- POR CONTACTO DIRECTO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Contacto directo	(al) o (en)	Red media Tensión 11,4 kV
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL	■	REAL	☐	FRECUENCIA				

CONSECUENCIAS						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
	Una o mas muertes E5	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	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (s in 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

Para el nivel de riesgo muy bajo las decisiones a tomar son: "vigilar los posibles cambios".

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

1859

- POR CONTACTO INDIRECTO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Contacto indirecto	(al) o (en)	Red media Tensión 11,4 kV
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes E5	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo muy bajo las decisiones a tomar son: "vigilar los posibles cambios".

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

1360

- POR CORTOCIRCUITO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Cortocircuito	(al) o (en)	Red Monofásico- Trifasica
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes E5	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	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (s in 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

Para el nivel de riesgo bajo las decisiones a tomar son: "Control administrativo rutinario. Según procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo."

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

- POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA

1851

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Electricidad estática	(al) o (en)	Ambiente o manipulación de equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes E5	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo muy bajo las decisiones a tomar son: "vigilar los posibles cambios".

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

- POR EQUIPO DEFECTUOSO

1862

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Equipo defectuoso	(al) o (en)	Ambiente o manipulación de equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL ■	REAL □	FRECUENCIA				

CONSECUENCIAS						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
	Una o mas muertes E5	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo bajo las decisiones a tomar son: "Control administrativo rutinario. Según procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo."

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

1863

- POR RAYOS

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Rayos	(al) o (en)	SPT
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes E5	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo bajo las decisiones a tomar son: "Control administrativo rutinario. Según procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo."

No se requieren protecciones especiales según las conclusiones del programa IEC Risk Assessment Calculator: Version 3.0.3

- POR SOBRECARGA

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Sobrecarga	(al) o (en)	Conductores, equipos y/o sendarios
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

	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 mas muerties E5	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo bajo las decisiones a tomar son: "Control administrativo rutinario. Según procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo."

De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Uso de Interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, dimensionamiento técnico de conductores y equipos.

1365

- POR TENSION DE CONTACTO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Tensión de contacto	(al) o (en)	Conductores y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes ES	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	MEDIO	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

Para el nivel de riesgo muy bajo las decisiones a tomar son: "vigilar los posibles cambios".
De acuerdo con el RETIE se deben tomar las siguientes decisiones: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

La resistencia calculada según el IEEE-80 Rg (resistencia a tierra) será de 1Ω (menor que 10Ω dentro de la norma para nivel de tensión II, la tensión de contacto calculada es menor al posible en caso de falla a tierra.

- POR TENSION DE PASO

1366

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura	por	Tensión de paso	(al) o (en)	Conductores y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

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 mas muertes E5	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	MEDIO	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

NIVEL DEL RIESGO		DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
MEDIO	Quemaduras por arco eléctrico en RED de MT Electrocución por contacto directo en tableros de BT Electrocución por contacto directo en subestación eléctrica	**Diseño:** se cuenta con sistema de puesta a tierra que cumple con normatividad vigente. Todos los circuitos e instalaciones equipotencializados. **Construcción:** Aplicar los sistemas de control (Suministrar EPP, usar EPP, seguir protocolos y procedimientos de ECA en trabajos de MT, requiere permiso de trabajo de encargado electricista de la obra).	El líder electricista del constructor deberá diligenciar el análisis de trabajo seguro y será aprobado por el jefe del área eléctrica.
BAJO	Daño de equipos por cortocircuito en tableros de BT Pérdida/graves daños en bienes por rayos en servicios de energía	**Diseño:** Se cuenta con diseño de protecciones eléctricas y DPS según normatividad vigente. Se diseñó sistema de protección contra rayos según normatividad vigente. **Construcción:** hacer control administrativo rutinario, seguir procedimientos de seguridad, utilizar EPP.	El líder electricista debe verificar: ¿qué puede salir mal o fallar?, ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?, ¿Qué se puede hacer para evitar que algo salga mal o falle? No requiere permiso de trabajo
MUY BAJO	Electrización por electricidad estática en superficies metálicas Incendio por sobrecarga en circuitos ramales Electrización por tensión de contacto en subestación Electrización por tensión de paso en subestación	**Diseño:** Se diseñó puesta a tierra que cumple con normatividad vigente para evitar tensiones de paso y contacto, las cargas en circuitos están diseñadas cumpliendo con normatividad vigente, se establecen conexiones equipotenciales. **Construcción:** Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

El ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Se elabora con el fin de evaluar el grado de riesgo eléctrico que se busca minimizar o eliminar. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

a. Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.

b. Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.

c. Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.

d. Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

1.2.3.4 Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE.

No aplica según artículo del RETIE 14.4. Este proyecto no se encuentra en cercanías de servidumbres de líneas de tensión superior a 57.5 kV.

1.2.3.5 Clasificación de áreas.

En el proyecto **NO** existe manejo ni almacenamiento de combustible.

1.2.3.6 Establecer distancias de seguridad requeridas

MEDIA TENSIÓN:

PARALELISMOS

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad. En ningún caso se canalizarán paralelamente por encima o por debajo de cualquier otra instalación con excepción de las líneas eléctricas, siempre y cuando estas sean de propiedad de la EMPRESA. En tal caso, ambas líneas se canalizarán en tubería y se situará en el nivel superior la línea de menor tensión eléctrica.
Para todos los servicios tales como redes de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicación, agua, alcantarillado, vapor y gas, deberán cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor de por lo menos 5 cm de espesor.

1959

CRUZAMIENTOS

En los cruzamientos de los cables de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicaciones, agua, alcantarillado, vapor y gas deberá cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. En caso de que no pudiese conseguirse esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones por medio de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor del calor.

BAJA TENSIÓN:

El espacio demarcado para tableros de baja tensión es de 0.9m de profundidad de acuerdo con la NTC2050 Tabla 110-16.a.
Se cumple con distancias de seguridad establecidas en RETIE.

1.2.3.7 Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando y no comprometa la seguridad de las personas o de su instalación.

En este proyecto **NO** se contempló ninguna desviación de la NTC2050.

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

Este proyecto **NO** requiere de un ningún otro estudio.

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

Este proyecto **NO** requiere de especificaciones complementarias a los planos.

1.2.4 Cálculos mecánicos.

No aplica. No hay redes aéreas en el proyecto.

2 Planos

3 Anexos

3.1 Estudio de coordinación de protecciones
3.2 Cálculo de malla de puesta a tierra.
3.3 Análisis de riesgo por rayos.

CARLOS ARTURO CÁRDENAS G.
M.P. BL205-32326

1870

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN

INFORME

ORBITA
Ingenieros

Febrero, 2023

1971

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

PROYECTO

1 OBJETO

Realizar el análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones del Proyecto MILAN ubicado en la ciudad de Bogotá DC.

2 ALCANCE

El presente estudio realiza el análisis de cortocircuito trifásico y monofásico del proyecto EL CARMEN, además presenta la coordinación de protecciones de los diferentes dispositivos de protección del proyecto, para lo anterior se utilizó el software de simulación **ETAP y ECODIAL.**

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Por medio del Punto de Conexión contemplado en el diseño de las instalaciones eléctricas se prestará el servicio de energía eléctrica al Proyecto EL CARMEN, que está ubicado en la ciudad de Bogotá DC.

4 CRITERIOS DE SIMULACIÓN

Para la simulación del análisis de cortocircuito, se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Se consideró un factor de sobrecarga para los transformadores de 25%.
- Las características técnicas del equivalente de red (Ik", X y R), corresponden a las suministradas por el operador de red en el punto de conexión.
- Las características técnicas de los conductores (R y X) media tensión, corresponden a los calibres dados en el diagrama unifilar del proyecto.
- Solo se muestra un diagrama de selectividad para protecciones de la misma referencia, con el mismo ajuste y ubicados en el mismo tablero.

5 PROYECTOS.

- T1: Transformador tipo refrigerado en aceite 150 kVA, 11400/208-120 V, Uz 6%, Dyn5;

6 NIVELES DE CORTOCIRCUITO.

A partir del diagrama unifilar se realizó la simulación en el software ETAP para obtener las corrientes de cortocircuito trifásica y monofásica del proyecto.

En las siguientes tablas se podrán observar las corrientes de cortocircuito trifásicos y monofásicos en los barrajes de cada uno de los tableros.

Short-Circuit Summary Report

1/2 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents

Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
TG-TQ2	0.208	1.005	-1.135	1.516	0.716	-0.936	1.178	0.983	0.871	1.313	0.709	1.266	1.450
TGBT	0.208	1.854	-6.585	6.841	1.855	-6.618	6.873	5.702	1.606	5.924	4.774	4.932	6.864

All fault currents are symmetrical (1/2 Cycle network) values in rms kA.
* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Tabla 1. Nivel de cortocircuito en subestación 150 kVA.

ETAP®

7 CURVAS DE PROTECCIÓN CON LOS AJUSTES DE PROTECCIÓN

Para tener en cuenta:

Cuando la curva de disparo de la protección aguas abajo cruza la curva de no disparo de la protección aguas arriba se dice que **la coordinación es parcial** y la corriente a la cual la curva se cruza se denomina límite de selectividad o discriminación.

Si el límite de selectividad es menor que la corriente de corto circuito que puede ocurrir en el circuito protegido por el interruptor aguas abajo, **se dice que la discriminación es parcial**.

Si el límite de selectividad es mayor que la máxima corriente de corto circuito que puede ocurrir en el circuito protegido por el interruptor aguas abajo, **se dice que la discriminación es total.**

En las siguientes figuras se observan la coordinación de protecciones entre los dispositivos de media tensión y baja tensión del Proyecto MILAN, asimismo, la coordinación de protecciones entre los diferentes dispositivos de baja tensión, realizado en el software ETAP y ECODIAL.

Para la coordinación de protecciones se utilizaron protecciones de los fabricantes, Schneider electric.

NOTA *: Poder de corte comercializado en el territorio colombiano por Schneider electric.

7.1 Diagramas de selectividad para protecciones de S/E 150 kVA

a. Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/P-T-TQ1/P-T-TQ1

Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P-T-TQ1/P-T-TQ1: EZC100N
Selectividad total

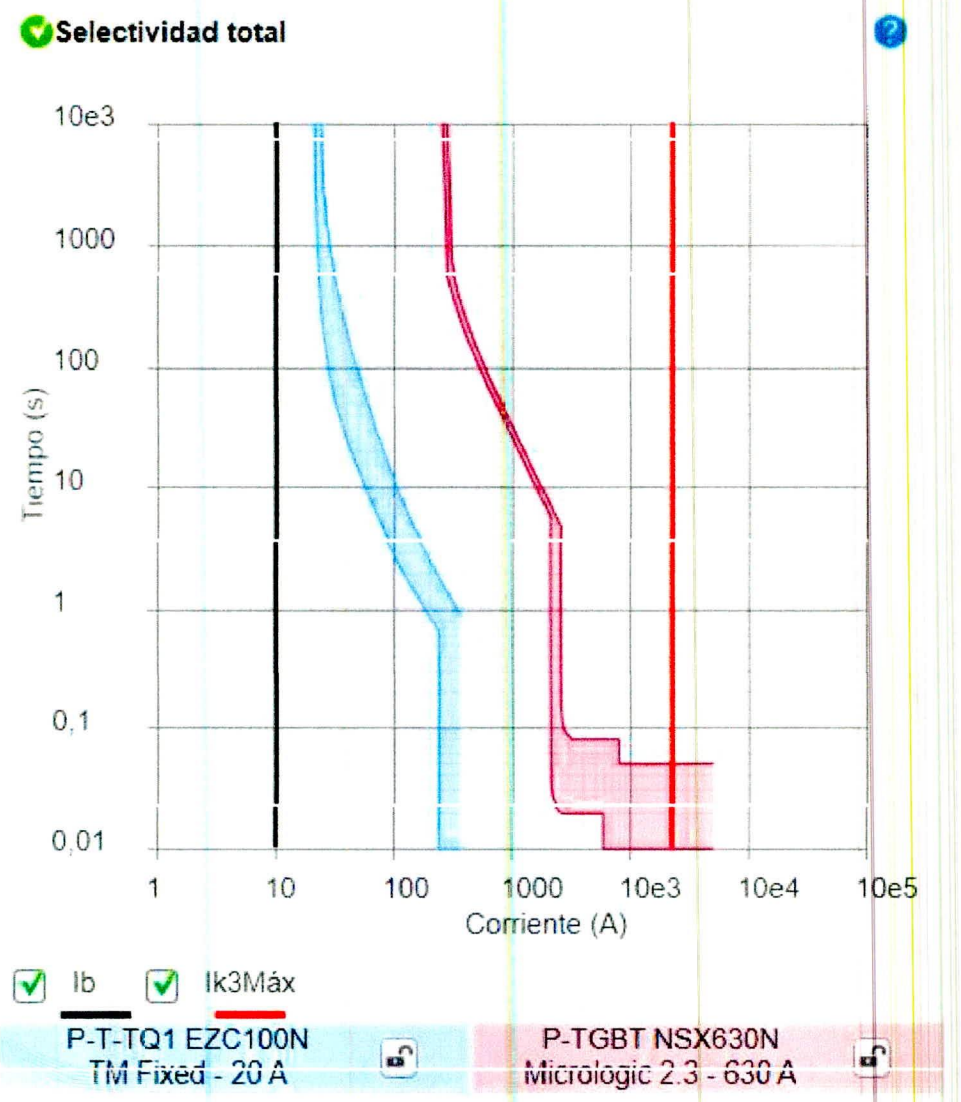


Ilustración 1. Diagrama de selectividad.

b. **Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/ P-RESERVA EQUIPADA CENTRO DE INTERPRETACION MUSEO**
Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P-RESERVA EQUIPADA CENTRO DE INTERPRETACION MUSEO: EZC100N

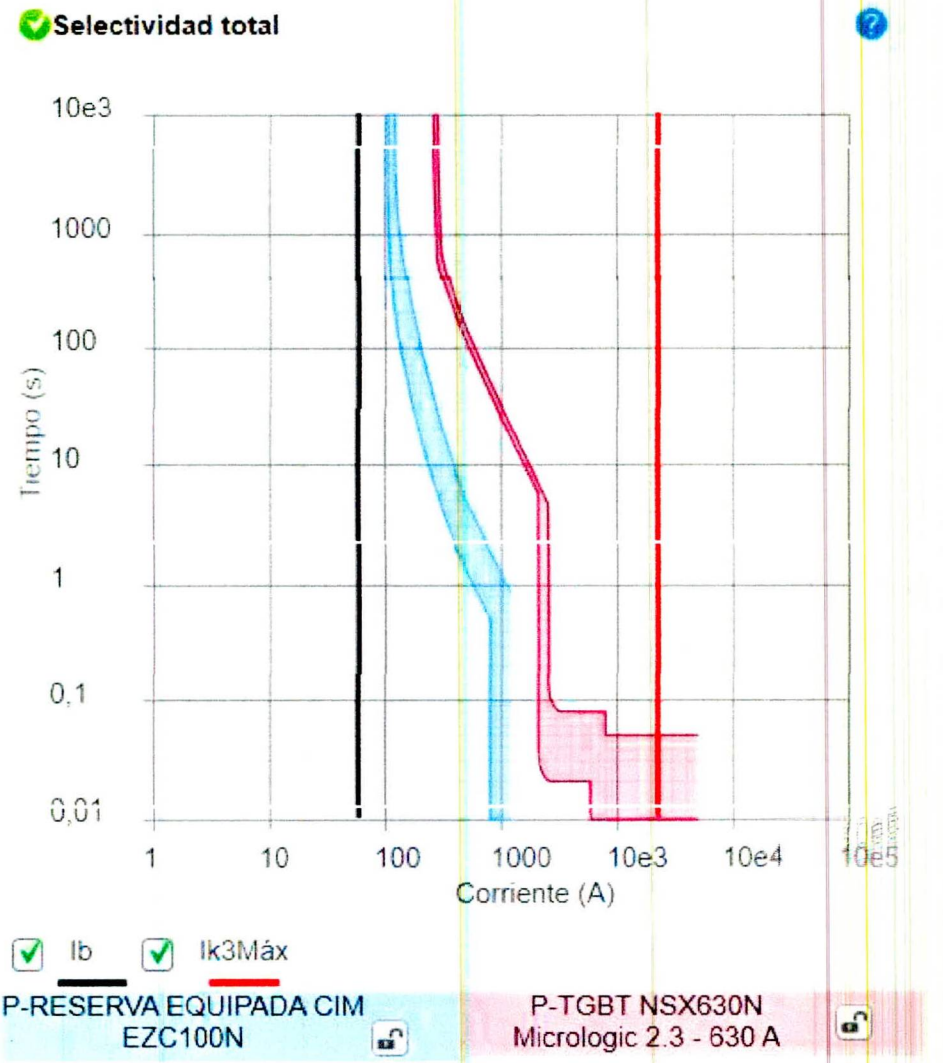


Ilustración 2. Diagrama de selectividad protecciones.

c. **Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/ P-T-BOMBAS**
Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P-T-BOMBAS: EZC250F
Selectividad total

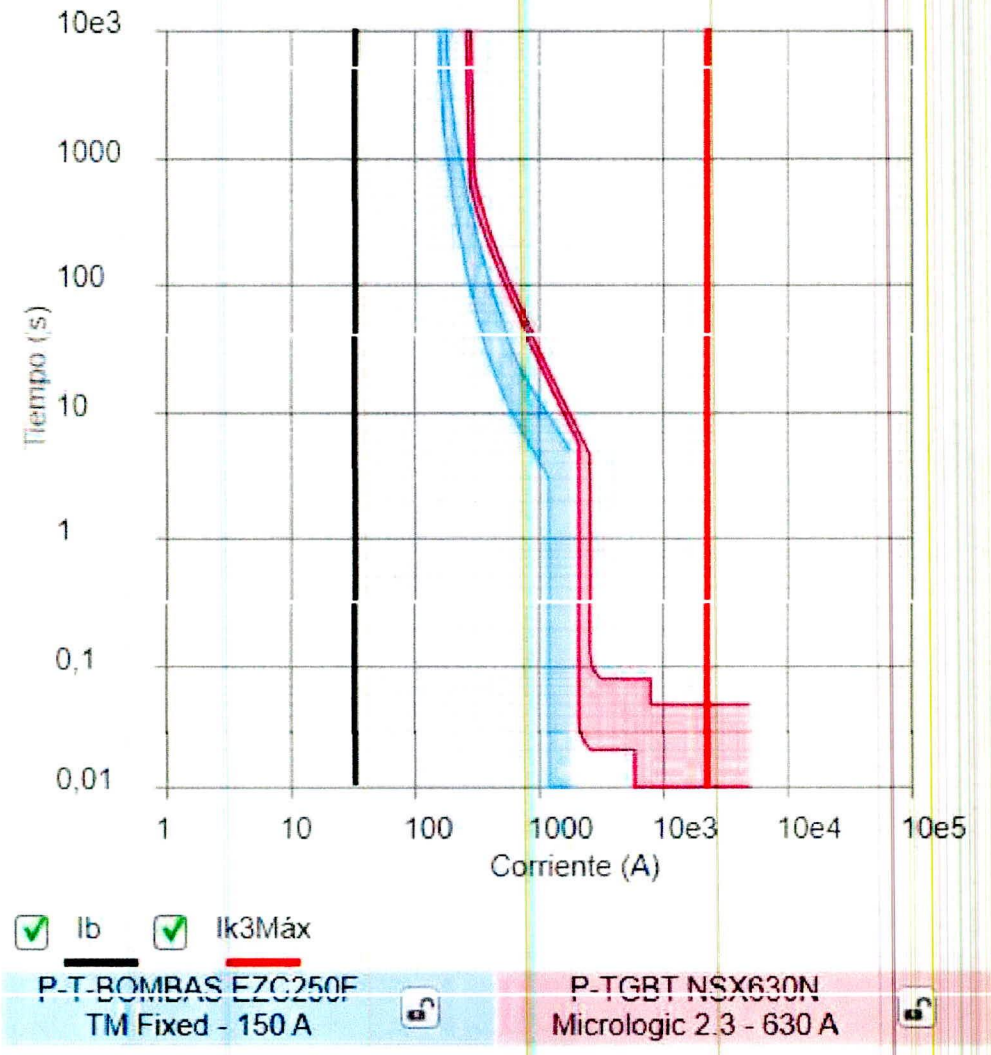


Ilustración 3. Diagrama de selectividad protecciones.

d. Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/ P- RESERVA EQUIPADA CENTRO DE INTERCAMBIO CAMPESINO

Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P- RESERVA EQUIPADA CENTRO DE INTERCAMBIO CAMPESINO: EZC100N
Selectividad total

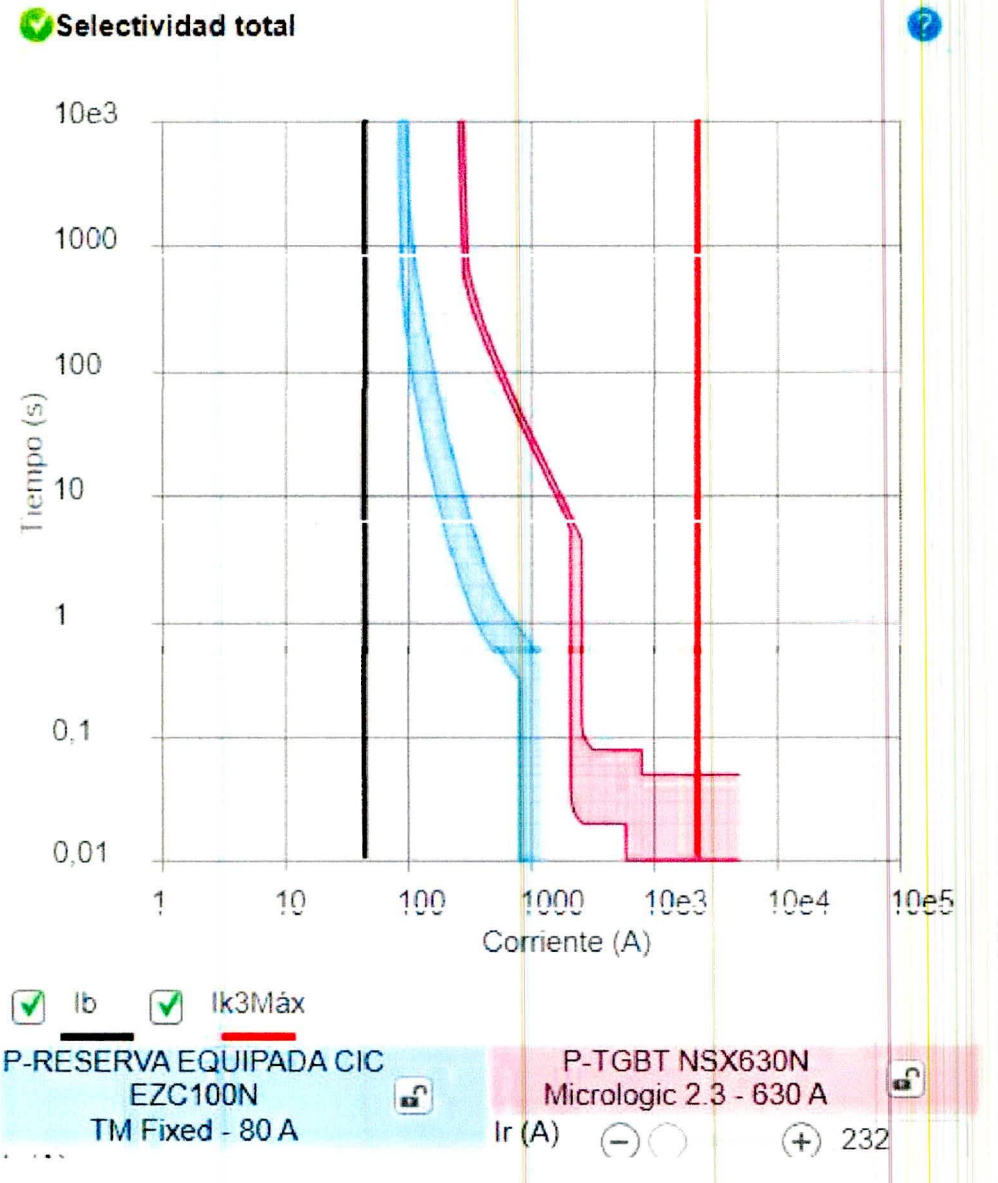


Ilustración 4. Diagrama de selectividad protecciones.

e. Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/ P-T-TQ1/ P-TG-TQ2

Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P-T-TQ1/ P-TG-TQ2: NSX630N
Selectividad total

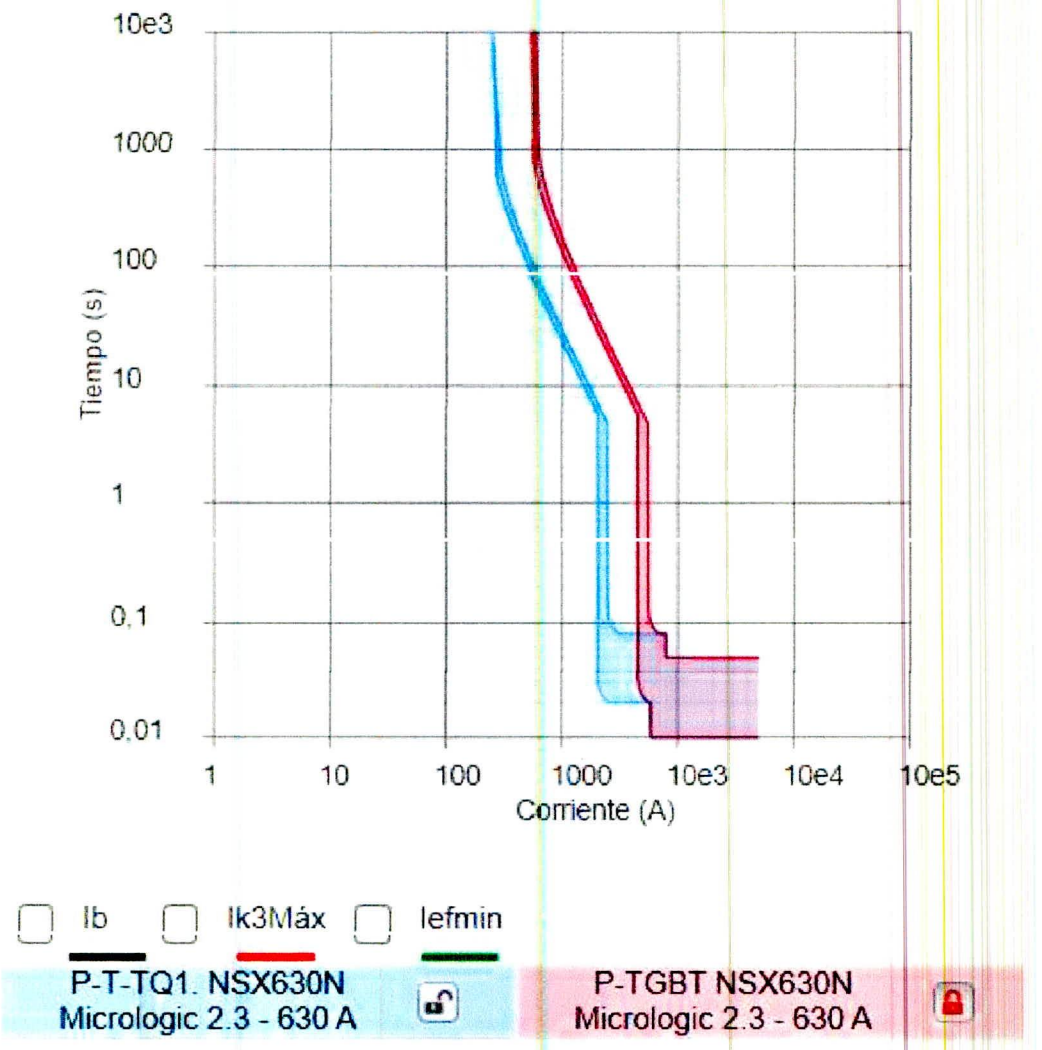


Ilustración 5. Diagrama de selectividad protecciones.

f. Diagrama de selectividad para protecciones P-TGBT/ P- TSE

Referencia protección P-TGBT: NSX630N
Referencia protección P- TSE: EZC250F
Selectividad total

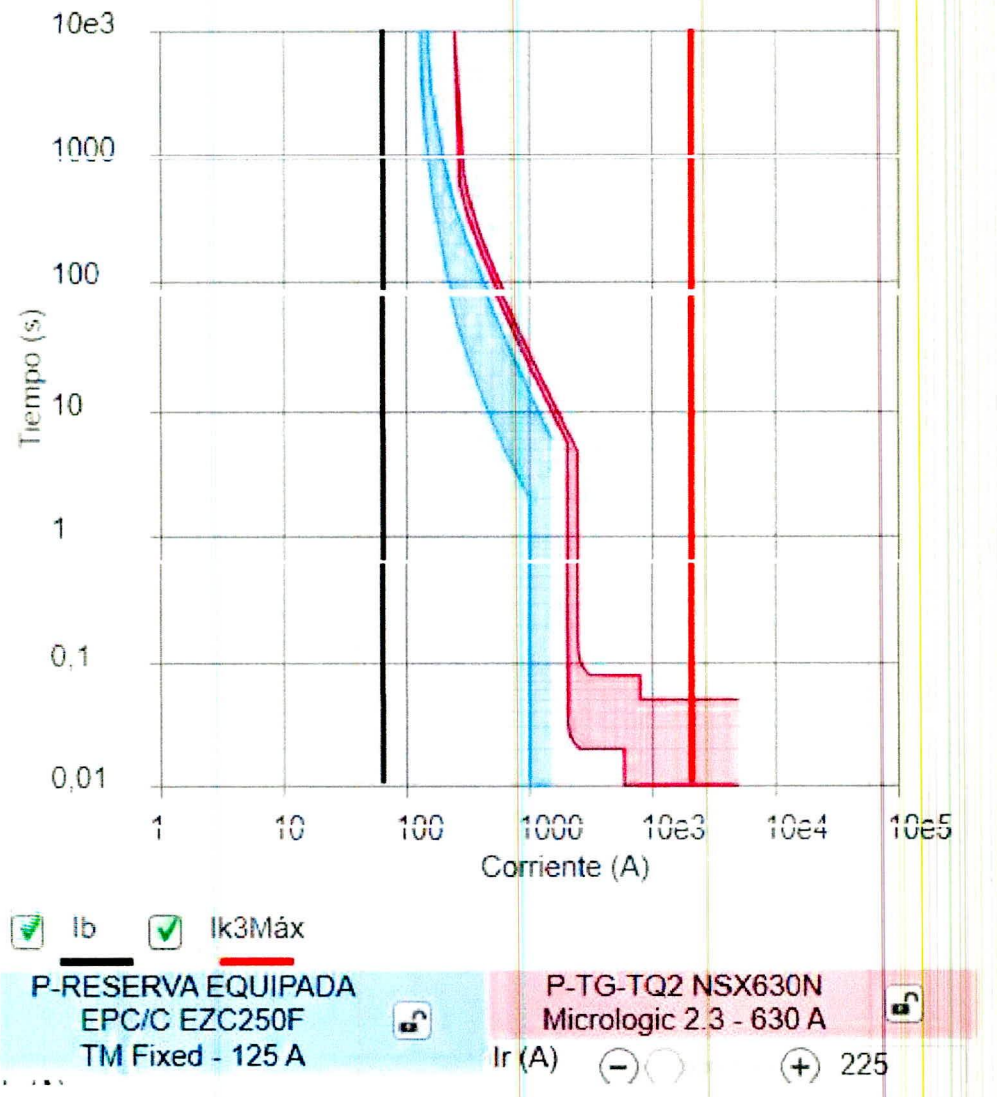


Ilustración 6. Diagrama de selectividad protecciones.

8 CONCLUSIONES

Como se puede observar en las gráficas de coordinación de protecciones de tiempo contra corriente, el orden de disparo de las protecciones está adecuadamente coordinado.

Los ajustes propuestos para las protecciones se encuentran en cada uno de los diagramas de selectividad presentados.

Resumen del diseño del sistema de puesta a tierra

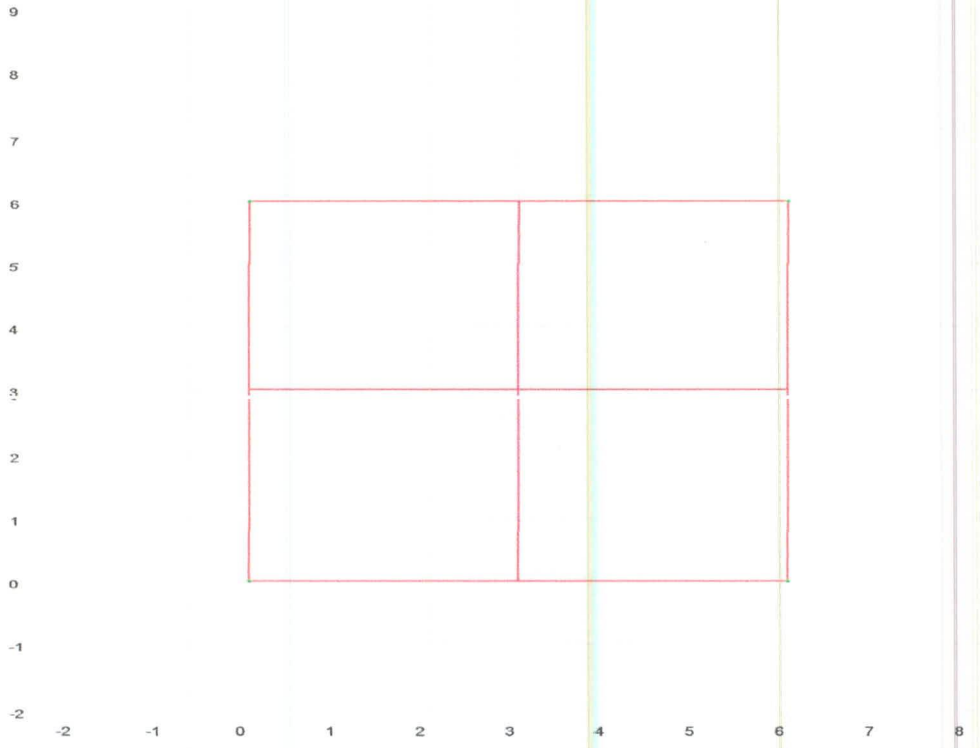
1	Nombre del proyecto	HCDA EL CARMEN
2	Dirección del sitio	Hacienda El Carmen, Bogotá
3	Norma	IEEE 80
4	Sistema de instalación de tierra	
5	Método de aterrizamiento	
6	Resistividad (Ωm)	60
7	Material de la superficie	
8	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
9	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.2
10	Impedancia de la barra(% Z1, % Z2)	
11	Impedancia de la barra(% Z0)	
12	Impedancia de la línea(% Z1, % Z2)	
13	Impedancia de la línea(% Z0)	
14	Longitud de la línea(km)	5
15	Máxima corriente de falla a tierra (A)	1529
16	Factor de division de corriente Sf	0.2
17	Corriente a través de la malla (A)	305.8
18	Duración de la falla (s)	0.15
19	Material del conductor y calibre	
20	Material de las varillas y medida	
21	Programa de simulación	
22	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	1037.96
23	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
24	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado
25	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
26	Resistencia de la malla por medida(Ω)	5

Resultados del Análisis Simplificado

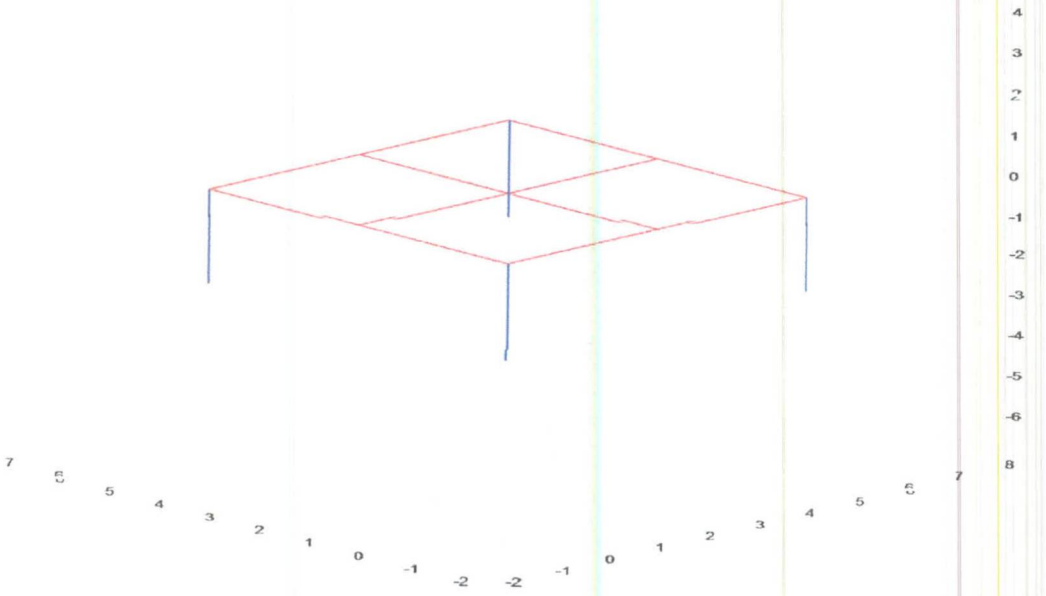
No	Símbolo	Propiedades	Valor
1	-	Sistema de instalación de tierra	
2	-	Método de aterrizamiento	
3	-	Material del conductor y calibre	
4	-	Material de las varillas y medida	
5	If	Máxima corriente de falla a tierra (A)	1529
6	IG	Corriente a través de la malla (A)	0
7	Sf	Factor de division de corriente Sf	0
8	Cp	Factor de expansión del sistema	1.0
9	ρ	Resistividad (Ωm)	60
10	ρs	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
11	hs	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.2
12	tf	Duración de la falla (s)	0.15
13	h	Profundidad de los conductores de la malla (m)	0.6
14	n	Factor geométrico	0
15	d	Diámetro de los conductores de la malla (m)	0.01
16	D	Distancia entre conductores paralelos (m)	5
17	LR	Longitud total de las varillas(m)	0
18	Lx	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección x (m)	0
19	Ly	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección y (m)	0
20	Ta	Temperatura Ambiente (°C)	32
21	Tm	Temperatura de fusión Tm (°C)	0
22	Rg	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
23	EPR	Elevación del potencial de tierra calculado con resistencia Sverak, IEEE STD 80 2013(V)	0
24	Em	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
25	Es	Tensión de Paso estimada por IEEE STD 80 (V)	0
26	Et70	Tensión de toque tolerable – persona de 70 kg (V)	1404.82
27	Et50	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	1037.96
28	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado	
29	Es70	Tensión de paso tolerable – persona de 70 kg (V)	4403.17
30	Es50	Tensión de paso tolerable – persona de 50 kg (V)	3253.3
31	Evaluación	Es50 > Es Para Es el diseño es adecuado	

1882

Malla

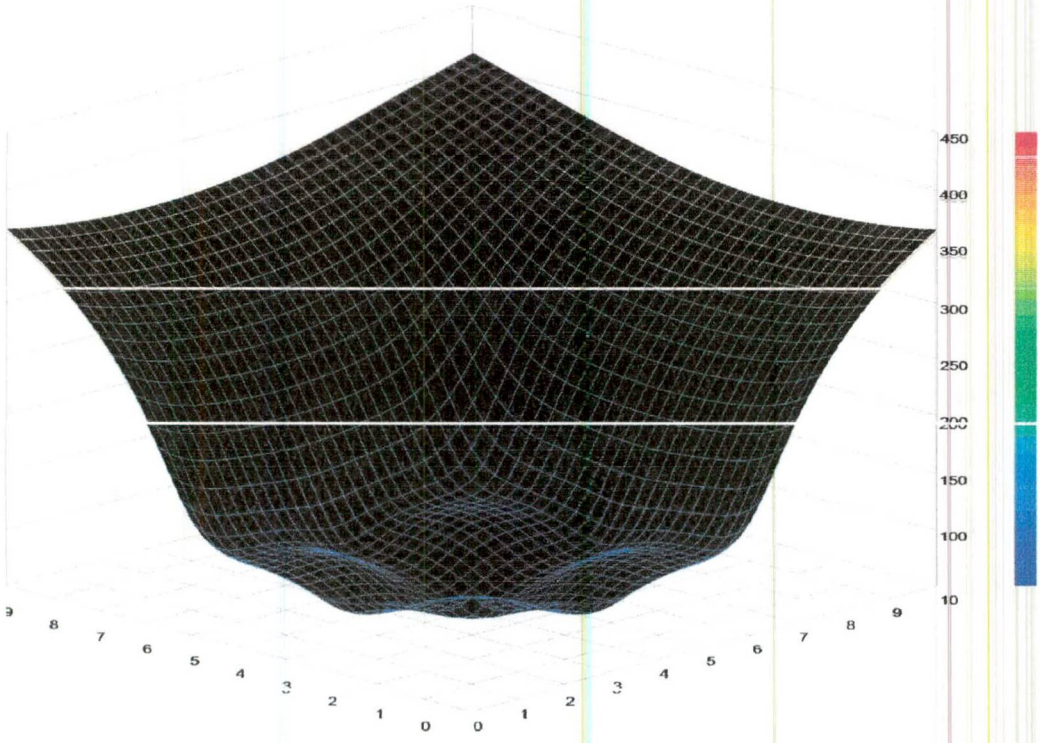


Vista 3D de la malla

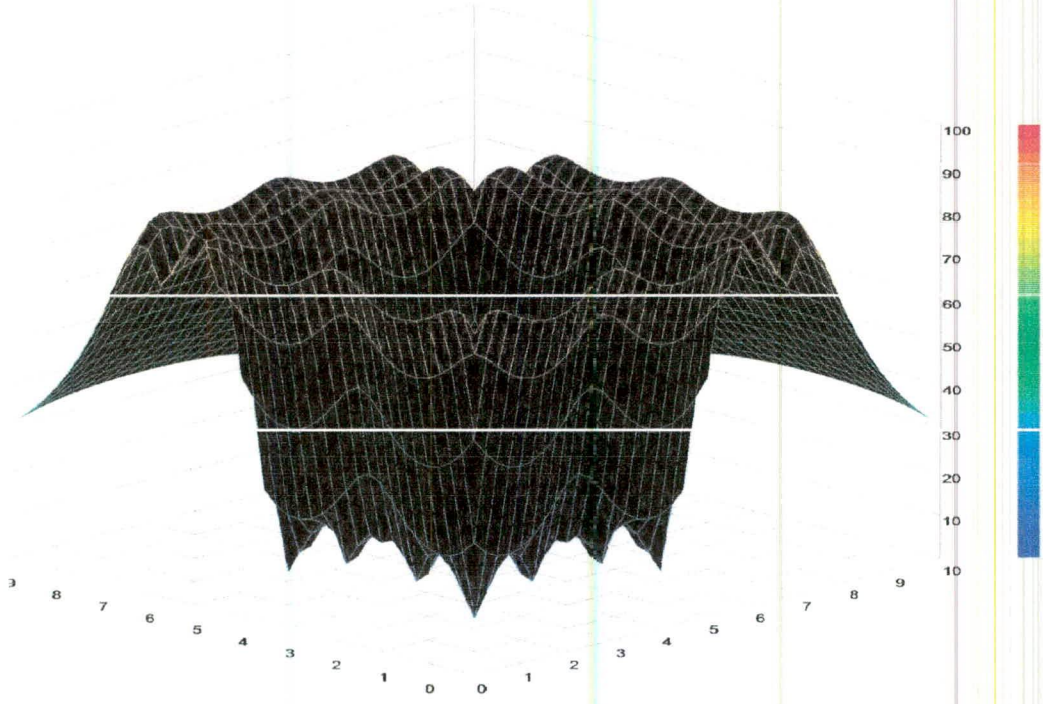


1884

Tensión de toque (V)

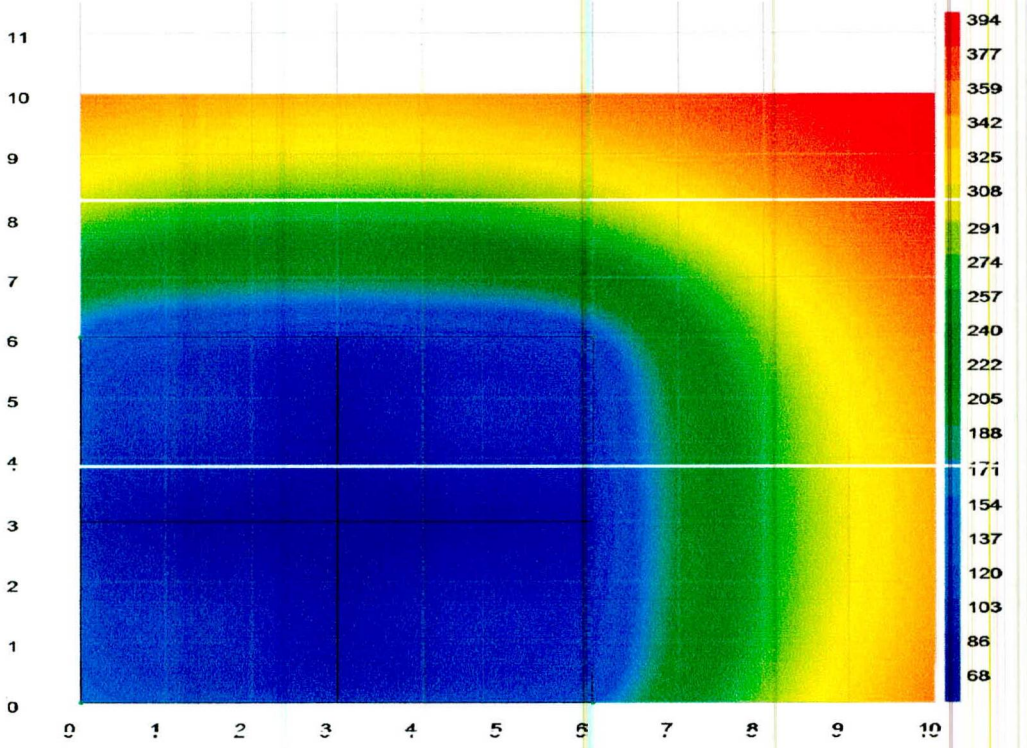


Tensión de paso (V)

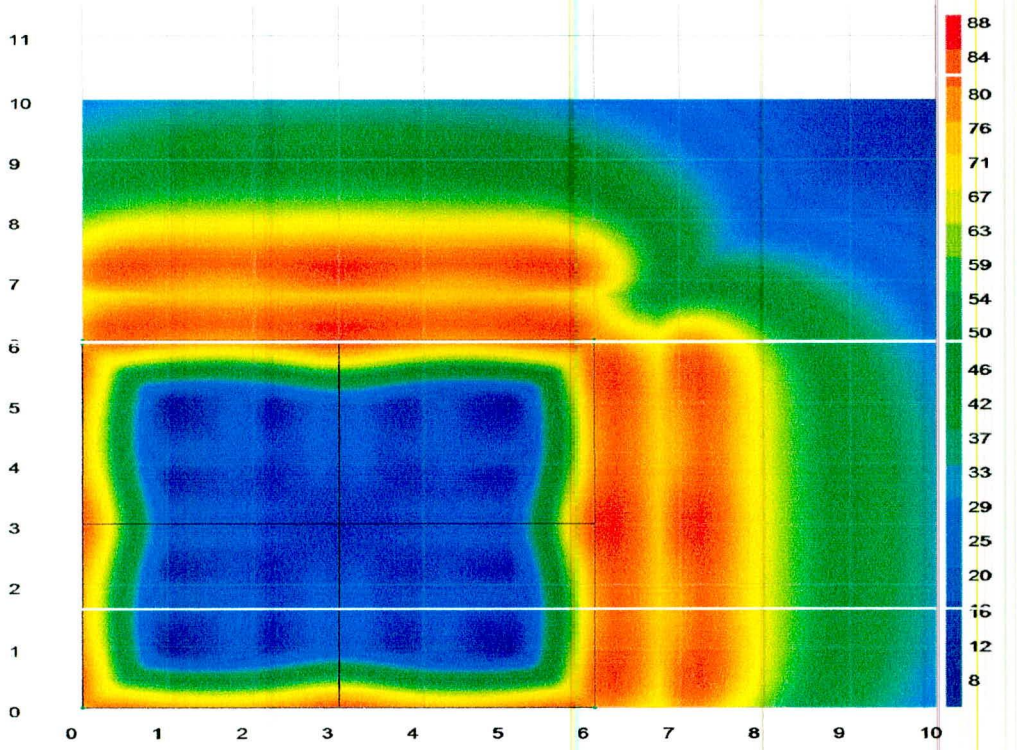


1386

Tensión de toque 2D (V)



Tensión de paso 2D (V)



Resistividad (Ωm)

No	Símbolo	Propiedades	Valor
1	ROMAX	Resistividad máxima (Ωm)	0
2	ROMIN	Resistividad mínima (Ωm)	0
3	ROAVG	Resistividad promedio (Ωm)	0
4	ROSTDEV	Desviación estándar de la resistividad (Ωm)	0
5	ROSTDEVP	Desviación estándar de la resistividad (%)	0
6	RO70	Resistividad con el 70% de probabilidad de no ser superada (Ωm)	0
7	(ROMAX +ROMIN)/2	Resistividad promedio entre los valores máximo y mínimo (Ωm)	0
8	RO1	Resistividad de la capa superior (Ωm)	0
9	RO2	Resistividad de la capa inferior (Ωm)	0
10	h	Espesor de la capa superior (m)	0

Conductores

Nombre	X1(m)	Y1(m)	X2(m)	Y2(m)	h(m)	R(m)	A(mm²)
New Conductor	0.00	0.00	6.00	0.00	0.75	0.005315	88.75
New Conductor	0.00	3.00	6.00	3.00	0.75	0.005315	88.75
New Conductor	0.00	6.00	6.00	6.00	0.75	0.005315	88.75
New Conductor	0.00	0.00	0.00	6.00	0.75	0.005315	88.75
New Conductor	3.00	0.00	3.00	6.00	0.75	0.005315	88.75
New Conductor	6.00	0.00	6.00	6.00	0.75	0.005315	88.75

Varillas

Nombre	X(m)	Y(m)	L(m)	h(m)	R(m)	D(mm)
0-0	0.00	0.00	2.4	0.75	0.00714	14.28
0-6	0.00	6.00	2.4	0.75	0.00714	14.28
6-0	6.00	0.00	2.4	0.75	0.00714	14.28
6-6	6.00	6.00	2.4	0.75	0.00714	14.28

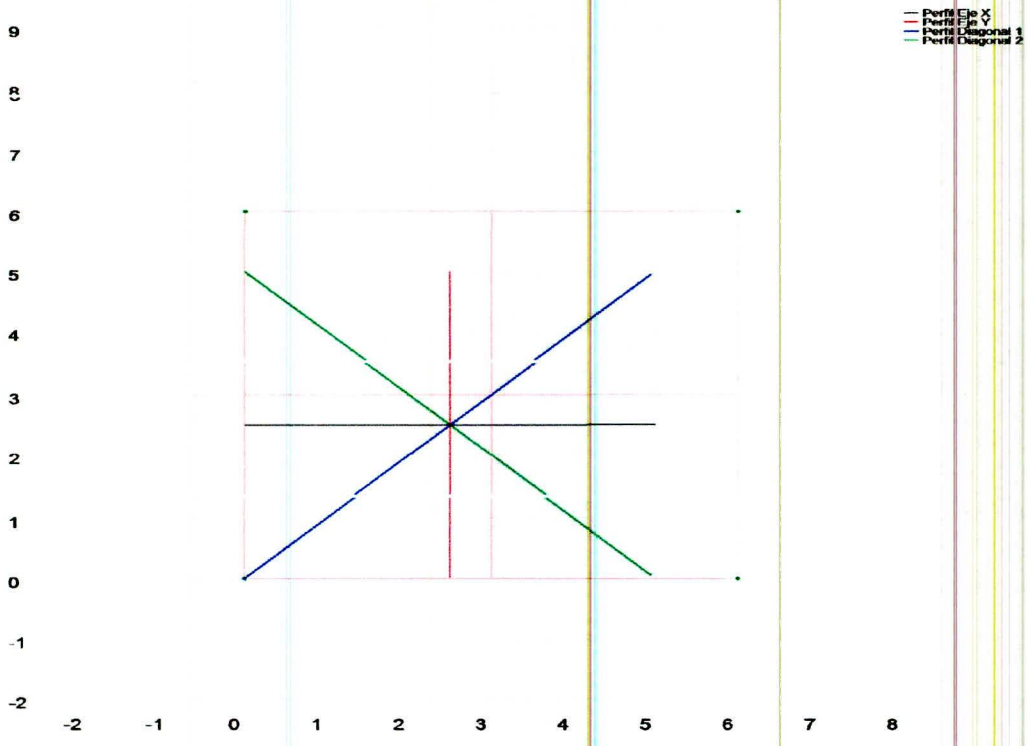
Selección del conductor

Descripción	Cobre blando recocido
Conductividad del material (%IACS)	100
Factor αr a 20 °C (1/°C)	0.00393
K0 a 0 °C(0°C)	234
Temperatura de fusión Tm (°C)	0
Resistividad a 20 °C pr (μΩ cm)	1.72

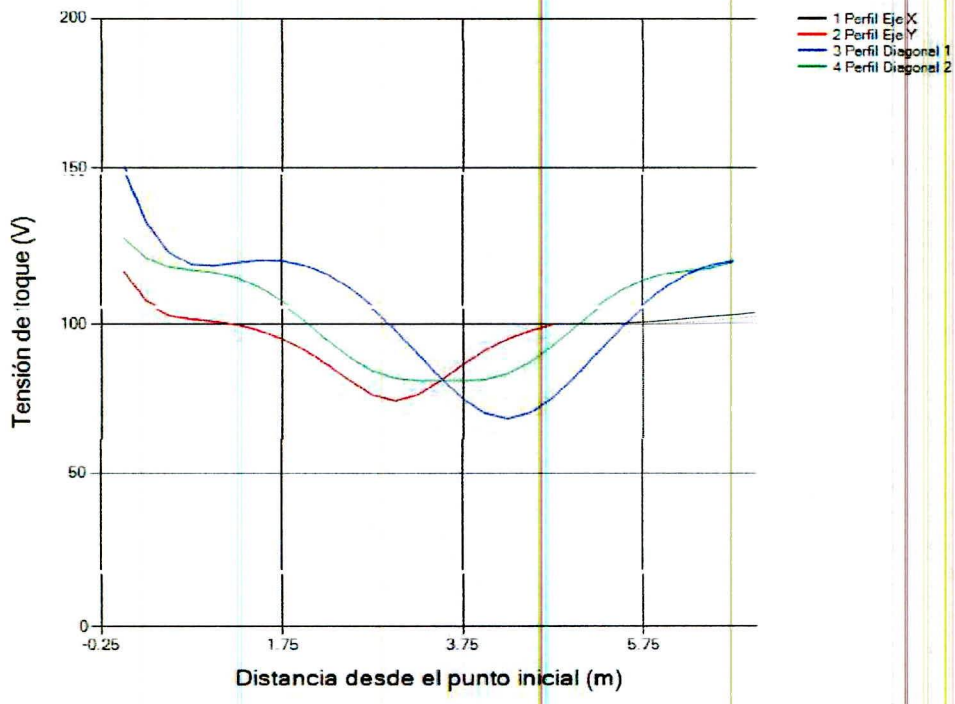
1889

Capacidad térmica TCAP [J/(cm3 °C)]	3.42
Corriente RMS (kA)	8.902
Temperatura Ambiente (°C)	32
Duración de la Corriente (s)	0.15
Sección Mínima Requerida (mm²)	0
Selección del área del conductor (mm²)	0

Planta de la malla y de los perfiles

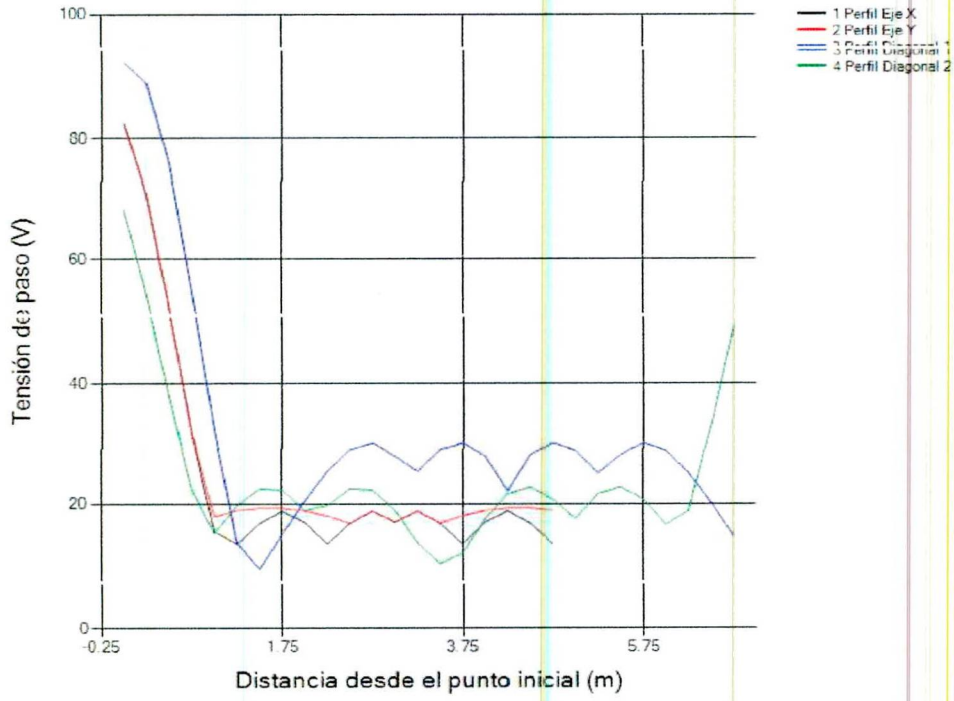


Perfiles de Tensión de Toque



1891

Perfiles de Tensión de Paso



Resultados

No	Símbolo	Propiedades	Valor
1	IF	Máxima corriente de falla a tierra (A)	1529
2	IG	Corriente a través de la malla (A)	305.8
3	β	Contribución remota de corriente (%)	20
4	ρ1	Resistividad de la capa superior (Ωm)	60
5	ρ2	Resistividad de la capa inferior (Ωm)	30
6	H	Espesor de la capa superior (m)	0.3
7	ρs	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
8	hs	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.2
9	Cs	Factor de reducción de capa superficial	0.822
10	tf	Duración de la falla (s)	0.15
11	f	Frecuencia del sistema (Hz)	60
12	Sf	Factor de division de corriente Sf	0.2
13	Zt	Impedancia del cuerpo (Ω)	1000
14	Lc	Longitud total del conductor (m)	36
15	NR	Número total de varillas	4

16	Rg	Resistencia de la malla (Ω)	1.84
17	EPR	Elevación del potencial de tierra GPR (V)	562.75
18	Et70	Tensión de toque tolerable – persona de 70 kg (V)	1404.82
19	Et50	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	1037.96
20	Em	Tensión de malla (V)	410.81
21	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado	
22	Es70	Tensión de paso tolerable – persona de 70 kg (V)	4403.17
23	Es50	Tensión de paso tolerable – persona de 50 kg (V)	3253.3
24	Es	Tensión de paso (V)	92.7
25	Evaluación	Es50 > Es Para Es el diseño es adecuado	

Comentarios

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

CÁLCULO DEL RIESGO

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN TAQUILLA 1

RESUMEN

Localización:	Bogota D.C.	**DDT (rayos/km2-año):**	1
Dimensiones de estructura bajo análisis:		Longitud L (m):	21
		Ancho W (m):	14,2
		Altura H (m):	5

Protección al fuego consideradas en la estructura:
Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarme manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación

Riesgo de fuego de la estructura: Ordinario

Línea de alimentación eléctrica de la estructura:
Baja tensión, subterránea, 300m aproximadamente

Riesgo especial: Se considera la probabilidad que haya una persona con discapacidad o inmovilizada

Sistema coordinado de protección interno adoptado con DPS: Sin sistema coordinado de protección

Previsión tensiones de paso y contacto: Avisos y equipotencialización efectiva del suelo

NOTA: Los demás criterios considerados en este análisis se pueden consultar en el reporte de análisis de riesgo

RESUMEN RESULTADOS

Riesgo representativo tolerable R_T	Riesgo calculado R_X sin medidas de protección	Riesgo calculado R_X con medidas de protección proyectadas	Medidas de protección proyectadas
Afectación a personas R_1			
1,0E-05	1,03E-06	3,41E-08	No se requiere sistema de protección contra rayos externo
Pérdidas Económicas R_4			
1,00E-03	9,87E-06	NA	El riesgo de pérdidas económicas es menor que el valor de riesgo tolerable

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN TAQUILLA 1

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1} \quad (1)$$

R_{A1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{A1} = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

N_G = 1 rayos/km^2-año

A_D = Area colectora asociada al edificio completo

$$A_D = L \times W + 2x(3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3xH)^2 \quad (A.2)$$

L= 21 metros

W= 14,2 metros

H= 5 metros

Por tanto

A_D = 2061,1 m^2

C_D = Factor de localización

C_D = 0,5 (Tabla A.1)

Por tanto,

N_D = 0,0010305 rayos-año

Table A.1 – Structure location factor C_D

Relative location	C_D
Structure surrounded by higher objects	0,25
Structure surrounded by objects of the same height or smaller	0,5
Isolated structure: no other objects in the vicinity	1
Isolated structure on a hilltop or a knoll	2

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

P_A = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en la estructura

P_{TA} = Medidas de protección adicionales frente a tensiones de paso y de contacto

P_{TA} = 1,E-03 (Tabla B.1)

P_B = Nivel del sistema de protección contra rayos

P_B = 1 (Tabla B.2)

Por tanto,

P_A = 0,001

Table B.1 – Values of probability P_{TA} that a flash to a structure will cause shock to living beings due to dangerous touch and step voltages

Additional protection measure	P_{TA}
No protection measures	1
Warning notices	10^{-1}
Electrical insulation (e.g. at least 3 mm cross-linked polyethylene) of exposed parts (e.g. down-conductors)	10^{-2}
Effective soil equipotentialization	10^{-2}
Physical restrictions or building framework used as a down-conductor system	0

Table B.2 – Values of probability P_B depending on the protection measures to reduce physical damage

Characteristics of structure	Class of LPS	P_B
Structure not protected by LPS	–	1
Structure protected by LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Structure with an air-termination system conforming to LPS I and a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,01
Structure with a metal roof and an air-termination system, possibly including natural components, with complete protection of any roof installations against direct lightning strikes and a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,001

$L_A = r_t \times L_T \times n_Z/n_t \times t_z / 8760$

L_A = Pérdida relacionada con lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto por impactos de rayos en la estructura

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

r_t = 1,00E-02 (Tabla C.3)

L_T = Valor promedio típico relativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en la estructura

L_T = 2,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_A = 1,60E-04

Table C.3 – Reduction factor r_t as a function of the type of surface of soil or floor

Type of surface[b]	Contact resistance kΩ[a]	r_t
Agricultural, concrete	≤ 1	10^{-2}
Marble, ceramic	1 – 10	10^{-3}
Gravel, moquette, carpets	10 – 100	10^{-4}
Asphalt, linoleum, wood	≥ 100	10^{-5}

[a] Values measured between a 400 cm² electrode compressed with a uniform force of 500 N and a point of infinity.

[b] A layer of insulating material, e.g. asphalt, of 5 cm thickness (or a layer of gravel 15 cm thick) generally reduces the hazard to a tolerable level.

Table C.2 – Type of loss L1: Typical mean values of L_T, L_F and L_O

Type of damage	Typical loss value		Type of structure
D1 injuries	L_T	10^{-2}	All types
D2 physical damage	L_F	10^{-1}	Risk of explosion
		10^{-1}	Hospital, hotel, school, civic building
		5×10^{-2}	Public entertainment, church, museum
		2×10^{-2}	Industrial, commercial
		10^{-2}	Others
D3 failure of internal systems	L_O	10^{-1}	Risk of explosion
		10^{-2}	Intensive care unit and operation block of hospital
		10^{-3}	Other parts of hospital

Por tanto,

R_{A1} = 1,64E-10

R_{B1} Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{B1} = N_D \times P_B \times L_B \qquad (7)$$

N_D = 0,00 rayos-año

P_B = 1 (Tabla B.2)

$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_Z/n_t \times t_Z/8760$ (C.3)

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_p = 0,50 (Tabla C.4)

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

r_f = 1,00E-02 (Tabla C.5)

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

h_z = 2,00E+00 (Tabla C.6)

L_f = Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

L_F = 1,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_B = 7,98E-05

Table C.4 – Reduction factor r_p as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire

Provisions	r_p
No provisions	1
One of the following provisions: extinguishers; fixed manually operated extinguishing installations; manual alarm installations; hydrants; fire compartments; escape routes	0,5
One of the following provisions: fixed automatically operated extinguishing installations; automatic alarm installations*	0,2
* Only if protected against overvoltages and other damages and if firemen can arrive in less than 10 min.	

Table C.5 – Reduction factor r_f as a function of risk of fire or explosion of structure

Risk	Amount of risk	r_f
Explosion	Zones 0, 20 and solid explosive	1
	Zones 1, 21	10^{-1}
	Zones 2, 22	10^{-3}
Fire	High	10^{-1}
	Ordinary	10^{-2}
	Low	10^{-3}
Explosion or fire	None	0

Table C.6 – Factor h_z increasing the relative amount of loss in presence of a special hazard

Kind of special hazard	h_z
No special hazard	1
Low level of panic (e.g. a structure limited to two floors and the number of persons not greater than 100)	2
Average level of panic (e.g. structures designed for cultural or sport events with a number of participants between 100 and 1 000 persons)	5
Difficulty of evacuation (e.g. structures with immobile persons, hospitals)	5
High level of panic (e.g. structures designed for cultural or sport events with a number of participants – greater than 1 000 persons)	10

Por tanto,

$\mathbf{R_{B1}}$ = 8,22E-08

R_{U1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$\mathbf{R_{U1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U} \qquad (10)$$

$$\mathbf{N_L} = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \qquad (A.8)$$

$\mathbf{N_L}$ = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$\mathbf{N_G}$ = 1 **rayos/km^2-año**

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L \qquad (A.9)$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrica en estudio

$\mathbf{L_L}$ = 300 metros

Por tanto,

A_L = 12000,0 m^2

C_I = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

C_I = 0,50 (Tabla A.2)

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

C_E = 0,50 (Tabla A.4)

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

C_T = 1,00 (Tabla A.3)

Por tanto,

N_L = 3,00E-03

Table A.2 – Line installation factor C_I

Routing	C_I
Aerial	1
Buried	0,5
Buried cables running entirely within a meshed earth termination (5.2 of IEC 62305-4:2010).	0,01

Table A.4 – Line environmental factor C_E

Environment	C_E
Rural	1
Suburban	0,5
Urban	0,1
Urban with tall buildings*	0,01
* Buildings higher than 20 m.	

Table A.3 – Line type factor C_T

Installation	C_T
LV power, telecommunication or data line	1
HV power (with HV/LV transformer)	0,2

$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6}$ (A.5)

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

N_G = 1 **rayos/km^2-año**

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$A_{DJ} = L \times W + 2x(3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3xH)^2$ (A.2)

L= 0,05 metros

W= 0,05 metros

H= 10 metros

Por tanto

A_{DJ} = 2833,4 m^2

C_{DJ} = Factor de localización

C_{DJ} = 0,5 (Tabla A.1)

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

C_T = 1,00E+00 (Tabla A.3)

Por tanto,

$\mathbf{N_{DJ}}$ = 1,42E-03

$\mathbf{P_U} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$ (B.8)

P_U = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{TU} = Factor de las medidas de protección ante tensiones de paso o de contacto (restricciones físicas, avisos de precaución)

P_{TU} = 1,E-01 (Tabla B.6)

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{EB} = 1 (Tabla B.7)

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

P_{LD} = 1 (Tabla B.8)

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

C_{LD} = 1 (Tabla B.4)

Por tanto,

$\mathbf{P_U}$ = 0,1000

Table B.6 – Values of probability P_{TU} that a flash to an entering line will cause shock to living beings due to dangerous touch voltages

Protection measure	P_{TU}
No protection measures	1
Warning notices	10^{-1}
Electrical insulation	10^{-2}
Physical restrictions	0

Table B.7 – Value of the probability P_{EB} as a function of LPL for which SPDs are designed

LPL	P_{EB}
No SPD	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTE 3	0,005 – 0,001

Table B.8 – Values of the probability P_{LD} depending on the resistance R_S of the cable screen and the impulse withstand voltage U_W of the equipment

Line type	Routing, shielding and bonding conditions		Withstand voltage U_W in kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Power lines or Telecom lines	Aerial or buried line, unshielded or shielded whose shield is not bonded to the same bonding bar as equipment		1	1	1	1	1
	Shielded aerial or buried whose shield bonded to the same bonding bar as equipment	5Ω/km < R_S ≤ 20 Ω/km	1	1	0,95	0,9	0,8
		1Ω/km < R_S ≤ 5 Ω/km	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		R_S ≤ 1 Ω/km	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02

Table B.4 – Values of factors C_{LD} and C_{LI} depending on shielding, grounding and isolation conditions

External line type	Connection at entrance	C_{LD}	C_{LI}
Aerial line unshielded	Undefined	1	1
Buried line unshielded	Undefined	1	1
Multi grounded neutral power line	None	1	0,2
Shielded buried line (power or TLC)	Shield not bonded to the same bonding bar as equipment	1	0,3
Shielded aerial line (power or TLC)	Shield not bonded to the same bonding bar as equipment	1	0,1
Shielded buried line(power or TLC)	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	1	0
Shielded aerial line (power or TLC)	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	1	0
Lightning protective cable or wiring in lightning protective cable ducts, metallic conduit, or metallic tubes	Shield bonded to the same bonding bar as equipment	0	0
(No external line)	No connection to external lines (stand-alone systems)	0	0
Any type	Isolating interface according to IEC 62305-4	0	0

$L_U = r_t \times L_T \times n_Z/n_t \times t_Z/8760$ (C.2)

L_U = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

r_t = 1,00E-02 (Tabla C.3)

L_T = Es el número promedio típico realativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en las líneas de alimentación eléctrica

L_T = 2,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_U = 1,60E-04

Por tanto,

R_{U1} = 7,05E-08

R_{V1} Riesgo de lesiones a personas por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$R_{V1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (10)

N_L = 3,00E-03

N_{DJ} = 1,42E-03

$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$ (B.8)

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{EB} = 1 (Tabla B.7)

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

P_{LD} = 1 (Tabla B.8)

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

C_{LD} = 1 (Tabla B.4)

Por tanto,

P_V = 1,00

$L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_Z/n_t \times t_Z/8760$ (C.3)

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_p = 5,00E-01 (Tabla C.4)

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

r_f = 1,00E-02 (Tabla C.5)

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

h_Z = 5,00E+00 (Tabla C.6)

L_f = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

L_F = 1,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_V = 1,99E-04

Por tanto,

R_{V1} = 8,81E-07

Por tanto,

$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1}$

R_1 = 1,03E-06 **R_T = 1,0E-05**

EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, SE LOGRA UN VALOR TAL QUE EL RIESGO DE PERDIDA DE VIDAS O LESIONES A PERSONAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN TAQUILLA 1

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1} \quad (1)$$

R_{A1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{A1} = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

N_G = **1** **rayos/km^2-año**

A_D = Area colectora asociada al edifcio completo

$$A_D = L \times W + 2x(3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3xH)^2 \quad (A.2)$$

L= 21 metros

W= 14,2 metros

H= 5 metros

Por tanto

A_D = 2061,1 m^2

C_D = Factor de localización

C_D = 0,5 (Tabla A.1)

Por tanto,

N_D = 0,00 rayos-año

Table A.1 – Structure location factor C_D

Relative location	C_D
Structure surrounded by higher objects	0,25
Structure surrounded by objects of the same height or smaller	0,5
Isolated structure: no other objects in the vicinity	1
Isolated structure on a hilltop or a knoll	2

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

P_A = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en la estructura

P_{TA} = Medidas de protección adicionales frente a tensiones de paso y de contacto

P_{TA} = 0,001000 (Tabla B.1)

P_B = Nivel del sistema de protección contra rayos

P_B = 0,2 (Tabla B.2)

Por tanto,

P_A = 0,0002000

Table B.1 – Values of probability P_{TA} that a flash to a structure will cause shock to living beings due to dangerous touch and step voltages

Additional protection measure	P_{TA}
No protection measures	1
Warning notices	10^{-1}
Electrical insulation (e.g. at least 3 mm cross-linked polyethylene) of exposed parts (e.g. down-conductors)	10^{-2}
Effective soil equipotentialization	10^{-2}
Physical restrictions or building framework used as a down-conductor system	0

Table B.2 – Values of probability P_B depending on the protection measures to reduce physical damage

Characteristics of structure	Class of LPS	P_B
Structure not protected by LPS	–	1
Structure protected by LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Structure with an air-termination system conforming to LPS I and a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,01
Structure with a metal roof and an air-termination system, possibly including natural components, with complete protection of any roof installations against direct lightning strikes and a continuous metal or reinforced concrete framework acting as a natural down-conductor system		0,001

L_A = r_t x L_T x n_Z/n_t x t_z / 8760

L_A = Pérdida relacionada con lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto por impactos de rayos en la estructura

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

r_t = 1,00E-02 (Tabla C.3)

L_T = Valor promedio típico relativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en la estructura

L_T = 2,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_A = 1,60E-04

Table C.3 – Reduction factor r_t as a function of the type of surface of soil or floor

Type of surface[b]	Contact resistance kΩ[a]	r_t
Agricultural, concrete	≤ 1	10^{-2}
Marble, ceramic	1 – 10	10^{-3}
Gravel, moquette, carpets	10 – 100	10^{-4}
Asphalt, linoleum, wood	≥ 100	10^{-5}

[a] Values measured between a 400 cm² electrode compressed with a uniform force of 500 N and a point of infinity.

[b] A layer of insulating material, e.g. asphalt, of 5 cm thickness (or a layer of gravel 15 cm thick) generally reduces the hazard to a tolerable level.

Table C.2 – Type of loss L1: Typical mean values of L_T, L_F and L_O

Type of damage	Typical loss value		Type of structure
D1 injuries	L_T	10^{-2}	All types
D2 physical damage	L_F	10^{-1}	Risk of explosion
		10^{-1}	Hospital, hotel, school, civic building
		5×10^{-2}	Public entertainment, church, museum
		2×10^{-2}	Industrial, commercial
		10^{-2}	Others
D3 failure of internal systems	L_O	10^{-1}	Risk of explosion
		10^{-2}	Intensive care unit and operation block of hospital
		10^{-3}	Other parts of hospital

Por tanto,

R_{A1} = 3,29E-11

R_{B1} Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{B1} = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

N_D = 0,00 rayos-año

P_B = 0,2 (Tabla B.2)

$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760$ (C.3)

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_p = 0,50 (Tabla C.4)

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

r_f = 1,00E-02 (Tabla C.5)

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

h_z = 2,00E+00 (Tabla C.6)

L_f = Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

L_F = 1,00E-02 (Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

n_z/n_t = 80%

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$t_Z/8760$ = 100%

Por tanto,

L_B = 7,98E-05

Table C.4 – Reduction factor r_p as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire

Provisions	r_p
No provisions	1
One of the following provisions: extinguishers; fixed manually operated extinguishing installations; manual alarm installations; hydrants; fire compartments; escape routes	0,5
One of the following provisions: fixed automatically operated extinguishing installations; automatic alarm installations*	0,2
* Only if protected against overvoltages and other damages and if firemen can arrive in less than 10 min.	

Table C.5 – Reduction factor r_f as a function of risk of fire or explosion of structure

Risk	Amount of risk	r_f
Explosion	Zones 0, 20 and solid explosive	1
	Zones 1, 21	10^{-1}
	Zones 2, 22	10^{-3}
Fire	High	10^{-1}
	Ordinary	10^{-2}
	Low	10^{-3}
Explosion or fire	None	0

Table C.6 – Factor h_z increasing the relative amount of loss in presence of a special hazard

Kind of special hazard	h_z
No special hazard	1
Low level of panic (e.g. a structure limited to two floors and the number of persons not greater than 100)	2
Average level of panic (e.g. structures designed for cultural or sport events with a number of participants between 100 and 1 000 persons)	5
Difficulty of evacuation (e.g. structures with immobile persons, hospitals)	5
High level of panic (e.g. structures designed for cultural or sport events with a number of participants – greater than 1 000 persons)	10

Por tanto,

R_{B1} = 1,64E-08

R_{U1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{U1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \qquad (10)$$

$\mathbf{N_L} = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$ (A.8)

$\mathbf{N_L}$ = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$\mathbf{N_G = 1}$ **rayos/km^2-año**

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$A_L = 40 \times L_L$ (A.9)

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrica en estudio

$\mathbf{L_L}$ = 300 metros

Por tanto,

A_L = 12000,0 m^2

C_I = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

C_I = 0,50 (Tabla A.2)

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

C_E = 0,50 (Tabla A.4)

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

C_T = 1,00 (Tabla A.3)

Por tanto,

$\mathbf{N_L}$ = 3,00E-03

Table A.2 – Line installation factor C_I

Routing	C_I
Aerial	1
Buried	0,5
Buried cables running entirely within a meshed earth termination (5.2 of IEC 62305-4:2010).	0,01

Table A.4 – Line environmental factor C_E

Environment	C_E
Rural	1
Suburban	0,5
Urban	0,1
Urban with tall buildings[a]	0,01
[a] Buildings higher than 20 m.	

Table A.3 – Line type factor C_T

Installation	C_T
LV power, telecommunication or data line	1
HV power (with HV/LV transformer)	0,2

$\mathbf{N_{DJ}} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6}$ (A.5)

$\mathbf{N_{DJ}}$ = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

N_G = 1 rayos/km^2-año

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$A_{DJ} = L \times W + 2x(3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3xH)^2$ (A.2)

L= 0,05 metros

W= 0,05 metros

H= 10 metros

Por tanto

A_{DJ} = 2833,4 m^2

C_{DJ} = Factor de localización

C_{DJ} = 0,5 (Tabla A.1)

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

C_T = 1,00E+00 (Tabla A.3)

Por tanto,

N_{DJ} = 1,42E-03

$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$ (B.8)

P_U = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{TU} = Factor de las medidas de protección ante tensiones de paso o de contacto (restricciones físicas, avisos de precaución)

P_{TU} = 0,001 (Tabla B.6)

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{EB} = 0,05 (Tabla B.7)

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

P_{LD} = 1 (Tabla B.8)

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

C_{LD} = 1 (Tabla B.4)

Por tanto,

P_U = 0,00005

Table B.6 – Values of probability P_{TU} that a flash to an entering line will cause shock to living beings due to dangerous touch voltages

Protection measure	P_{TU}
No protection measures	1
Warning notices	10^{-1}
Electrical insulation	10^{-2}
Physical restrictions	0