

MEMORIA DE CALCULO

SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

**IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y SUS SUBPRODUCTOS PARA
GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS DE LA CANASTA FAMILIAR EN LAS
COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SIPÍ, CHOCÓ"**

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVO.....	3
3	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	3
3.1	CÓDIGOS Y ESTÁNDARES	3
4	DEFINICIONES.....	3
5	MEMORIA DE CÁLCULO.....	4
5.1	PREMISAS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE APANTALLAMIENTO.....	4
5.2	ANÁLISIS DE RIESGO Y SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN.....	5
5.2.1	RIESGOS TOLERABLES.....	5
5.2.2	ÁREA EQUIVALENTE (AD).....	6
5.2.3	NUMERO ANUAL DE EVENTOS PELIGOROSOS (N).....	6
5.2.4	PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS SOBRE LA ESTRUCTURA (ND).....	8
5.2.5	PROMEDIO ANNUAL DE DESCARGAS CERCA A LA ESTRUCTURA (Nm).....	8
5.2.6	EFICIENCIA REQUERIDA POR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	8
5.2.7	PROBABILIDAD DE DAÑO PA.....	D
5.2.8	PROBABILIDAD DE DAÑO PB.....	D
6	EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO	10
6.1	RESUMEN DE PARAMETROS PARA ANALISIS DE RIESGO.....	10
6.2	DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE RIESGO.....	10
6.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO.....	12
6.3.1	ANÁLISIS DE RIESGO SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN	12
6.3.2	ANÁLISIS DE RIESGO CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN NIVEL I.....	13
7	SISTEMA DE PROTECCIÓN NECESARIO.....	14
8	DISEÑO FINAL.....	15

1 INTRODUCCIÓN

2 OBJETIVO

El presente documento recopila los cálculos que involucran el nivel de riesgo por descarga atmosférica de equipos y estructuras situados en cada una de las locaciones del proyecto de Sipi Chocó. También define si se requiere un sistema integral de protección contra rayo (SIPRA) en la zona de influencia, para garantizar la protección de personas, estructuras, equipos y continuidad del servicio eléctrico de la planta de tratamiento de Gas.

3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

3.1 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
NFPA 70	National Electrical Code (NEC 2017)
NFPA 780	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano
NTC 4552-1 IEC 62305-1	Protección Contra Rayos. Parte 1. Principios Generales
NTC 4552-2 IEC 62305-2	Protección Contra Rayos. Parte 2. Manejo del Riesgo
NTC 4552-3 IEC 62305-3	Protección Contra Rayos. Parte 3. Daños Físicos a Estructuras y Amenaza de Vida
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Tabla 1. Lista de Normas y Códigos aplicables al Proyecto

4 DEFINICIONES

A continuación, se presentan algunas definiciones tomadas de la norma NTC-4552 en sus 3 tomos

- **CLASE SIPRA (CLASS OF LPS):** Número que denota la clasificación de un SIPRA de acuerdo con el nivel de protección contra rayos para el cual este diseñado.
- **CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL DE RAYO (LIGHTNING EQUIPOTENTIAL BONDING):** Conexiones al SIPRA de piezas metálicas separadas por conexiones conductoras directas o por dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS), empleadas para reducir las diferencias de potencial causadas por corriente de rayo.
- **CORRIENTE DE RAYO (LIGHTNING CURRENT):** Corriente que fluye en el punto de impacto.
- **DESCARGA (LIGHTNING STROKE):** Descarga eléctrica atmosférica simple a tierra.
- **DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DPS (SURGE PROTECTIVE DEVICE SPD):** Dispositivo que limita intencionalmente las sobretensiones transitorias y dispersa las sobrecorrientes transitorias. Contiene por lo menos un dispositivo no lineal.

- **ESTRUCTURA A SER PROTEGIDA (STRUCTURE TO BE PROTECTED):** Estructura para la cual se requiere protección contra efectos del rayo.
- **Nota:** Una estructura protegida puede ser parte de una estructura más grande.
- **LESIONES A SERES VIVOS (INJURIES OF LIVING BEINGS):** Pérdidas de facultades físicas, biológicas, psíquicas, incluida la vida, de personas o animales debidas a las tensiones de paso o de contacto causados por el rayo.
- **PUNTO DE IMPACTO (POINT OF STRIKE):** Punto donde una descarga toca tierra o un objeto elevado (ejemplo: estructuras, sistemas de protección contra rayos, acometidas, arboles, entre otros).
- **Nota:** Una descarga puede tener más de un punto de impacto.
- **RAYO (LIGHTNING):** La descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo, es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, al interior de una nube o de la nube hacia la ionosfera.
- **RIEGO (RISK):** Valor probabilístico relativo a una pérdida anual (seres humanos y bienes), causada por el rayo y relativas al valor del objeto a proteger.
- **SISTEMA DE CAPTACIÓN (AIR TERMINAL SYSTEM):** Parte de un SIPRA, compuesto de elementos metálicos tales como bayonetas, conductores de acoplamiento o cables colgantes que interceptan intencionalmente el rayo.
- **SISTEMA DE CONDUCTORES BAJANTES (DOWN CONDUCTORS SYSTEM):** Parte de un SIPRA que conduce intencionalmente la corriente del rayo desde el sistema de captación al sistema de puesta a tierra.
- **SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES (SURGE PROTECTION DEVICES SYSTEM):** Conjunto de DPS seleccionados, coordinados e instalados correctamente para reducir las fallas de sistemas eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones.
- **SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA (EXTERNAL LIGHTNING PROTECTION SYSTEM):** Parte del SIPRA que consiste en un sistema de puntas de captación, un sistema de conductor bajante y un sistema de puesta a tierra.
- **SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (EARTH TERMINATION SYSTEM):** Parte de un SIPRA que conduce y dispersa intencionalmente la corriente de rayo en tierra.
- **SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS (SIPRA):** Sistema de protección para mitigar los efectos de una descarga atmosférica.

5 MEMORIA DE CÁLCULO

5.1 PREMISAS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE APANTALLAMIENTO

- El análisis de riesgo se realiza considerando una estructura rectangular con las dimensiones indicadas.
- Los sistemas de protección contra descargas atmosféricas se encargan de captar el rayo y drenar, de una manera segura y efectiva, la energía suministrada por el mismo.

- El sistema de captación está compuesto por terminales aéreos, los cuales recibirán el impacto directo de las descargas y minimizarán los daños que pueda sufrir la estructura protegida.
- Se utilizarán puntas Franklin, conductores desnudos u otro tipo de dispositivo que cumpla con las normas.
- Las puntas Franklin deben ser posicionadas de manera tal que garanticen el nivel de protección obtenido en el análisis de riesgo correspondiente a la zona.
- Para determinar la densidad de descargas atmosféricas de la zona donde se desarrollará el proyecto se tomará un promedio anual de días de tormenta, basado en el Mapa Isoceráunico y el promedio establecido por la Universidad Nacional de Colombia.
- El estudio se realizará sobre cada locación del proyecto, teniendo en cuenta las particularidades de su diseño arquitectónico, en cada locación como la estructura a proteger.
- Se prevé la ubicación de los sistemas de captación sobre postes y se seguirán las recomendaciones de las normas NTC 4552 aplicando el método de la esfera rodante.
- De acuerdo con el análisis de riesgo se determinará el uso de puntas captadoras para protección atmosférica.

5.2 ANÁLISIS DE RIESGO Y SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN

El análisis de riesgo por descargas atmosféricas es realizado a través de la metodología descrita en la norma NTC 4552. Esta norma establece los lineamientos a considerar para la protección contra descargas atmosféricas en estructuras y servicios que entran a la estructura. El nivel de riesgo por descargas atmosféricas es definido a través de la evaluación de posibles pérdidas o lesiones de seres vivos, pérdida de servicios públicos, pérdidas de bienes culturales y pérdidas económicas.

5.2.1 RIESGOS TOLERABLES

Los riesgos que se pueden presentar en una estructura a proteger contra descargas atmosféricas son:

R1: Riesgo de pérdidas de vida humana o lesiones permanentes.

R2: Riesgo de pérdida de servicio público.

R3: Riesgo de pérdidas de patrimonio cultural.

R4: Riesgo de pérdidas económicas.

El nivel de riesgo máximo tolerable que se puede tolerar en la estructura a proteger es descrito en la tabla 2. Estos valores de referencia son tomados de los valores típicos tolerables establecidos en la NTC-4552-2. Los niveles de riesgo tolerable permiten evaluar, verificar y tomar medidas de protección que garanticen un riesgo calculado menor que el riesgo tolerable.

Tipo de pérdida	R _T
Pérdida de vidas humanas o lesiones permanentes	10 ⁻⁵
Pérdida de servicio público	10 ⁻³

Tipo de pérdida	R _T
Pérdida de patrimonio cultural	10 ⁻³

Tabla 2. Valores típicos de riesgo tolerable

5.2.2 ÁREA EQUIVALENTE (A_d)

El área efectiva de la estructura es un área aumentada que incluye el efecto de la altura, se refiere al área de suelo que tiene la misma probabilidad de incidencia directa anual de la estructura. El área efectiva está definida en la NTC-4552-2 por la intersección entre la superficie del terreno y una línea recta con pendiente 1/3 de inclinación, la cual pasa arriba de las partes de la estructura y rotando alrededor de esta. La geometría que representa el área efectiva es presentada en la figura 1, la ecuación que define el área efectiva es presentada en la ecuación 1.

$$A_d = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

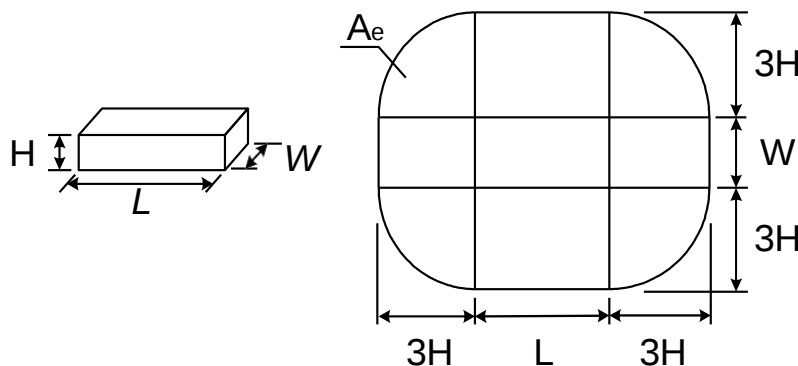


Figura 1. Área equivalente.

Dónde:

L = Largo de la estructura (m) = 24.D05 m

W = Ancho de la estructura (m) = 22.035 m

H = Altura de la estructura (m) = 6.3D4 m

La planta de Sipí Chocó tiene una estructura rectangular de complejidad media, compuesta por diferentes áreas y alturas.

$$A_d = 3505.53 \, m^2$$

5.2.3 NUMERO ANUAL DE EVENTOS PELIGOROSOS (N)

Los eventos peligrosos por descargas atmosféricas que afectan a una estructura dependen de la actividad atmosférica de la región donde está localizado el objeto y de sus características físicas. De acuerdo con la NTC-4554-2 el número anual de eventos peligrosos es igual a la densidad de rayos a tierra (DDT) por el área efectiva del área a proteger.

El DDT puede ser obtenida de una red de localización de descargas o puede ser estimada a partir de la ecuación 2, la cual es presentada en la NTC-4552-2 de acuerdo con datos de densidad de rayos a tierra en Colombia.

$$DDT = 0.0017 \cdot N_c^{1.56}$$

Donde:

- N_c : Número de días tormentosos al año

El N_c en diversas regiones del país puede establecerse a partir del mapa de ISO-Niveles cerámicos de Colombia, este mapa es presentado en la figura 2. De acuerdo con este mapa el número de días tormentosos en la localización del proyecto es igual a 210.

$$N_c = 210 \text{ días tormentosos por año}$$

$$DDT = 7.13$$

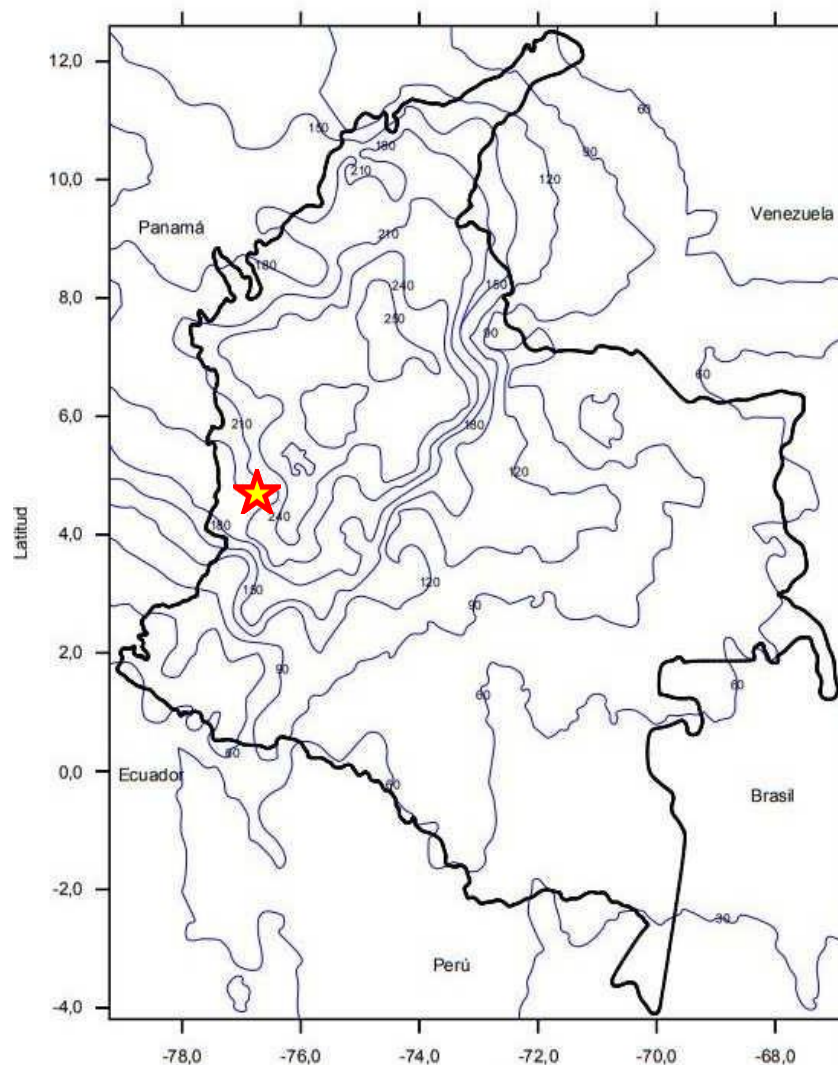


Figura 2. Mapa de ISO-Niveles para Colombia

5.2.4 PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS SOBRE LA ESTRUCTURA (N_D)

La frecuencia de incidencia de rayos anual (N_D) a una estructura es determinada por la siguiente ecuación

$$N_D = DDT * A_D * C_D * 10^{-6}$$

Donde

- C_D : Factor que tiene en cuenta la influencia de la localización relativa del objeto a ser protegido

Localización relativa	C_D
Objeto rodeado de objetos o arboles más altos	0.25
Objeto rodeado de objetos o arboles de igual altura o menor	0.5
Objeto aislado: sin objetos en la vecindad	1
Objeto aislado: En la cima de una colina o elevación	2

Tabla 3. Factor de localización

La planta de Sipi Chocó está localizada como un objeto aislado sin objetos en la vecindad por lo que el factor de localización relativa es igual a 1.

$$C_D = 1$$

$$N_D = 0.1 \text{ Descargas/Año}$$

5.2.5 PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS CERCA A LA ESTRUCTURA (N_M)

El promedio anual de descargas cerca de la estructura puede calcularse a través de N_M

$$N_M = DDT (A_M - A_D C_D) C_t 10^{-6}$$

Donde:

A_M Área de influencia de la estructura, definida entre el área de la estructura y una línea localizada a 250 m del perímetro de la estructura.

$$A_M = 274018.8 \text{ m}^2$$

$$N_M = 1.93 \text{ Descargas/Año}$$

5.2.6 EFICIENCIA REQUERIDA POR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

La eficiencia necesaria se determina según la probabilidad de daño a estructuras por descargas directas, la cual se muestra en la Tabla 4.

CARACTERÍSTICA DE LA ESTRUCTURA	NIVEL DE PROTECCIÓN	PROBABILIDAD DE DAÑO (%)
No protegida	-	100
Estructura protegida	NIVEL I	2
	NIVEL II	5
	NIVEL III	10
	NIVEL IV	20

Tabla 4. Probabilidad de daño según nivel de protección.

NIVEL DE PROTECCIÓN	EFICIENCIA (%)
NIVEL I	D8
NIVEL II	D5
NIVEL III	D0
NIVEL IV	80

Tabla 5. Niveles de Protección Vs. Eficiencia

Para el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas se consideró el método de la esfera rodante. El radio de dicha esfera está establecido en la norma NTC 4552-3 según el nivel de protección.

NIVEL DE PROTECCIÓN	RADIO (m)
NIVEL I	35
NIVEL II	40
NIVEL III	50
NIVEL IV	55

Tabla 6. Radio de esferas equivalentes al nivel de protección.

5.2.7 PROBABILIDAD DE DAÑO P_A

El valor de P_A está relacionado con la probabilidad de lesiones a los seres vivos a causa de tensiones de paso o contacto por descargas directas a la estructura. Esta probabilidad es una función de las medidas de protección existentes según la información presentada en la tabla 8.

Medida de Protección	P_A
Sin medidas de protección	1
Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas. (Ej. al menos 3 mm de polietileno)	10^{-2}
Equipotencialización efectiva del suelo	10^{-2}
Avisos de advertencia	10^{-1}
NOTA Si más de una medida de protección ha sido tomada, el valor de P_A es producto de los valores correspondientes según esta tabla.	

Tabla 7. Medidas de protección

5.2.8 PROBABILIDAD DE DAÑO P_B

El valor de P_B está relacionado con la probabilidad de daño en la estructura por una descarga directa. De acuerdo con la tabla 8 este valor está definido por el nivel de protección (NPR).

Características de la estructura	Nivel de protección contra rayos	P_B
No Protegida	--	1
Estructura protegida	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02

Tabla 8. Valores de P_B

6 EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO

De acuerdo con la NTC-4552-2 cada una de las componentes de riesgo puede ser evaluado así:

$$R_x = N_x P_x L_x$$

Donde

R_x Componentes de riesgo

N_x Numero de eventos peligrosos

P_x Probabilidad de daño

L_x Perdida consecuente

6.1 RESUMEN DE PARAMETROS PARA ANALISIS DE RIESGO

Parámetro	Comentario	Símbolo	Valor	Unidad	Ref. IEC 62305-2
Factor de Ubicación	Objeto rodeado por estructuras y árboles de la misma altura o menores	Cd	1		A.2
Protección contra daños a seres vivos por tensiones de paso y contacto	Suelo Equipontecializado	P_A	0,01		B.1
LPS	Estructura sin LPS	P_B	1		B.2
Pantallas Externas	No tiene	KS1	1,0		B.4
Pantallas Internas	No tiene	KS2	1,0		
Densidad de rayos a tierra		Ng	2		N/A

6.2 DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE RIESGO

A continuación, se presentan los parámetros de entrada y condiciones iniciales de la locación para determinar la necesidad y nivel de apantallamiento que estas requieren.

La densidad de descargas aproximada en la región se determina de acuerdo con el número de días tormentosos al año para Sipí, tomado de la figura 2. Se aproxima a 210 días.

$$DDT = 0.0017 * 120^{1.56}$$

$$DDT = 7.13$$

Parámetro	Comentario	Símbolo	Valor	Unidad	Ref. IEC 62305-2
Estructura	Largo	Lb	24.D	m	N/A

	Ancho	Wb	22	m	N/A
	Altura	Hb	6.4	m	N/A
Factor de Ubicación	Objeto rodeado por estructuras y árboles de la misma altura o menores	Cdb	1		A.2
Protección contra daños a seres vivos por tensiones de paso y contacto	Suelo Equipontecializado	P _A	0,01		B.1
LPS	Estructura sin LPS	P _B	1		B.2
Pantallas Externas	No tiene	KS1	1,0		B.4
Pantallas Internas	No tiene	KS2	1,0		
Densidad de rayos a tierra		Ng	2		N/A

Tabla 2. Características de la estructura

Parámetro	Comentario	Símbolo	Valor	Unidad	Tabla IEC 62305-2
Característica Especial	Hospital, peligro de explosión o estructuras donde la falla del servicio pueda producir pérdidas de vida humana				
Vida Animal	Sin riesgo de pérdida				
Tipo de Superficie del Suelo	Agrícola, concreto	ra	0,01		C.2
Riesgo de Fuego	Alto	rf	0,1		C.4
Peligros Especiales	Nivel bajo de pánico	hZ	2		C.5
Protección Contra Fuego	Alguna de las siguientes: extintores, extintores manuales, alarmas, hidrantes, salidas de emergencia, compartimientos a prueba de incendio	rp	0,5		C.3
Sistema Interno de Potencia	No conectado				
Sistema Interno de Comunicación	No conectado				
Sistema Interno de Televisión	No conectado		0		
	Por tensiones de paso y contacto	Lt	0,0100		C.1
	Todo tipo de estructura (personas por fuera del edificio)				
Pérdida de Vidas Humanas	Por daños físicos	Le	0,0500		C.1
	Industria, comercio, escuelas				
	Por fallas de sistemas internos	Lo	0,1000		C.1
	Riesgo de explosión				

Parámetro	Comentario	Símbolo	Valor	Unidad	Tabla IEC 62305-2
	Por daños físicos	Lf	0,01		C.6
Pérdida de los servicios públicos	TV, telecomunicaciones, Energía				
	Por fallas internas	Lo	0,001		C.6
	TV, telecomunicaciones, Energía				
Pérdida de Patrimonio Cultural	Por daños físicos	Lf	0		
	No hay				
	Por tensiones de paso y contacto	Lt	0,0001		C.7
	Todo tipo de estructuras (dentro del edificio)				
Pérdida Económica	Por daños físicos	Lf	0,5		C.7
	Hospitales, industria, museos, fincas				
	Por fallas internas	Lo	0,1		C.7
	Riesgo de explosión				

Tabla 3. Características generales en la zona del proyecto

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área Equivalente de la Estructura	Ad	548.8	m2
Área Equivalente de la Estructura Rayos Cercanos	Am	274018	m2

Tabla 4. Área equivalente de las estructuras

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Rayos Directos a la Estructura	ND	0.1	1/año
Rayos Cercanos a la Estructura	NM	1.D3	1/año

Tabla 5. Número anual de eventos peligrosos esperados

6.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO

6.3.1 ANÁLISIS DE RIESGO SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN

A continuación, se indican los resultados obtenidos del análisis de riesgo sin implementar medidas de protección contra rayos en la locación del proyecto de Sipi Chocó.

Riesgo	Valor
RA	0,005
RB	25,005
Total	25,010

Tabla 6. Riesgo de pérdida de vidas humanas ($\times 10^{-5}$)

Riesgos	Valor
RB	0,050
Total	0,050

Tabla 7. Riesgo de pérdida de servicio ($\times 10^{-3}$)

Riesgos	Valor
RB	0,000
Total	0,000

Tabla 8. Riesgo de pérdida de herencias culturales ($\times 10^{-3}$)

Riesgo	Valor
RA	0,000
RB	250,047
Total	250,047

Tabla D. Riesgo de pérdida económica ($\times 10^5$)

De acuerdo a los resultados obtenidos de la Tabla 6 a la Tabla D se evidencia que se debe implementar el SIPRA para disminuir y mitigar los riesgos por descargas atmosféricas, debido a que se busca que los riesgos de pérdidas de: vidas humanas, servicios y herencias culturales sea menor que uno y para el caso de estudio se evidencia que los resultados de pérdida de servicio es un valor menor que uno y las pérdidas de herencias culturales son cero, se considera únicamente el riesgo de pérdida de vidas humanas; en consecuencia se implementará SIPRA nivel I (esfera rodante 35m), igualmente se busca disminuir las pérdidas económicas que puedan ser causadas por descargas atmosféricas.

6.3.2 ANÁLISIS DE RIESGO CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN NIVEL I

Los resultados del análisis de riesgo implementando el SIPRA Nivel I mencionado se presentan a continuación.

Riesgo	Valor
RA	0.005
RB	0,500
Total	0,505

Tabla 10. Riesgo de pérdida de vidas humanas ($\times 10^{-5}$)

Riesgos	Valor
RB	0,001
Total	0,001

Tabla 11. Riesgo de pérdida de servicio ($\times 10^{-3}$)

Riesgos	Valor
RB	0.000
Total	0.000

Tabla 12. Riesgo de pérdida de herencias culturales ($\times 10^{-3}$)

Riesgo	Valor
RA	0.000
RB	5,001
Total	5,001

Tabla 13. Riesgo de pérdida económica ($\times 10^5$)

A continuación, se presenta una tabla comparativa en la cual se resumen los resultados obtenidos cuando se realiza el análisis de riesgo, tanto para el diseño preliminar sin apantallamiento como para el diseño con SIPRA nivel I, en donde se puede constatar que implementando la protección contra rayos se cumple con la recomendación de diseño, es decir, que el riesgo de pérdida de vidas humanas, pérdida de servicio y herencias culturales sea menor que uno.

	SIPRA Nivel I (35m)				Sin Protección contra rayos			
	Pérdida Vidas Humanas	Pérdida de Servicio	Pérdidas Herencias Culturales	Pérdida Económica	Pérdida Vidas Humanas	Pérdida de Servicio	Pérdidas Herencias Culturales	Pérdida Económica
Sipí Chocó	0,505	0,001	0	5,001	25,010	0,050	0	250,047

Tabla 14. Comparación de resultados

7 SISTEMA DE PROTECCIÓN NECESARIO

- El análisis de nivel de riesgo e implementación de SIPRA solo corresponde a la locación que hace parte de este proyecto.
- En los resultados obtenidos en el análisis de riesgo de la locación sin protección contra descargas atmosféricas, se evidencia que el diseño no cumple con los niveles de riesgo permitidos por la norma NTC 4552-2 [ER5], por lo cual es necesario implementar un sistema de protección contra rayos.
- Según el Anexo D de la NTC 4552-3 [ER6], para estructuras con riesgo de explosión se debe adoptar por lo menos un SIPRA Nivel II.
- Según el análisis de riesgo, es necesario implementar un sistema de protección contra rayos Nivel I.
- Este sistema de captación garantiza que las instalaciones localizadas dentro de la zona cubierta por una esfera rodante de radio máximo de 35 metros estarán protegidas contra las descargas atmosféricas.
- El sistema de captación del rayo estará compuesto por los terminales aéreos, tipo puntas Franklin y conductores desnudos.
- El plano en el que se muestra el área protegida será realizado mediante el método de la esfera rodante mostrado en la Figura 3, el cual indica que el posicionamiento de un sistema de captación es adecuado si ningún punto del volumen a ser protegido está en contacto con una esfera de radio R , rodando por todas las posibles superficies en todas las direcciones posibles.

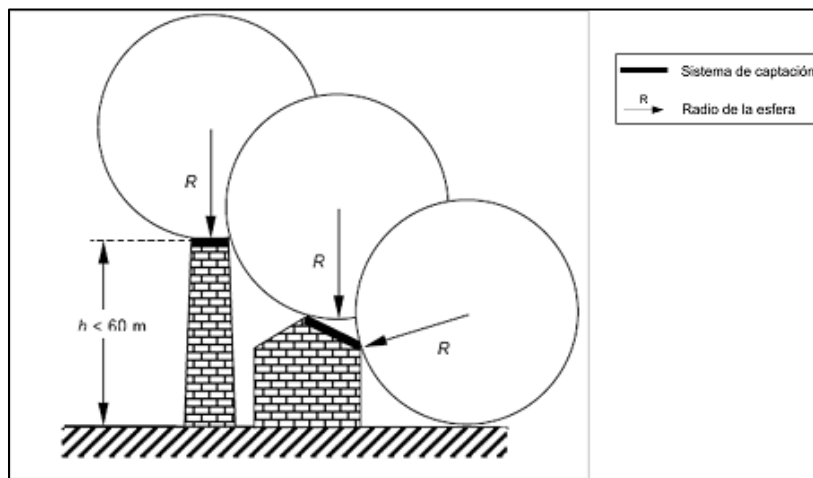


Figura 3. Modelo de la esfera rodante

- La disposición de los sistemas de captación de rayos se realizó por medio de métodos gráficos.
- El sistema de protección contra rayos debe conectarse al sistema de puesta a tierra del local.

8 DISEÑO FINAL

Instalación de 16 puntas captadoras de 60 cm de longitud, interconectadas por alambión de 148 m de largo de aluminio de 8 mm, con bajante e interconexión mediante grapa bimetálica a sistema de puesta a tierra.

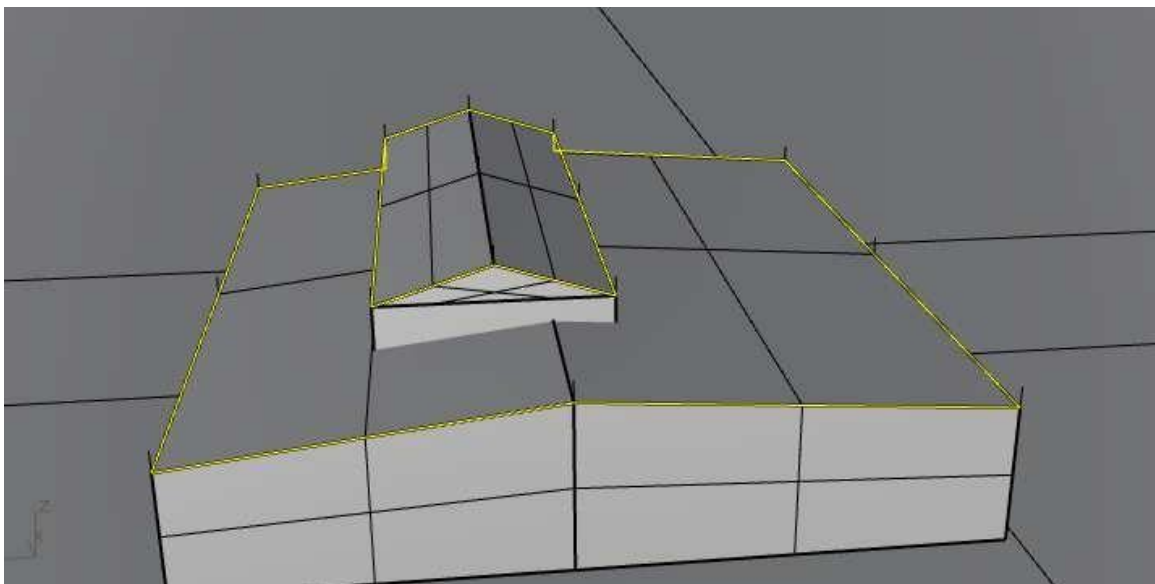


Figura 4. Ubicación de puntas y perimetral

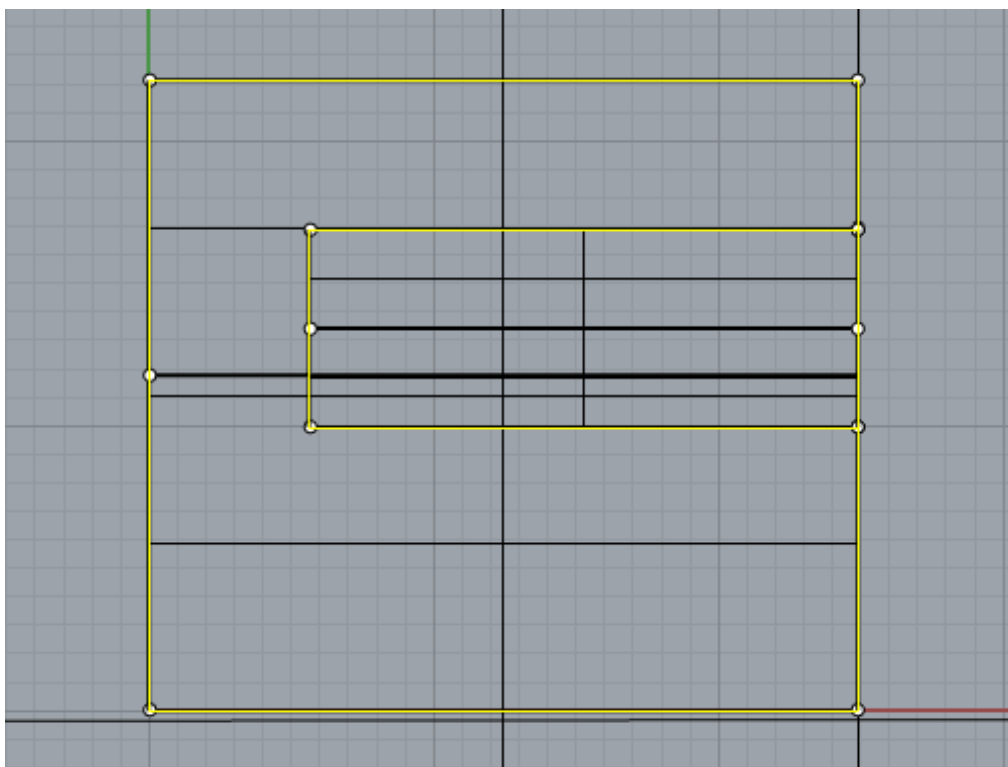


Figura 5. Planta ubicación de puntas y perimetral

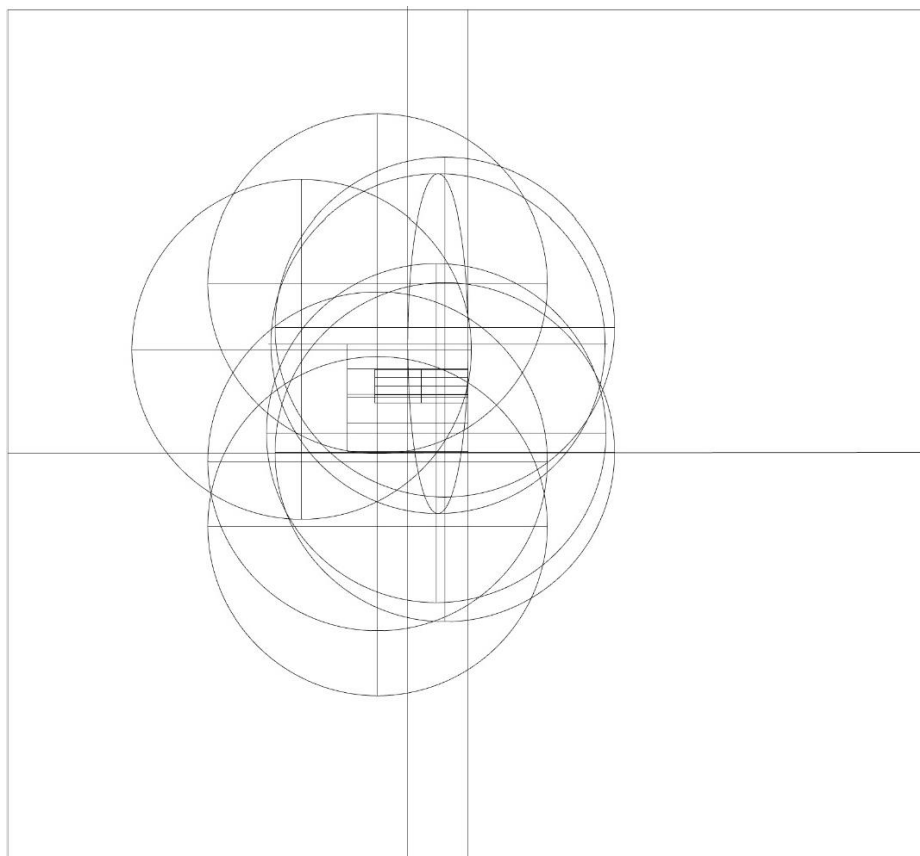


Figura 6. Resultados esfera rodante superior

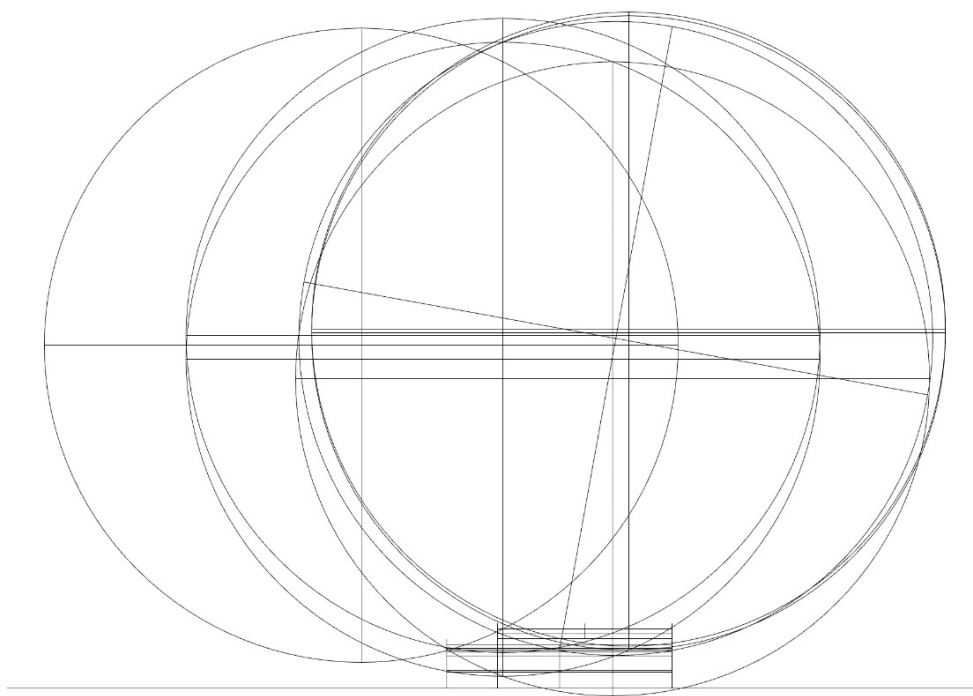


Figura 7. Resultados esfera rodante lateral 1

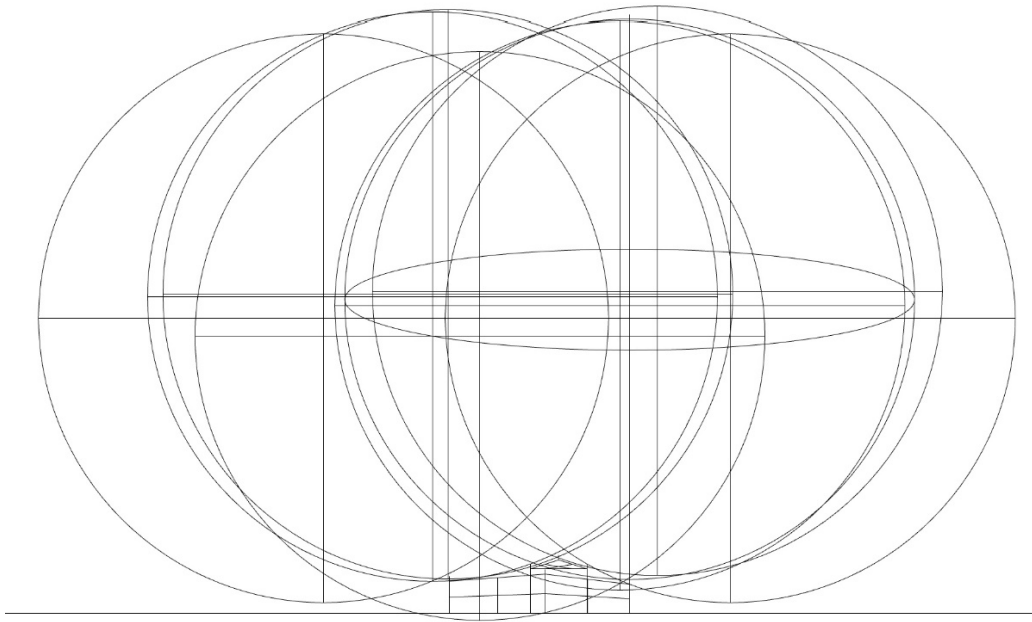


Figura 8. Resultados esfera rodante frontal

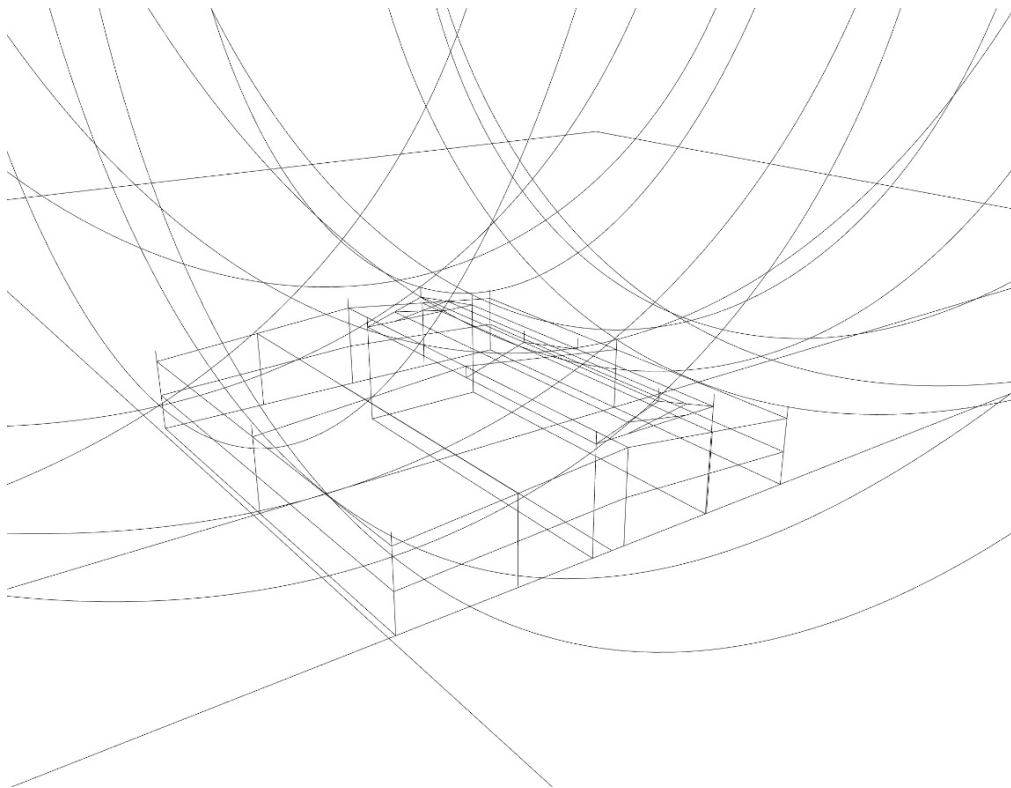


Figura D. Resultados esfera rodante isométrico

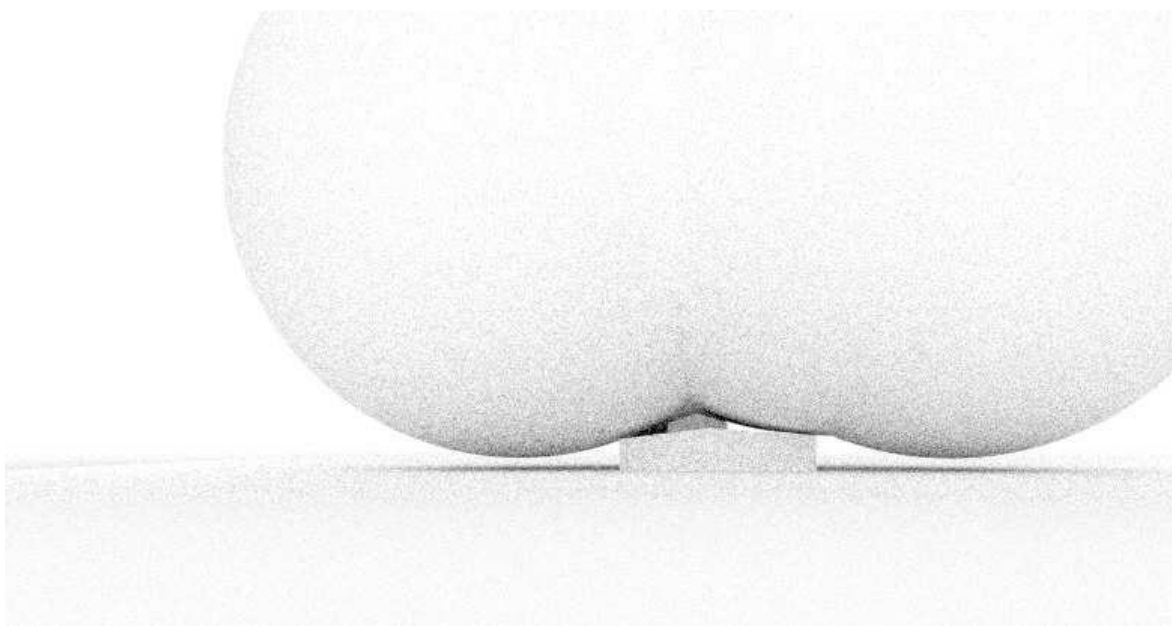


Figura 10. Resultados esfera rodante render

Michel Paul Peñaloza

Ing. Michel Paul Peñaloza López
MP. CN205-68998