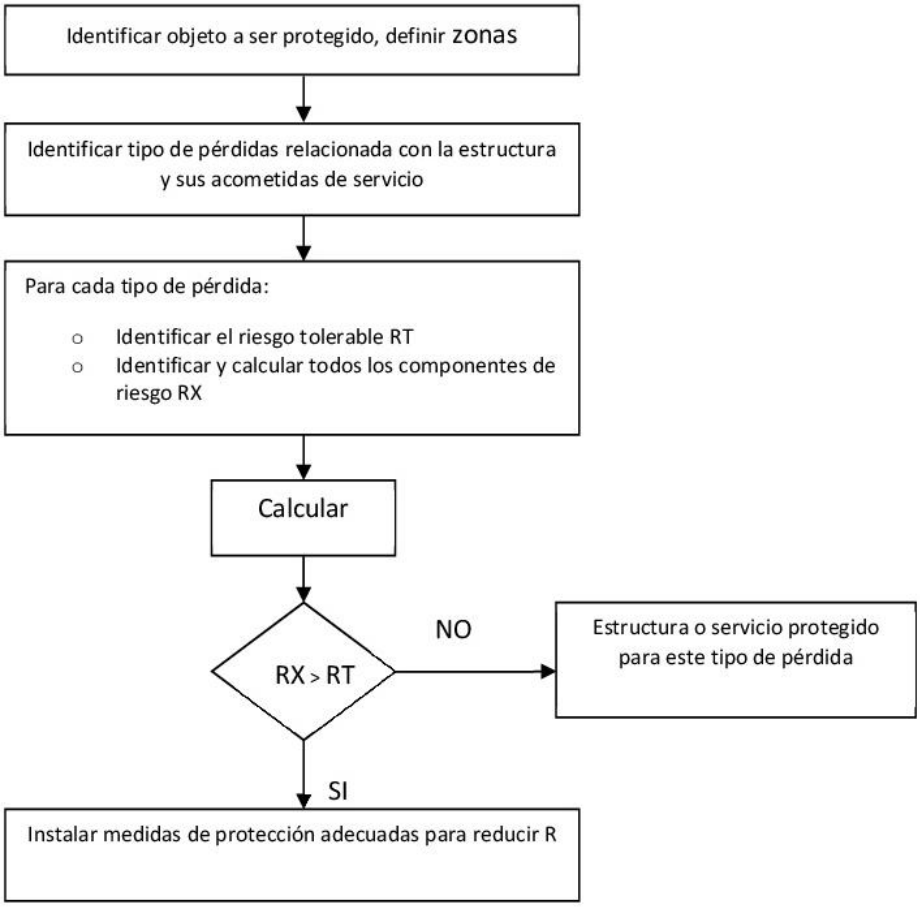


Figura 2

IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE RIESGO

Para cada tipo de perdida se definen a continuación las componentes de riesgo asociadas:

Fuente de daño	Descargas sobre la estructura S1			Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre las acometidas de servicios S3			Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
Componente de riesgo	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Riesgo para cada tipo de pérdida								
R1	X[3]	X	X[14]	X[14]	X[5]	X[5]	X[145]	X[145]
R2		X	X[4]	X[4]		X[5]	X[45]	X[45]
R3		X				X[5]		
R4	X[23]	X	X[4]	X[4]	X[25]	X[5]	X[45]	X[45]

1 únicamente para estructura con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana.
2 únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales.
3 únicamente se calcula para exteriores.
4 únicamente se calcula si existe equipo sensible.
5 se debe calcular para cada tipo de acometida de servicios (alimentación eléctrica y telecomunicaciones).

RA Componente relacionada con las lesiones a seres vivos causadas por tensiones de paso y contacto.
RB Componente relacionada con daños físicos causados por chispas peligrosas dentro de la estructura causando fuego o explosión.
RC Componente relacionada con la falla de sistemas internos causada por IER.
RM Componente relacionada con la falla de sistemas internos causada por IER.
RU Componente relacionada con lesiones en seres vivos causado por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a corrientes de rayo que fluyen a través de la acometida de servicios.
RV Componente relacionada con los daños físicos debido a corrientes de rayo transmitidas a través de la acometida de servicios.
RW Componente relacionada a falla de sistemas internos causados por sobre tensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.
RZ Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobre tensiones inducidas sobre las líneas de acometida y transmitida a la estructura.

EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO

El cálculo de las componentes de riesgo se efectúa mediante la siguiente ecuación general:

$$R_X = N_X P_X L_X$$

En donde:
NX = Número de eventos peligrosos
PX = Probabilidad de daño
LX = Perdida consecuente

Las fórmulas generales de cálculo para cada componente de riesgo se listan a continuación:

$R_A = N_D * P_A * L_A$

$R_B = N_D * P_B * L_B$

$R_C = N_D * P_C * L_C$

$R_M = N_M * P_M * L_M$

$R_U = (N_L + N_{Da}) * P_U * L_U$

$R_V = (N_L + N_{Da}) * P_V * L_V$

$R_W = (N_L + N_{Da}) * P_W * L_W$

$R_Z = (N_i - N_L) * P_Z * L_Z$

$R'_B = N_D * P'_B * L'_B$

$R'_C = N_D * P'_C * L'_C$

$R'_V = (N_L + N_{Da}) * P'_V * L'_V$

$R'_W = (N_L + N_{Da}) * P'_W * L'_W$

$R'_Z = (N_i - N_L) * P'_Z * L'_Z$

El cálculo específico de cada NX, PX y LX para cada componente de riesgo se efectúa según los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.7.5.13 de la NTC 4552 -2. Ver figuras 3 y 4.

RIESGO TOLERABLE

Los valores representativos de riesgo tolerable RT donde las descargas atmosféricas involucran perdida de vida humana y perdidas de valores sociales y

culturales se muestran en la Tabla 7 de la NTC 4552-2 y se transcriben a continuación:

Tipo de perdida	RT
Pérdidas de vidas o lesiones permanentes	10^{-5}
Pérdida de servicio público	10^{-3}
Pérdida de patrimonio cultural	10^{-3}
Pérdida de valor económico	10^{-3}

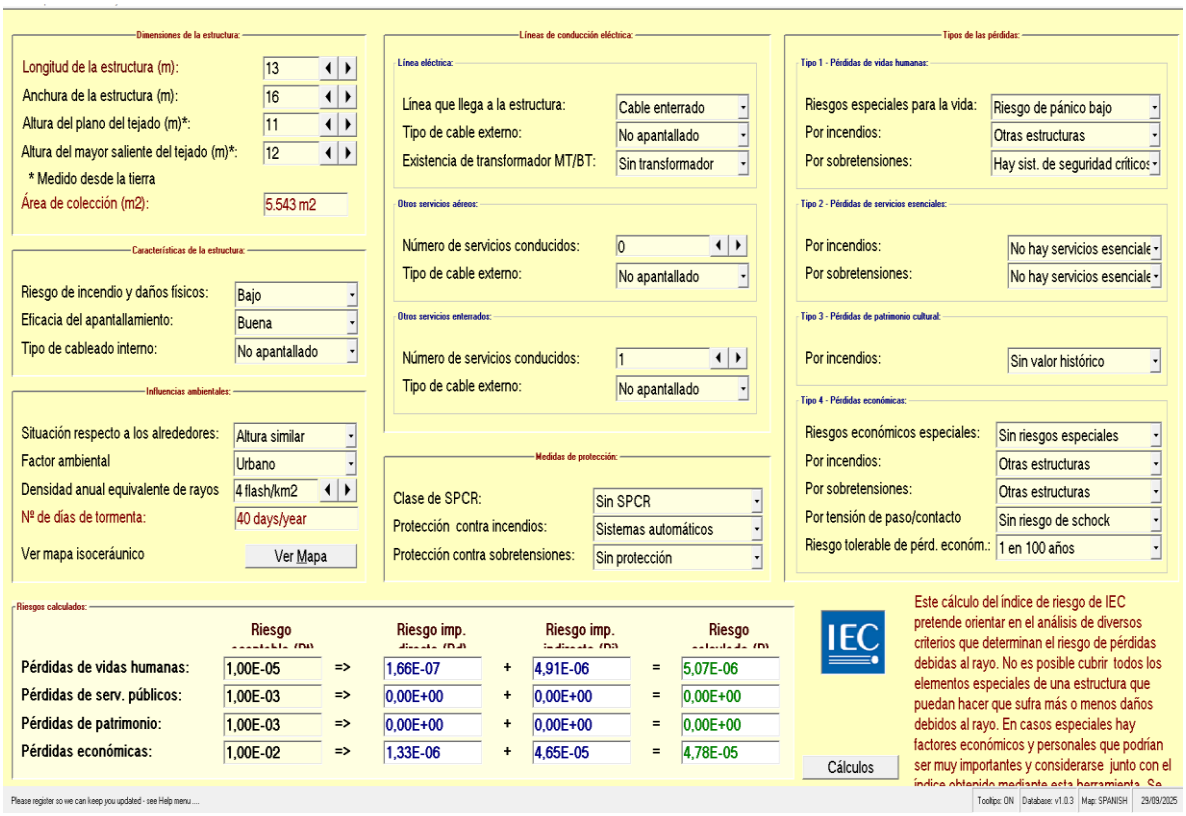


Figura 3. Cálculo de riesgo para la Centro de Salud Capellania

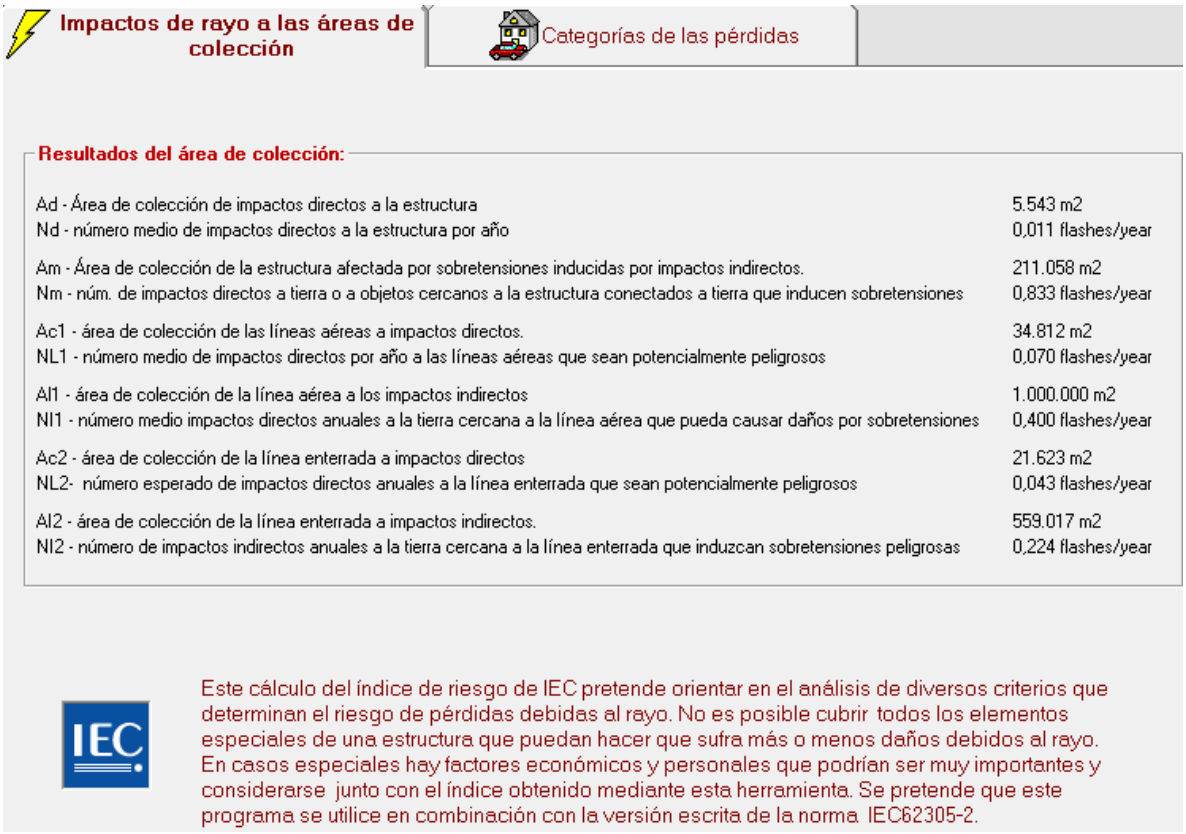


Figura 4. Resultados área de colección para la Centro de Salud Capellania.

Impactos de rayo a las áreas de colección | Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	1,11E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	4,43E-08
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	1,11E-07
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	8,33E-10
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	8,65E-08
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	3,46E-07
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	8,65E-07
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	3,61E-06

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	2,22E-07
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	1,11E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	8,33E-09
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,73E-06
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	8,65E-06
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	3,61E-05

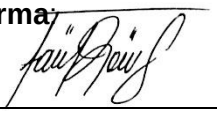
Figura 5. Resultado perdidas tipo para la Centro de Salud Capellania.

CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE RIESGO POR RAYOS

Los resultados del estudio de riesgo ante descargas atmosféricas se resumen en las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1- Se evaluó el nivel de riesgo ante descargas atmosféricas para los galpones, que conforma la estructura más significativa del predio, aplicando la metodología de la NTC 4552-2 y empleando como herramienta de cálculo el programa de la IEC 62305.
2- Los datos completos de entrada aplicados en el proyecto se muestran en la figura 1.
3- Las áreas de impacto de descargas atmosféricas calculadas para el proyecto se muestran en la figura 4.
4- La totalidad de los componentes de riesgo calculados para la estructura para todos los posibles tipos de pérdidas se pueden consultar en la figura 5.

5- De acuerdo con los resultados del estudio de riesgo **NO** se requiere la implementación de un sistema de protección externo contra rayos (pararrayos).
6- De acuerdo con los resultados del estudio de riesgo **NO** se requiere la implementación de un sistema de DPS, solo a la entrada del tablero principal. El nivel de riesgo calculado se muestra en la figura 3.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

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

En el sistema eléctrico del proyecto existen diferentes instalaciones eléctricas que pueden estar sujetas a factores de riesgo tales como arcos eléctricos, ausencia de electricidad, contactos directos, contactos indirectos, cortocircuito, electricidad estática, equipos defectuosos, rayos sobrecarga, tensiones de contacto y de paso.

Teniendo en cuenta las características del proyecto y el nivel de tensión, estos factores podrían representar una gravedad alta para las personas que se vean expuestas a estos factores, sin embargo, la frecuencia de que estos factores ocurran puede ser ocasional, de manera que al evaluar el riesgo se tiene:

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Arcos Electricos	Malos Contactos, cortocircuitos, manipulación indebida de equipos de medida, descuidos en los trabajos de mantenimiento.	Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos (2) aspectos en bajo y dos (2) en medio podemos asumir que el riesgo de arco electrico es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Ausencia de Electricidad	Apagón o corte del servicio, no disponer un sistema ininterrumpido de potencia.	Subestación

POTENCIAL ⚡ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado que todos los aspectos evaluados estan en bajo podemos determinar que el riesgo de ausencia de electricidad es bajo y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se tiene suplencia total para el sistema eléctrico

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto Directo	Violación de las distancias de seguridad, negligencia de técnicos	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto directo es medio y por lo tanto se recomienda:

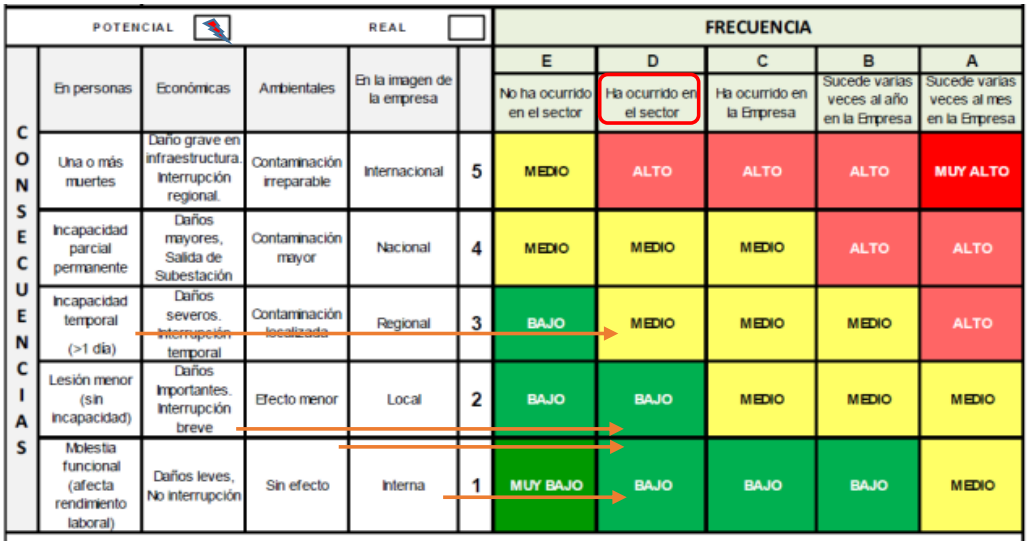
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se dispusieron elementos de señalizacion y obstaculo en las partes activas o energizadas en tableros y transformadores
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto Indirecto	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.



POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto indirecto es bajo y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Cortocircuito	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, equipos defectuosos	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por cortocircuito es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Electricidad Estática	Unión y separación constante de materiales	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado todos los aspectos en nivel bajo podemos determinar que el riesgo por electricidad estatica es bajo y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Equipo Defectuoso	Mal mantenimiento, mala utilización, mala instalación	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, dos en medio y uno en bajo podemos determinar que el riesgo por equipo defectuoso es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Recomendación de mantenimientos preventivos a los equipos instalados
- Seguir las normas tecnicas para la instalación y mantenimiento de los equipos

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Rayos	Fallas en operación, mantenimiento del sistema de protección	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en nivel medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por rayos es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales y secundarios
- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra
- Se realizo diseño de apantallamiento nivel IV según electro-geometria

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Sobrecarga	Armonicos, superar los niveles de tension de los equipos, mala instalacion electrica	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo por sobrecarga es bajo y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales
- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de contacto	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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
CONSECUENCIAS	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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tension de contacto es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra
- Se construyo la subestación sobre un material de alta resistividad como el concreto

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de Paso	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de areas restringidas	Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores.

POTENCIAL / REAL						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 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

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tension de paso es medio y por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizo un diseño equipotencial al sistema electrico
- Se realizo diseño del sistema de puesta a tierra
- Se construyo la subestación sobre un material de alta resistividad como el concreto

Considerando que hay un riesgo medio se debe mencionar que existen medidas implementadas en el sistema eléctrico que contribuyen a reducir la presencia de los factores de riesgo ya mencionados tales como el sistema de puesta a tierra, protección contra sobretensiones y áreas técnicas aisladas que cumplen con las respectivas distancias de seguridad especificadas en la norma.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

7. Análisis del nivel de tensión requerido

Para el proyecto los niveles de tensión suministrados y manejados dentro del mismo se encuentran avalados por la normatividad.

Nivel de tensión (V)	Clasificación RETIE
208-120	Baja tensión (BT)

Límites de regulación de tensión en los circuitos, norma ENEL-CODENSA Regulación de Tensión.

Regulación máxima permitida (Cto Urbano): Media tensión: 2%.
Baja tensión: 3%.
Regulación máxima permitida (Cto Rural): **Media tensión: 5%.**
Baja tensión: 7%.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

8. Cálculo de campos electromagnéticos

El artículo 14 del RETIE establece los valores de intensidad de campo eléctrico máxima y la densidad de flujo magnético máximo a baja frecuencia, para las zonas donde puedan permanecer personas con independencia del tiempo de permanencia, los cuales se basan en los criterios de la OMS y la Institución

Internacional para la Protección de la Población y el Medio Ambiente, Frente a las Radiaciones no Ionizantes, ICNIRP (revisión 2009).

El campo electromagnético es una modificación del espacio debida a la interacción de las fuerzas eléctricas y magnéticas simultáneamente, producidas por un campo eléctrico y un campo magnético que varían con el tiempo, por lo que se le conoce como campo electromagnético variable. Es producido por diferencias de potencial y cargas eléctricas en movimiento y tiene la misma frecuencia de la corriente eléctrica que lo produce. Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (0 a 300 Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos. Las instalaciones del sistema eléctrico a 60 Hz producen campos electromagnéticos a esta frecuencia, lo que permite medir o calcular el campo eléctrico y el campo magnético en forma independiente.

Las personas que debido a sus actividades están expuestas a campos electromagnéticos o el público en general, no deben ser sometidos a campos cuyos valores superen lo establecido en la tabla 14.1 del RETIE:

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO(kV/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

Tabla 14.1 Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

Nota: La población expuesta ocupacionalmente consiste de adultos que generalmente están expuestos a campos electromagnéticos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos no están conscientes de sus exposición a los CEM."

CALCULO DE CAMPO MAGNETICO

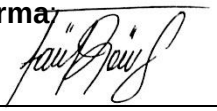
Para el cálculo de la densidad del flujo magnético en los conductores transportadores de corriente se aplica la siguiente formula:

$$B = \frac{\mu_0 \ I}{2\pi \ R}$$

donde **I** es la corriente que circula por el conductor, constante **μo** se denomina permeabilidad magnética del vacío ($1.26x10^{-6}$ [Tm/A]) y **R** es la distancia del conductor al punto en que se mide el campo

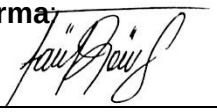
Corriente nominal del conductor más crítico es 100 (A) y la distancia de seguridad que brinda el cuarto técnico es de 0.5m.

La densidad de flujo magnético calculada es de 50 µT, por lo que se encuentra dentro los valores tolerables para la exposición a público general y a trabajadores dentro de un periodo de trabajo de 8 horas diarias.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

9. Cálculos de Transformadores

Para el proyecto se planea alimentar desde la red de BT existente frente al predio, por lo que no se requiere la proyección de un transformador y no se requiere calculo.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

10. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra

Teniendo en cuenta las características del proyecto, el sistema de puesta a tierra cumple en este caso las funciones básicas de seguridad para personas y equipos ante fallas a tierra, garantizar la correcta operación de las protecciones (interruptores automáticos, DPS's), absorber la posible acumulación de carga electrostática en la estructura metálica y servir de referencia a los equipos electrónicos.

Toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que, en cualquier punto accesible a personas, éstas no queden sometidas a tensiones de paso o contacto superiores a los umbrales soportables por el ser humano.

Para este proyecto que está compuesto por una caja de medidor, se llamará "sistema de electrodo de conexión a tierra", y está compuesto por los siguientes elementos: El conductor desnudo o con aislamiento de color verde o verde amarillo, (o en su defecto con marcación en las partes visibles con pintura, con cinta o con rótulos adhesivos de color verde para la conexión a tierra), el barraje a tierra y el electrodo de puesta a tierra.

Aspectos generales

- Los elementos metálicos que no sean parte de las instalaciones eléctricas no se puede usar como conductores de puesta a tierra, sin embargo, deberán conectarse al sistema de puesta a tierra.

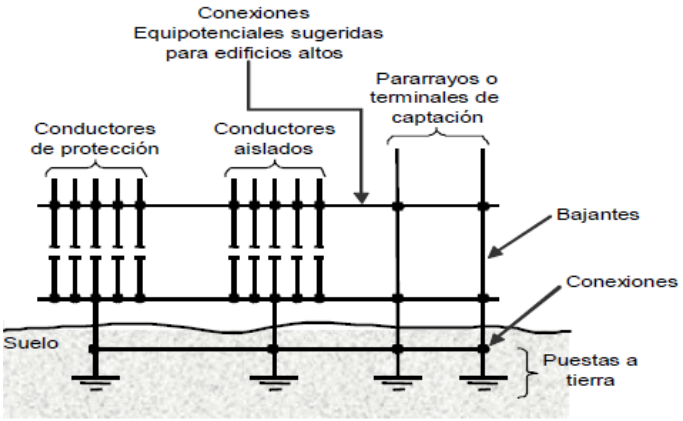
- Los elementos metálicos que sean refuerzo estructural de una edificación deben conectarse a tierra de manera permanente.

- Las conexiones en puestas a tierra que vayan por debajo del suelo deben ser realizadas con soldadura exotérmica o con un conector debidamente certificado.

- Se debe construir una caja de inspección de 30x30 cm o de 30 cm de diámetro para que las conexiones a tierra sean accesibles e inspeccionables.

- No es permitido utilizar aluminio enterrado en los componentes de puestas a tierra.

- Si en una edificación o inmueble existen varias puestas a tierra, estas deben ir interconectadas eléctricamente, según como se ilustra en la figura 15.1 del RETIE.



Conductor del electrodo de puesta a tierra

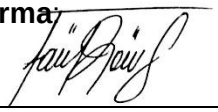
Garantizada la continuidad de puesta a tierra del sistema eléctrico se deberá hacer la conexión al electrodo de tierra. El calibre del conductor usado para la puesta a tierra de la caja o armario de medidores se determinará según los calibres de los conductores de acometida de acuerdo con la tabla 250-94 de la Norma NTC 2050.

El conductor de puesta a tierra se deberá conectar entre la barra de neutro de la caja o armario de medidores y el electrodo de tierra, que normalmente consiste de una varilla de cobre de 5/8” x 2.4 m. El valor de la resistencia de puesta a tierra no deberá ser mayor de 25 ohmios (Sección 250-84 Norma NTC 2050).

Para la puesta a tierra del conductor del neutro, ver tabla 250-94 de la NTC 2050.

Conductor del electrodo de puesta a tierra (Norma NTC 2050, tabla 250-94)		
Sección transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo	Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra	
Cobre	mm^2	Cobre
2 o menor	8.36	8
1 o 1/0	13.29	6
2/0 o 3/0	21.14	4
4/0 hasta 350 kcmil	33.62	2
400 hasta 600 kcmil	53.50	1/0
650 hasta 1100 kcmil	67.44	2/0
1200 kcmil	85.02	3/0

Para nuestro caso se selecciona cable desnudo de Cobre No. 8 AWG.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

11. Dimensionamiento de conductores a utilizar en media tensión y baja tensión

Dimensionamiento de conductores en BT

Para la selección de los conductores se tuvieron en cuenta las capacidades amperimétricas de los conductores con el fin de no afectar la regulación existente en las redes de BT, por lo tanto, se utilizan los conductores normalizados por el operador de red y se obtienen las siguientes equivalencias.

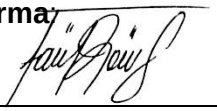
Se presenta la ampacidad de los conductores a 75ºC para efectos de selección de dispositivos de protección, barrajes, terminales y demás elementos que funcionan a dicha temperatura y haya coordinación térmica como lo indica la tabla de la NTC 310-16.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW, USE*	90 °C TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO 0 ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmil
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	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	190	230	255	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	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

El aislamiento de los conductores seleccionados será THHN/THWN 75°.

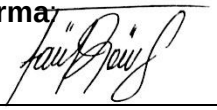
Dimensionamiento de conductores en BT

Tramo Desde	Hasta	Número de polos	Vn [V]	Carga [kVA]	Calibre Acometida FASE	Calibre Acometida NEUTRO	Conductores x Fase	Corriente Carga [A]	Corriente Carga al 125% [A]	Corriente de conductores a 75° [A]	Número total de conductores portadores de corriente	Factor de corrección por temperatura ambiente	Factor de agrupamiento	Ampacidad del conductor [A]	Acometida Selecciónada
POSTE	TGA	3	208	31,95	2 CU	2 CU	1	89	111	115	3	1,05	100%	121	3x2+1x2 CU
TGA	AE303	3	208	31,95	2 CU	2 CU	1	89	111	115	3	1,05	100%	121	3x2+1x2 CU+1x8T CU
TGA	AE319-BCI	3	208	15,39	2 AL		1	43	53	90	3	1,05	100%	95	3x2 AL+1x10T CU
AE303	TGD	3	208	31,95	2 CU	2 CU	1	89	111	115	3	1,05	100%	121	3x2+1x2 CU+1x8T CU
TGD	TN1	3	208	8,40	8 CU	8 CU	1	23	29	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8 CU+1x10T CU
TGD	TN2	3	208	17,30	8 CU	8 CU	1	48	60	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8 CU+1x8T CU
TGD	TI1	2	208	1,20	8 CU	8 CU	1	6	7	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	TI2	2	208	2,30	8 CU	8 CU	1	11	14	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	T-BOM	3	208	1,40	8 CU		1	4	5	50	3	1,05	100%	53	3x8 CU+1x12T CU
TGD	T-ASC	3	208	5,00	8 CU	8 CU	1	14	17	50	3	1,05	100%	53	3x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	BYPASS	2	208	6,00	8 CU	8 CU	1	29	36	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x10T CU
BYPASS	UPS	2	208	6,00	8 CU	8 CU	1	29	36	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x10T CU
BYPASS	TR1	2	208	6,00	8 CU	8 CU	1	29	36	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x10T CU
GEN	TGD	3	208	38,00	1/0 AL	1/0 AL	1	105	132	120	3	1,05	100%	126	3x1/0+1x1/0 AL+1x6T CU
TR1	TR2	2	208	3,50	8 CU	8 CU	1	17	21	50	3	1,05	100%	53	2x8+1x8 CU+1x12T CU
AE319-BCI	TT-BCI	3	208	15,39	2 AL		1	43	53	90	3	1,05	100%	95	3x2 AL+1x10T CU
GEN	TT-BCI	3	208	15,39	2 AL		1	43	53	90	3	1,05	100%	95	3x2 AL+1x10T CU
TT-BCI	BCI	3	208	13,99	8 CU		1	39	49	50	3	1,05	100%	53	3x8 CU+1x10T CU
TT-BCI	JOCKEY	3	208	1,40	12 CU		1	4	5	30	3	1,05	100%	32	3x12 CU+1x12T CU

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:** 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

12. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos

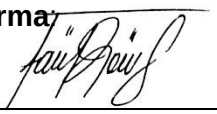
Para el proyecto se usan estructuras para la red aérea de MT normalizadas por el Operador de Red Local.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:** 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

13. Selección de Protecciones contra sobrecorrientes MT_BT

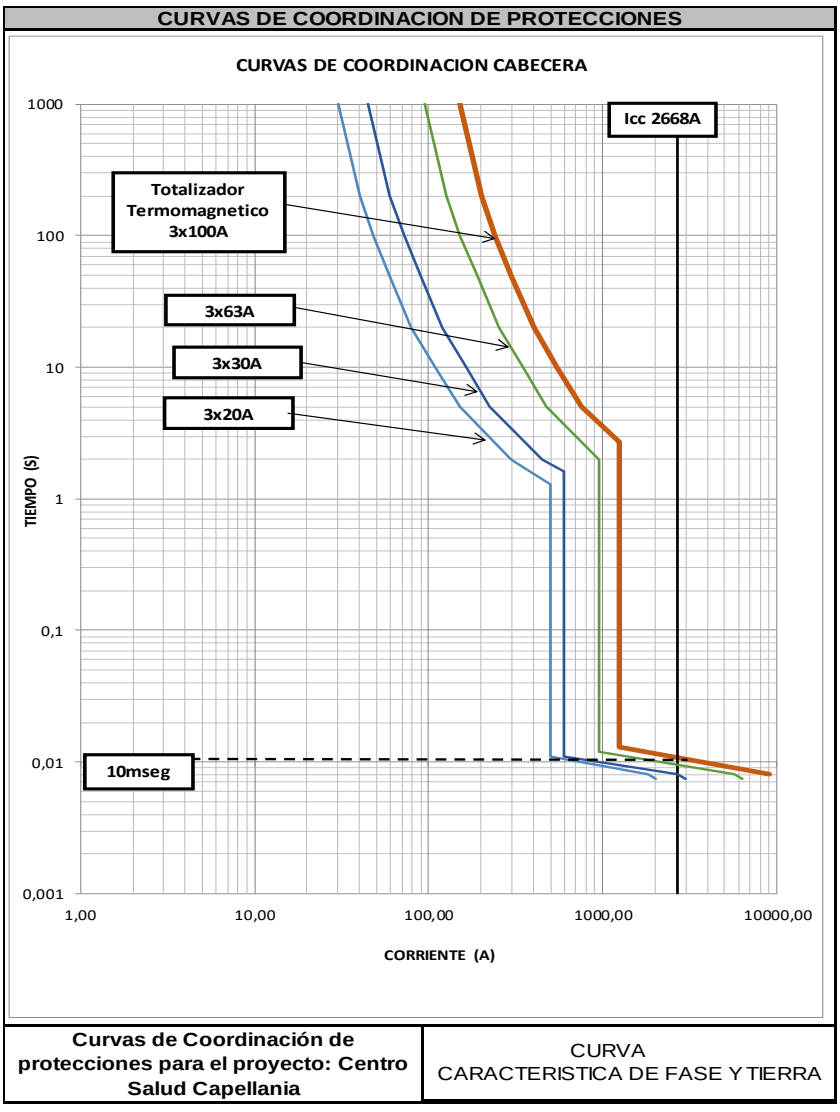
Selección de Protecciones en BT

Tramo Desde	Hasta	Número de polos	Carga [kVA]	Calibre Acometida	Corriente Carga [A]	Corriente Carga al 125% [A]	Corriente Nominal de conductores [A]	Protección [A]
POSTE	TGA	3	31,95	2 CU	89	111	121	
TGA	AE303	3	31,95	2 CU	89	111	121	3x100
TGA	AE319-BCI	3	15,39	2 AL	43	53	95	3x50
AE303	TGD	3	31,95	2 CU	89	111	121	3x100
TGD	TN1	3	8,40	8 CU	23	29	53	3x30
TGD	TN2	3	17,30	8 CU	48	60	53	3x63
TGD	TI1	2	1,20	8 CU	6	7	53	2x20
TGD	TI2	2	2,30	8 CU	11	14	53	2x20
TGD	T-BOM	3	1,40	8 CU	4	5	53	3x15
TGD	T-ASC	3	5,00	8 CU	14	17	53	3x30
TGD	BYPASS	2	6,00	8 CU	29	36	53	2x30
BYPASS	UPS	2	6,00	8 CU	29	36	53	2x30
BYPASS	TR1	2	6,00	8 CU	29	36	53	2x30
GEN	TGD	3	38,00	1/0 AL	105	132	126	3x100
TR1	TR2	2	3,50	8 CU	17	21	53	2x20
AE319-BCI	TT-BCI	3	15,39	2 AL	43	53	95	3x50
GEN	TT-BCI	3	15,39	2 AL	43	53	95	3x50
TT-BCI	BCI	3	13,99	8 CU	39	49	53	3x50
TT-BCI	JOCKEY	3	1,40	12 CU	4	5	32	3x15

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:** 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

14. Coordinación de Protecciones de Fase y Tierra Bajo los Parámetros de la Norma IEEE Std 242 de 2001 o IEC 60909 de 2001

Las curvas de los equipos encargados de la protección de los circuitos de BT son las siguientes.



Para el totalizador de B.T. de 3x100A (totalizador), opera a los 10 ms, para la corriente de falla. Las demás protecciones tiene una curva de operación por debajo de la del totalizador, por lo que se cumple selectividad.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	

Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

15. Cálculos de canalizaciones

A continuación, se realizarán los cálculos los cuales nos permiten conocer el porcentaje de ocupación de los ductos, los cuales no pueden exceder el 40% de ocupación. En la tabla No. 4 del Capítulo 9 de la NTC 2050, se indica el diámetro interno de los diferentes tipos de tuberías.

DIEMETRO TUBERIAS	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (PVC)	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (EMT)	DIAMETRO INTERNO TUBERIA mm (IMC)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm (PVC)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm² (EMT)	ÁREA INTERNA TUBERIA mm² (IMC)
1/2	17,78	15,8	14,22	248	196	159
3/4	23,11	20,93	19,3	419	344	293
1	29,85	26,64	25,4	700	557	507
1 1/4	38,1	35,05	34,04	1140	965	910
1 1/2	43,69	40,89	39,88	1499	1313	1249
2	54,74	52,5	51,31	2353	2165	2068
2 1/2	66,93	69,37	63,22	3518	3779	3139
3	84,84	85,24	78,49	5653	5707	4839
4	108,94	110,08	102,87	9321	9517	8311
6	160,93	0	154,76	20341	0	18811

Para determinar el porcentaje de ocupación de los conductores en las tuberías tenemos en cuenta la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje ocupación} = \frac{\text{área Conductor}[\text{mm}^2]}{\text{área de ducto}[\text{mm}^2]} \text{x } 100\%$$

Conductor ocupación para conductores en BT

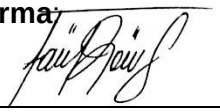
En el siguiente cuadro se presenta diámetro exterior de los conductores en BT típicos, a 600V en las denominaciones AWG y KCMIL.

Calibre AWG o kcmil	Diametro Conductor Desnudo [mm]	Diametro Conductor con Aislamiento [mm]	Área Conductor Desnudo [mm2]	Área Conductor con Aislamiento [mm2]
12 CU	2,32	3,84	4,23	11,58
10 CU	2,93	4,45	6,74	15,55
8 CU	3,70	5,98	10,75	28,09
6 CU	4,66	7,70	17,06	46,57
4 CU	5,88	8,92	27,15	62,49
2 CU	7,42	10,40	43,24	84,95
1/0 CU	9,46	13,50	70,29	143,14
2/0 CU	10,60	14,70	88,25	169,72
3/0 CU	11,90	16,00	111,22	201,06
4/0 CU	13,40	17,40	141,03	237,79
250 CU	14,61	19,30	167,64	292,55
300 CU	16,00	20,80	201,06	339,79
350 CU	17,30	22,00	235,06	380,13
400 CU	18,49	23,20	268,51	422,73
500 CU	20,66	25,40	335,24	506,71
8 AL	--	5,97	--	27,99
6 AL	--	7,70	--	46,57
4 AL	--	8,92	--	62,49
2 AL	--	10,50	--	86,59
1/0 AL	--	13,50	--	143,14
2/0 AL	--	14,70	--	169,72
3/0 AL	--	16,00	--	201,06
4/0 AL	--	17,50	--	240,53
250 AL	--	19,40	--	295,59
300 AL	--	20,80	--	339,79
350 AL	--	22,10	--	383,60
400 AL	--	23,30	--	426,38
500 AL	--	25,50	--	510,71

A continuación, se presentan los cálculos para determinar los porcentajes mínimos de ocupación para los conductores de BT.

Tramo Desde	Hasta	Calibre Acometida	Conductore x Fase	Selección mínimo ø Tubería	Selección Carcamo / Bandeja [cm]	% Ocupacion	Descripción Acometida
POSTE	TGA	2 CU	1	1Ø2" IMC		14,1%	3x2+1x2 CU
TGA	AE303	2 CU	1	1Ø2" PVC		12,8%	3x2+1x2 CU+1x8T CU
TGA	AE319-BCI	2 AL	1	1Ø2" PVC		11,3%	3x2 AL+1x10T CU
AE303	TGD	2 CU	1	1Ø2" PVC		12,8%	3x2+1x2 CU+1x8T CU
TGD	TN1	8 CU	1	1Ø1" EMT		18,0%	3x8+1x8 CU+1x10T CU
TGD	TN2	8 CU	1	1Ø1" PVC		14,8%	3x8+1x8 CU+1x8T CU
TGD	TI1	8 CU	1	1Ø1" EMT		13,4%	2x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	TI2	8 CU	1	1Ø1" PVC		10,7%	2x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	T-BOM	8 CU	1	1Ø1" PVC		10,7%	3x8 CU+1x12T CU
TGD	T-ASC	8 CU	1	1Ø1" PVC		14,1%	3x8+1x8 CU+1x12T CU
TGD	BYPASS	8 CU	1	1Ø1" EMT		13,7%	2x8+1x8 CU+1x10T CU
BYPASS	UPS	8 CU	1	1Ø1" EMT		13,7%	2x8+1x8 CU+1x10T CU
BYPASS	TR1	8 CU	1	1Ø1" EMT		13,7%	2x8+1x8 CU+1x10T CU
GEN	TGD	1/0 AL	1	1Ø2" PVC		25,1%	3x1/0+1x1/0 AL+1x6T CU
TR1	TR2	8 CU	1	1Ø1" PVC		10,7%	2x8+1x8 CU+1x12T CU
AE319-BCI	TT-BCI	2 AL	1	1Ø2" PVC		11,3%	3x2 AL+1x10T CU
GEN	TT-BCI	2 AL	1	1Ø2" PVC		11,3%	3x2 AL+1x10T CU
TT-BCI	BCI	8 CU	1	1Ø1" IMC		15,1%	3x8 CU+1x10T CU
TT-BCI	JOCKEY	12 CU	1	1Ø1/2" IMC		19,0%	3x12 CU+1x12T CU

Como se puede evidenciar, todas las tuberías y ductos portacables están por debajo del 40% de ocupación, como lo exige la NTC2050 Capitulo 9.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

16. Cálculo de regulación de tensión

Para realizar los cálculos de Regulación tenemos en cuenta las cargas que se tiene en el área de influencia y que básicamente están asociados a los transformadores.

Para el cálculo de regulación se usa el método de momento eléctrico el cual establece que:

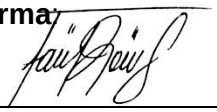
$R\% = K \times M$
$M = Sp \times L$

Donde

R = regulación del circuito en %
K = constante de regulación (Se toma de las tablas del departamento de normas técnicas de CODENSA)
Sp = capacidad instalada en kVA
L = longitud del circuito

Regulación en BT.

Tramo Desde	Hasta	Distancia (m)	Carga (KVA)	Calibre Acometida	Constante de Regulación	Regulación Parcial %	Regulación Total %
POSTE	TGA	30,0	31,95	2 CU	1,31E-03	1,25	1,25
TGA	AE303	4,0	31,95	2 CU	1,31E-03	0,17	1,42
TGA	AE319-BCI	4,0	15,39	2 AL	2,10E-03	0,13	1,38
AE303	TGD	35,0	31,95	2 CU	1,31E-03	1,46	2,88
TGD	TN1	4,0	8,40	8 CU	4,92E-03	0,17	3,05
TGD	TN2	20,0	17,30	8 CU	4,92E-03	1,70	4,59
TGD	TI1	4,0	1,20	8 CU	9,84E-03	0,05	2,93
TGD	TI2	20,0	2,30	8 CU	9,84E-03	0,45	3,34
TGD	T-BOM	45,0	1,40	8 CU	4,92E-03	0,31	3,19
TGD	T-ASC	40,0	5,00	8 CU	4,92E-03	0,98	3,87
TGD	BYPASS	4,0	6,00	8 CU	9,84E-03	0,24	3,12
BYPASS	UPS	4,0	6,00	8 CU	9,84E-03	0,24	3,36
BYPASS	TR1	4,0	6,00	8 CU	9,84E-03	0,24	3,36
GEN	TGD	8,0	38,00	1/0 AL	1,36E-03	0,41	0,41
TR1	TR2	20,0	3,50	8 CU	9,84E-03	0,69	4,04
AE319-BCI	TT-BCI	35,0	15,39	2 AL	2,10E-03	1,13	2,51
GEN	TT-BCI	20,0	15,39	2 AL	2,10E-03	0,65	0,65
TT-BCI	BCI	10,0	13,99	8 CU	4,92E-03	0,69	3,20
TT-BCI	JOCKEY	10,0	1,40	12 CU	1,40E-02	0,20	2,71

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:** 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

17. Cálculo de pérdidas de energía

La potencia eléctrica que se pierde en una línea, debido al paso de corriente eléctrica por el conductor de la misma, solo se hace referencia a la potencia activa consumida por el conductor de la línea (la que no llega al receptor), por lo que para el cálculo de la misma se deberá tener en cuenta tanto la resistencia del conductor de la línea, como la corriente que circula por el mismo.

En la línea trifásica, al existir tres conductores de línea, la potencia activa total perdida en la línea, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3R(I_L)^2$$

Donde:

ΔP: Perdida de potencia [W]

R: Resistencia del conductor de línea [Ω]

I_L: Intensidad de línea máxima prevista [A]

La resistencia del conductor de línea es:

$$R = \text{resistencia} \left[\frac{\Omega}{km}\right] x\ L\ [km]$$

Pérdidas técnicas en BT.

Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Distancia (m)	Calibre Acometida	Conductores x Fase	R equiv [Ω/m]	Corriente Carga [A]	Perdidas Tramo I^2*R [W]
POSTE	TGA	31,95	30	2 CU	1	5,86E-04	89	414,6
TGA	AE303	31,95	4	2 CU	1	5,86E-04	89	55,3
TGA	AE319-BCI	15,39	4	2 AL	1	9,63E-04	43	21,1
AE303	TGD	31,95	35	2 CU	1	5,86E-04	89	483,7
TGD	TN1	8,40	4	8 CU	1	2,35E-03	23	15,4
TGD	TN2	17,30	20	8 CU	1	2,35E-03	48	325,8
TGD	TI2	2,30	20	8 CU	1	2,35E-03	11	17,3
TGD	T-BOM	1,40	45	8 CU	1	2,35E-03	4	4,8
TGD	T-ASC	5,00	40	8 CU	1	2,35E-03	14	54,4
TGD	BYPASS	6,00	4	8 CU	1	2,35E-03	29	23,5
BYPASS	UPS	6,00	4	8 CU	1	2,35E-03	29	23,5
BYPASS	TR1	6,00	4	8 CU	1	2,35E-03	29	23,5
GEN	TGD	38,00	8	1/0 AL	1	6,06E-04	105	161,7
TR1	TR2	3,50	20	8 CU	1	2,35E-03	17	40,0
AE319-BCI	TT-BCI	15,39	35	2 AL	1	9,63E-04	43	184,3
GEN	TT-BCI	15,39	20	2 AL	1	9,63E-04	43	105,3
TT-BCI	BCI	13,99	10	8 CU	1	2,35E-03	39	106,5
TT-BCI	JOCKEY	1,40	10	12 CU	1	5,84E-03	4	2,6

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

18. Cálculo económico de los conductores

Para el cálculo económico, se tendrá en cuenta las perdidas obtenidas en el numeral 6,3 y las tarifas de energía eléctrica reguladas por la CREG.

SECTOR NO RESIDENCIAL								
			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA ($/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) ($/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) ($/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) ($/kWh)	NIVEL 3 (34,5 kV) ($/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) ($/kWh)
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomia	453,7206	418,5370	436,1288	363,2055	336,5219	288,5545
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	461,6147	426,4311	444,0229	370,0675	339,6079	289,2696
		Fuera de Punta	451,0689	415,8853	433,4771	360,9756	329,9014	286,6213

Para el cálculo económico de las pérdidas técnicas se proyectará a 15 años utilizando la siguiente ecuación. Donde:

- C_PlossT= Costo total de perdidas proyectado a 15 años.
- CE[kWh]= Costo de energía eléctrica según tablas de la CREG del 2016.
- Ploss[kW]= perdías técnicas de los conductores
- Tf[h]= horas de funcionamiento del equipo al día

$$C_Ploss_{T} = CE_{[kWh]} \times Ploss_{[kW]} \times Tf_{[h]} \times 365_{(Dias\ al\ año)]} \times 15_{(Años)}$$

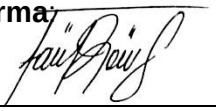
Cálculo económico conductor en BT.

Tramo Desde	Hasta	Carga (KVA)	Distancia (m)	Calibre Acometida	Conductores x Fase	Perdidas Tramo I^2*R [W]	Costo del [$/kW*h] por CREG	Costo perdidas mes [$]	Costo perdidas a 15 años [CP] [$]	Costo del conductor [CC] ($)	Costo total [CT=CP+CC] ($)
POSTE	TGA	31,95	30	2 CU	1	414,61	523,27	156.205	28.116.885	1.128.000	29.244.885
TGA	AE303	31,95	4	2 CU	1	55,28	523,27	20.827	3.748.918	150.400	3.899.318
TGA	AE319-BCI	15,39	4	2 AL	1	21,07	523,27	7.937	1.428.693	40.000	1.468.693
AE303	TGD	31,95	35	2 CU	1	483,71	523,27	182.239	32.803.033	1.316.000	34.119.033
TGD	TN1	8,40	4	8 CU	1	15,36	523,27	5.787	1.041.639	33.600	1.075.239
TGD	TN2	17,30	20	8 CU	1	325,75	523,27	122.729	22.091.280	168.000	22.259.280
TGD	TI2	2,30	20	8 CU	1	17,27	523,27	6.508	1.171.401	168.000	1.339.401
TGD	T-BOM	1,40	45	8 CU	1	4,79	523,27	1.805	324.931	378.000	702.931
TGD	T-ASC	5,00	40	8 CU	1	54,42	523,27	20.503	3.690.614	336.000	4.026.614
TGD	BYPASS	6,00	4	8 CU	1	23,51	523,27	8.857	1.594.345	33.600	1.627.945
BYPASS	UPS	6,00	4	8 CU	1	23,51	523,27	8.857	1.594.345	33.600	1.627.945
BYPASS	TR1	6,00	4	8 CU	1	23,51	523,27	8.857	1.594.345	33.600	1.627.945
GEN	TGD	38,00	8	1/0 AL	1	161,74	523,27	60.935	10.968.261	134.400	11.102.661
TR1	TR2	3,50	20	8 CU	1	40,00	523,27	15.070	2.712.602	168.000	2.880.602
AE319-BCI	TT-BCI	15,39	35	2 AL	1	184,34	523,27	69.450	12.501.066	350.000	12.851.066
GEN	TT-BCI	15,39	20	2 AL	1	105,34	523,27	39.686	7.143.466	200.000	7.343.466
TT-BCI	BCI	13,99	10	8 CU	1	106,48	523,27	40.115	7.220.693	84.000	7.304.693
TT-BCI	JOCKEY	1,40	10	12 CU	1	2,64	523,27	995	179.103	36.000	215.103
							COSTOS TOTALES	**$ 777.365**	**$ 139.925.622**	**$ 4.791.200**	**$ 144.716.822**

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma:**
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

19. Clasificación de áreas

El proyecto está destinado a uso oficial, y no cuenta con almacenamiento de substancias químicas o inflamables en las zonas de tránsito normal del proyecto. Además, el proyecto no corresponde a ninguna de las áreas de alto riesgo de explosión indicadas en el RETIE artículo 36.2.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

20. Cálculo de Barrajes (Sección mm2)

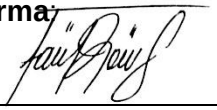
Se presenta a continuación la Norma de CODENSA AE 309, para seleccionar las dimensiones correctas de los barrajes de BT en el TGA, armarios de medidores, tablero general de distribución, entre otros.

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm^2	PESO kg/m	CORRIENTE ALTERNA 60Hz BARRAS PINTADA		CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO			
			1 I	2 II	I_X cm^4	W_X cm^3	I_Y cm^4	W_Y cm^3
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,0010	0,010
15 x 3	45	0,40	244	435	0,084	0,112	0,0030	0,022
20 x 2	40	0,35	230	462	0,133	0,133	0,0013	0,0133
20 x 3	60	0,54	323	561	0,200	0,200	0,0045	0,030
20 x 5	100	0,89	429	739	0,333	0,333	0,208	0,083
25 x 3	75	0,57	496	686	0,390	0,312	0,005	0,037
25 x 5	125	1,11	521	884	0,651	0,521	0,026	0,104
30 x 3	90	0,8	468	805	0,675	0,450	0,007	0,045
30 x 5	150	1,34	594	1029	1,125	0,750	0,031	0,125
40 x 3	120	1,07	607	1042	1,600	0,800	0,009	0,060
40 x 5	200	1,78	792	1320	2,666	1,333	0,042	0,166
40 x 10	400	3,56	1122	1980	5,333	2,666	0,333	0,666
50 x 5	250	2,25	950	1610	5,200	2,080	0,052	0,208
50 x 10	500	4,45	1359	2376	10,400	4,160	0,416	0,833
60 x 5	300	2,67	1122	1887	9,000	3,000	0,063	0,250
60 x 10	600	5,34	1584	2772	18,000	6,000	0,500	1,000
80 x 5	400	3,56	1412	2508	21,330	5,333	0,0833	0,333
80 x 10	800	7,12	2059	3300	42,600	10,660	0,666	1,333
100 x 5	500	4,45	1782	3036	41,660	8,333	0,104	0,4165
100 x 10	1000	8,90	2481	4092	83,300	16,660	0,833	1,666
120 x 10	1200	10,68	2904	4620	144,00	24,000	1,000	2,000
160 x 10	1600	14,24	3696	5808	340,80	42,640	1,333	2,666
200 x 10	2000	17,80	4422	6996	666,40	66,640	1,666	3,352

Selección de los barrajes

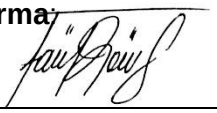
Para el dimensionamiento de los barrajes del Armario de medidores usaremos las Normas NTC 3444, donde:

ID Tablero	*Dimensionamiento*	In [A]	*I barra [A]*	*Dimension* *Ancho x Espesor*
TGD	***Fase*** *In 150%*	89	*133 A*	*15 x 2 mm2*
	Neutro *In 150%*	89	*133 A*	*15 x 2 mm2*
	Tierra ⩾*200A*	200	*200 A*	*15 x 2 mm2*
T-BOM	***Fase*** *In 150%*	4	*6 A*	*15 x 2 mm2*
	Neutro *In 150%*	4	*6 A*	*15 x 2 mm2*
	Tierra ⩾*200A*	200	*200 A*	*15 x 2 mm2*
TT-BCI	***Fase*** *In 150%*	43	*64 A*	*15 x 2 mm2*
	Neutro *In 150%*	43	*64 A*	*15 x 2 mm2*
	Tierra ⩾*200A*	200	*200 A*	*15 x 2 mm2*

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

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

Dentro de los documentos técnicos entregados, se encuentran todas las especificaciones técnicas constrictivas y de materiales que se requieren para el proyecto.

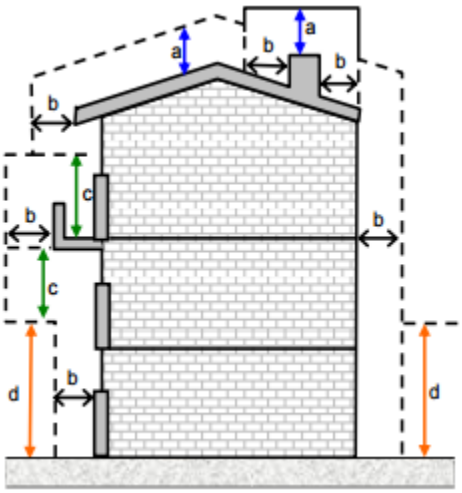
Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

22. Análisis de distancias de seguridad

De acuerdo al artículo 13 del RETIE se deben respetar las distancias mínimas de seguridad en las construcciones, por lo cual para este proyecto se garantiza respectar estas distancias de seguridad.

Distancias mínimas de Seguridad Según Tabla 13.1.

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 13.1).	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 13.1)	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 13.1)	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 13.1) 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



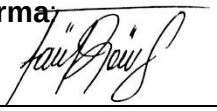
La medida de seguridad para la red de MT cumple las distancias de seguridad contra estructuras cercanas.

Límites de aproximación ámbito de aplicación trabajos sin tensión.

Los trabajos para realizar una maniobra de desconexión de una instalación eléctrica antes de iniciar las labores deben ser realizadas por una persona calificada y autorizada. Supresión de tensión (desconectar). Con el fin de prevenir un choque eléctrico al operador y aislar la zona de trabajo se deben abrir los interruptores, seccionadores, fusibles o fuente de alimentación.
El operador debe portar su equipo de protección personal, elementos de verificación de ausencia de tensión.

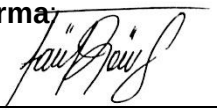
Trabajos en proximidad a partes energizadas.

Estos trabajos deben realizarse por personal calificado y bajo supervisión de un jefe de obra, el operario debe cumplir con las distancias de seguridad, con los elementos de protección personal adecuados para la labor. Detectar los riesgos que implican la labor para el operario y las instalaciones.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

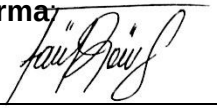
23. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Actualmente el proyecto no presenta desviaciones a la normatividad aplicable en el entorno nacional NTC 2050.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

24. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Actualmente el proyecto no requiere la presentación de estudios diferentes a los consignados en el presento documento.

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025

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

Calculo con suplencia total

Carga del Generador: **38, kVA** ***Efectivos en Fuquene-Cundinamarca***

Corriente Nom. Generador: 105,5 A

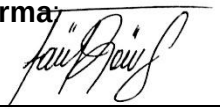
Carga demandada por el Generador a instalar:

S demanda: 31,95 kVA

Para esta carga se recomienda la instalación de un Generador de 38kVA

Cargabilidad del Generador: $\frac{S\ demanda}{Sn\ Generador}$

Cargabilidad del Generador: $\frac{31,95\ kVA}{38,00\ kVA} = \mathbf{84,1\%}$

Nombre:	Fabian Rodríguez	**Firma**: 
Cargo:	Ing. Electricista	
Número Matricula:	CN205-114808	**Fecha**: SEP 2025