



MEMORIA DE CÁLCULO

DISEÑO SISTEMA DE PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYOS

CDI LETICIA

CONTENIDO

1.	PROTECCIÓN EXTERNA.....	4
1.1.	SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	5
1.2.	BAJANTES.....	7
1.3.	PUESTAS A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	9
1.3.1.	ESTUDIO DE RESISTIVIDAD.....	10
1.3.2.	MODELAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA PROPUESTAS.....	12

ÍNDICE DE PLANOS, TABLAS E ILUSTRACIONES

Figura 1 Vista frontal.....	5
Figura 2 Vista lateral.....	6
Figura 3 Perspectiva con ubicación de terminales de captación.....	7
Figura 4. Conectores	8
Figura 5. Modelamiento del terreno	10
Figura 6. Puestas a tierra de protección contra rayos.....	11
Figura 7 Onda tipo rayo 10/350 μ s	13
Figura 8 Comportamiento de la impedancia Z en función de la frecuencia para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.....	13
Figura 9 Tensión en el nodo de inyección de corriente de falla tipo rayo, para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.	14
Figura 10 Comportamiento de la impedancia Z en función del tiempo para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.	14

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS CDI LETICIA

El objetivo de la protección contra rayos es controlar el riesgo por un impacto directo o indirecto a una estructura; para ello se establecen niveles de riesgo. El riesgo para cada estructura depende de la densidad de descargas eléctricas a tierra por kilómetro cuadrado al año (exposición) y de las pérdidas que se puedan presentar (gravedad). Están determinadas por factores como el uso y contenido del volumen a ser protegido, materiales de construcción y medidas que se tomen para reducir los efectos del rayo.

El riesgo, definido para un promedio anual de pérdidas potenciales en una estructura y los servicios indispensables, depende de:

- El número anual de rayos esperados sobre la estructura.
- La probabilidad de daños de la estructura.
- La magnitud de las pérdidas como consecuencia de un rayo que afecte directa o indirectamente la estructura.

Las instalaciones del CDI Leticia, se pueden clasificar en un **nivel de riesgo bajo** debido al potencial de pérdidas económicas en caso de un impacto directo e indirecto. De acuerdo con la evaluación de riesgos, debe implementarse un sistema de protección contra rayos que incluya protección externa en nivel IV, protección interna en nivel IV, cableados y puesta a tierra según **NEC, IEEE 1100, IEC 364, IEC 61000-5-2**.

1. PROTECCIÓN EXTERNA.

De acuerdo con el capítulo 4 de la NTC 4552-1, cuatro niveles de protección contra rayos son definidos, para el CDI Leticia se requiere una protección externa en nivel IV o superior; debido a que es un lugar con alta concentración de personas, el modelamiento de la protección externa se hizo en nivel IV.

La protección externa se compone de tres partes: el sistema de captación, los conductores bajantes y el sistema de puesta a tierra.

1.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN.

El sistema de captación es el encargado de interceptar los rayos que vayan a impactar directamente a la estructura y enviar la corriente de rayo por las bajantes de la edificación.

El numeral 5.2.1 de la NTC 4552-3, indica que los terminales de captación en una estructura se deben localizar en las esquinas, puntos sobresalientes de la estructura y en los bordes. En las estructuras del CDI Leticia se consideran puntas de captación en los lugares indicados en el plano anexo, los que fueron ubicados de acuerdo con el método de la esfera rodante, el cual es aplicable para estructuras con altura menor a 55 m y heterogéneas. El método de la esfera rodante indica que para un Nivel IV de protección, el radio de la esfera es de 55 m.

De acuerdo con este método, el posicionamiento de los terminales de captación debe realizarse de tal manera que la esfera nunca toque parte alguna de la estructura a ser protegida.

En la figura 1 y 2 se presentan diferentes vistas de acuerdo con el diseño proyectado.

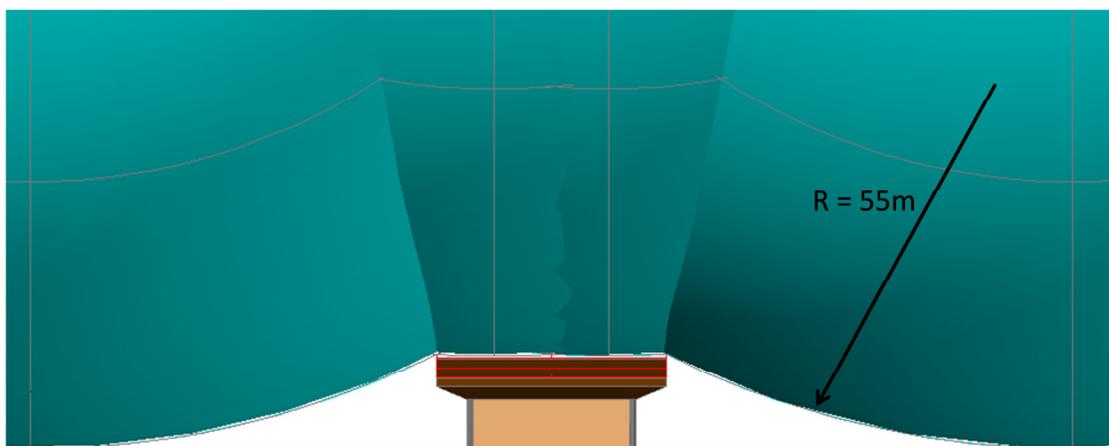


Figura 1 Vista frontal.

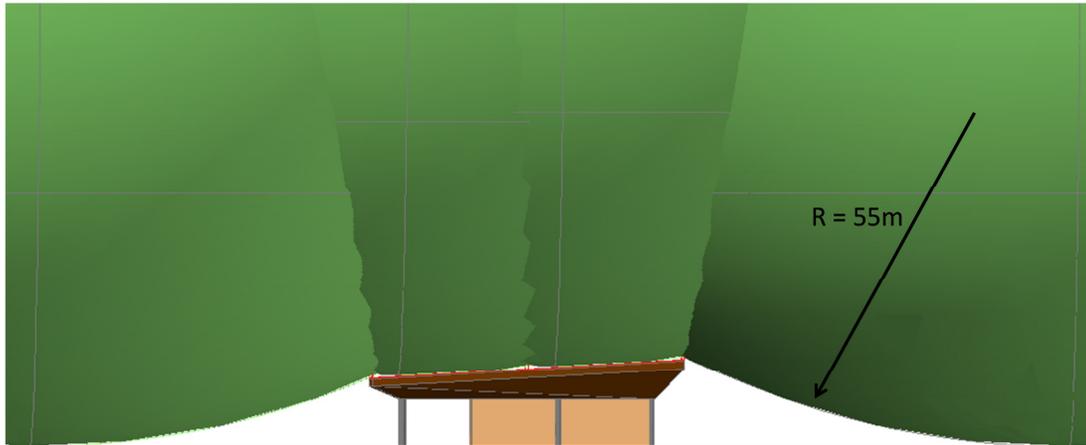


Figura 2 Vista lateral.

De las figuras 1 y 2 se puede concluir que con la ubicación de terminales propuesta se logra protección contra impacto directo sobre las diferentes edificaciones.

Los terminales de captación estarán compuestos por varillas de 5/8" x 30 cm en acero inoxidable cuya base debe ser montado sobre soportes plásticos, (Ver plano anexo para ubicación). El conductor utilizado para interconectar los terminales de captación, será alambroón de aluminio de 8 mm de diámetro o superior. El alambroón de aluminio debe ser instalado sobre soportes plásticos tipo intemperie y para su fijación no se permite perforar la teja, se debe utilizar pegante tipo intemperie para plástico – metal y la unión entre anillo y puntas de captación se debe hacer con conectores certificados en aluminio, acero inoxidable o acero galvanizado; se recomienda utilizar conectores marca OBO tipo 252 8-10X16 FT o uno con características similares. Para la conexión del alambroón de aluminio, se recomienda utilizar conectores variables en aluminio marca OBO tipo 249 8-10 ALU o uno con características similares.

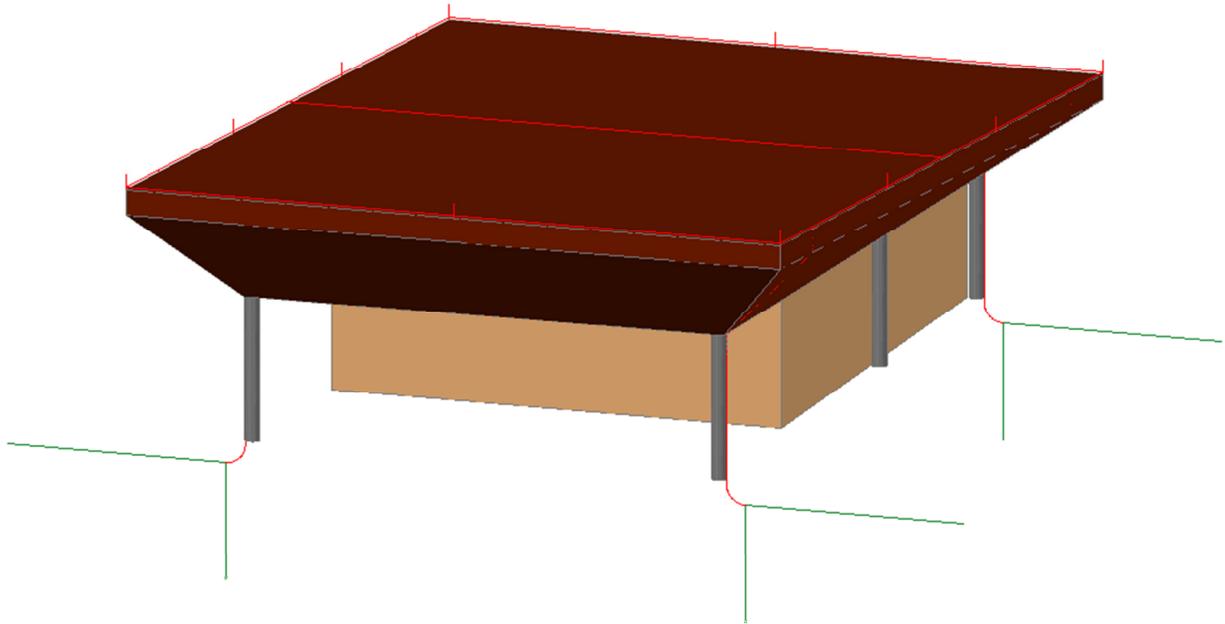


Figura 3 Perspectiva con ubicación de terminales de captación.

1.2. BAJANTES

Según la NTC 4552-3 numeral 5.3, las bajantes deben ser ubicadas de manera que a partir del punto de impacto del rayo hasta tierra, se cumplan los siguientes requisitos:

- Deben existir varios caminos paralelos para la corriente.
- La longitud de los caminos de corriente debe ser lo más corta posible.
- La equipotencialización a partes conductoras de la estructura esté hecha de acuerdo con los requisitos del numeral 6.2 de la NTC 4552-3.
- Las bajantes deben distribuirse simétricamente alrededor de la estructura a proteger, ubicadas en la parte exterior y siempre que sea posible, se debe instalar una en cada esquina.
- No es recomendable ubicar bajantes donde se congreguen o transiten personas frecuentemente.
- Las bajantes deben ser instaladas de tal manera que garanticen continuidad eléctrica entre los terminales de captación.

De acuerdo con el nivel de protección requerido, las bajantes se ubicarán en el perímetro de cada estructura, según la **Tabla 4 de la IEC 62305-3**, que se presenta a continuación. De acuerdo con la **cláusula 5.3.5 de la IEC 62305-3**, si el material de una estructura o un viento cumple con los requerimientos de la **Tabla 6 de la IEC 62305-3**, se tomarán como bajantes esas partes de la instalación siempre y cuando garanticen la total y permanente continuidad eléctrica de acuerdo con el **artículo 5.5.2**.

Tabla 1. IEC 62305-3 (Tabla 4)

Nivel de protección	Distancia promedio	Distancia promedio
	IEC 61024-1	IEC 62305-3
I	10	10
II	15	10
III	20	15
IV	25	20

Las bajantes propuestas se construirán en cable de cobre No. 2 AWG alojado en tubería PVC tipo pesada de ¾" embebida en las columnas de la edificación en los puntos indicados en el plano anexo.

Para la conexión de las bajantes con el anillo de apantallamiento, se deben utilizar conectores bimetálicos marca OBO tipo 249 8-10 ZV o uno con características similares.

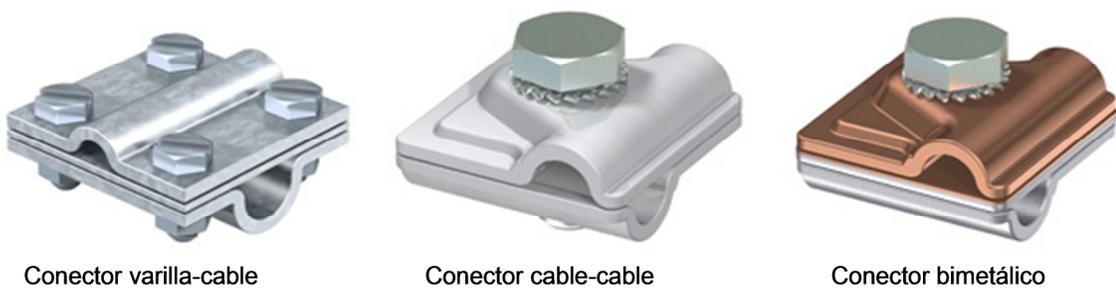


Figura 4. Conectores

1.3. PUESTAS A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

De acuerdo con el numeral 5.4 de la NTC 4552-3, la puesta a tierra es usada para dispersar y disipar la corriente de rayo que viene por las bajantes, reduciendo al mismo tiempo el riesgo de tener tensiones de paso y de contacto peligrosas. La configuración y sus dimensiones son un criterio importante en su diseño y en términos generales se debe buscar un bajo valor de resistencia de puesta a tierra, en lo posible menos de 10Ω en baja frecuencia. Las puestas a tierra de protección contra rayos deben estar interconectadas con las puestas a tierra de potencia y de comunicaciones.

De acuerdo con la NTC 4552-3 numeral 5.4.1 se escogió un arreglo tipo A. De acuerdo con la figura 6 de la NTC 4552-3, la longitud mínima del electrodo horizontal (cables o platinas) para resistividades inferiores a $500 \Omega \cdot m$ y nivel de protección IV, es de 5 m y de 2,4 m para electrodos verticales (varillas).

Las puestas a tierra a construir en cada una de las bajantes, estará compuesta por electrodos tipo varilla de acero con recubrimiento de cobre por electrodeposición de $5/8" \times 2,4$ de longitud con contrapesos en cable de cobre 2/0 AWG, de acuerdo con lo indicado en el plano anexo. La conexión de las bajantes con la puesta a tierra se hará con soldadura exotérmica.

Los hierros de refuerzo de la estructura deben ser conectados a tierra, para lo cual se debe hacer escarificación en dos de la edificación; para la conexión se utilizará cable de cobre 2/0 AWG desnudo; la conexión entre la varilla y el cable de cobre se hará con conector bimetálico.

1.3.1. ESTUDIO DE RESISTIVIDAD.

A continuación se presenta el protocolo de medición de la resistividad aparente del terreno y la estratificación del suelo en capas, realizada con el software de modelamiento CYMGrd 6.3 en su versión demo de uso libre.

Dist sondas (metros)	Resist medida (ohm-m)	Resist calc (ohm-m)	Error (%)
1	12.69	12.42	-2.15
2	11.93	12.3	3.11
3	12.25	12.06	-1.53
4	11.56	11.74	1.54
5	11.62	11.38	-2.08
6	10.93	11.02	0.86

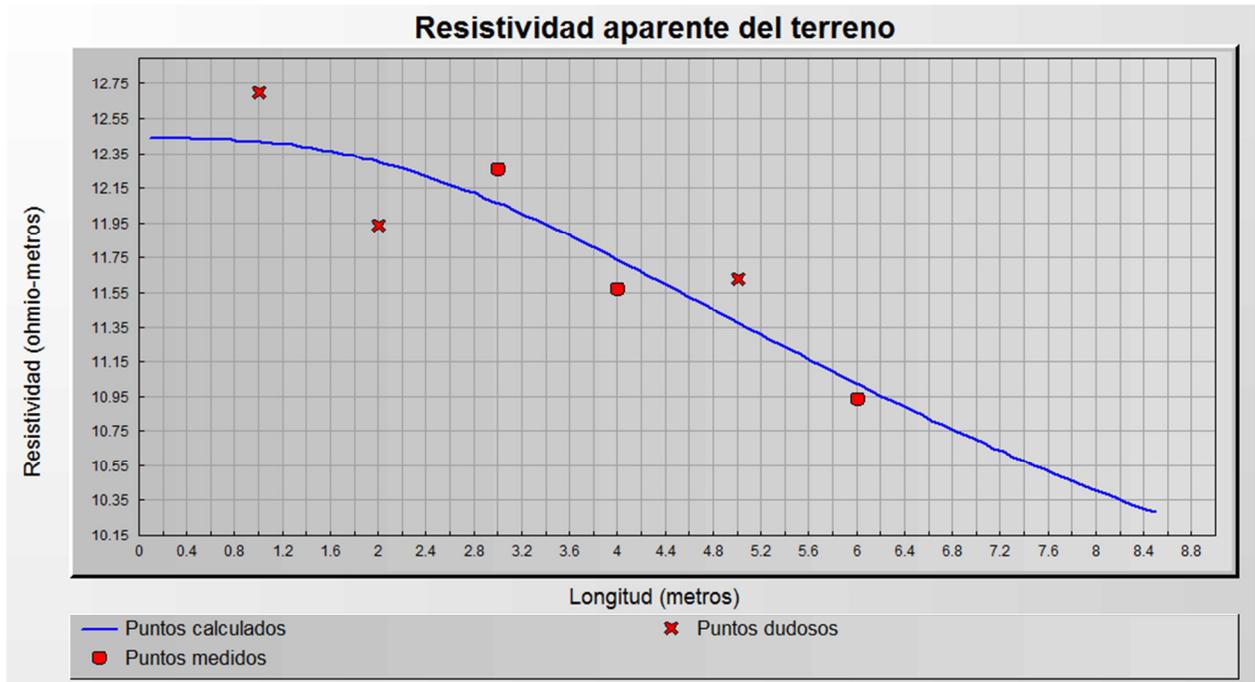


Figura 5. Modelamiento del terreno

La gráfica anterior corresponde al resultado de estratificar el terreno en capas de acuerdo los lineamientos de la IEEE 80 de 2000. La medición se realizó utilizando el método de WENNER, también avalado por la IEEE 80 de 2000.

Resultados de salida

Espesor de la capa superior	4.32 metros
Resistividad de la capa superior	12.44 ohm-m
Resistividad de la capa inferior	8.63 ohm-m

Puesta a tierra de protección contra rayos

Por cada bajante se construirá una puesta a tierra Tipo A, la cual está conformada por un electrodo tipo varilla de 5/8" x 2,4m y un contrapeso de 5m en cable de cobre desnudo No. 2/0 AWG como se observa en planos. Todas las puestas a tierra de protección contra rayos del mismo edificio se interconectan mediante los elementos del sistema de protección externa (bajantes y red de terminales de captación). En la siguiente figura se presenta la puesta a tierra de protección contra rayos.

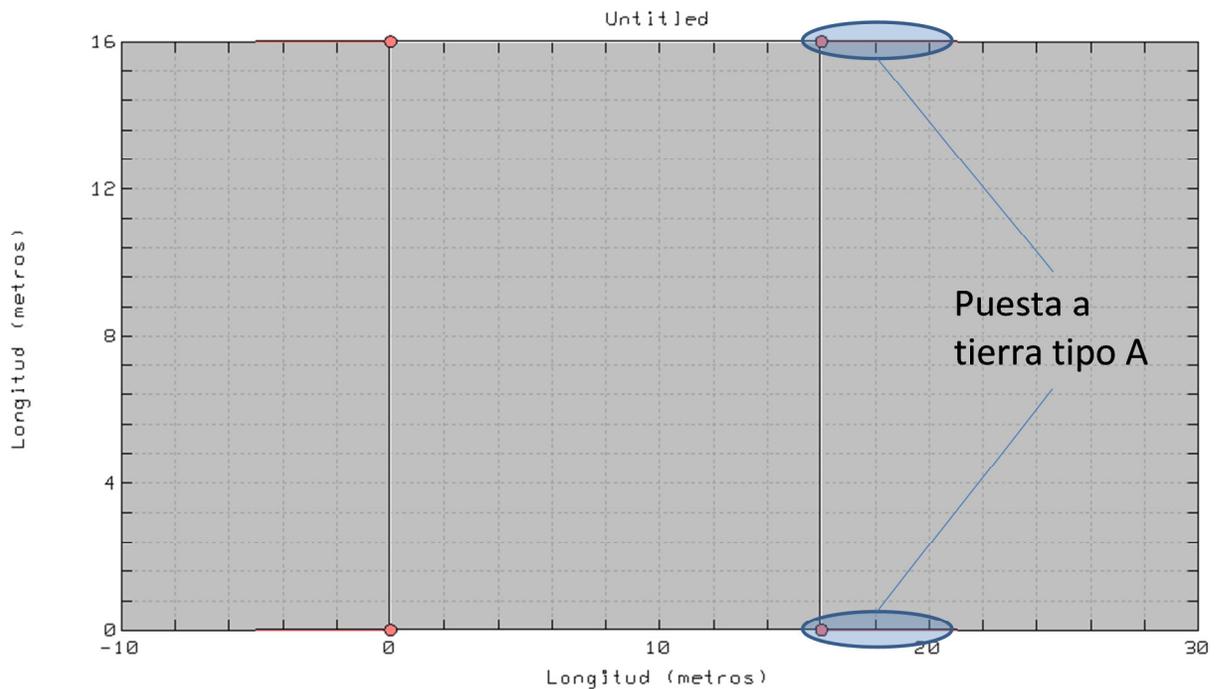


Figura 6. Puestas a tierra de protección contra rayos

El valor estimado de la resistencia de puesta a tierra con la configuración seleccionada es:

Resistencia de tierra calculada **0.607238 ohmios**

1.3.2. MODELAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA PROPUESTAS.

Las puestas a tierra de protección contra rayos propuestas para el CDI Leticia, deben estar compuestas por varilla de acero con recubrimiento de cobre por electrodeposición de 5/8" x 2,4 de longitud con contrapesos en cable de cobre 2/0 AWG de 5 m de longitud. En cada una de las bajantes se debe instalar una puesta a tierra como la indicada en el párrafo anterior de acuerdo con el plano anexo.

Se deben instalar dos cajas de inspección de 35 x 35 cm y la cabeza del electrodo debe quedar a por lo menos 40 cm bajo la superficie.

Para las conexiones se debe emplear soldadura exotérmica o conectores certificados que cumplan con las recomendaciones de las normas IEC 60364-5-54/542.3.2, NTC 4628 o IEEE 837.

Con los datos de resistividad obtenidos, se modeló la puesta a tierra propuesta para diferentes frecuencias asociadas a una onda tipo rayo 10/350 μ s y corriente piro de 40 kA.

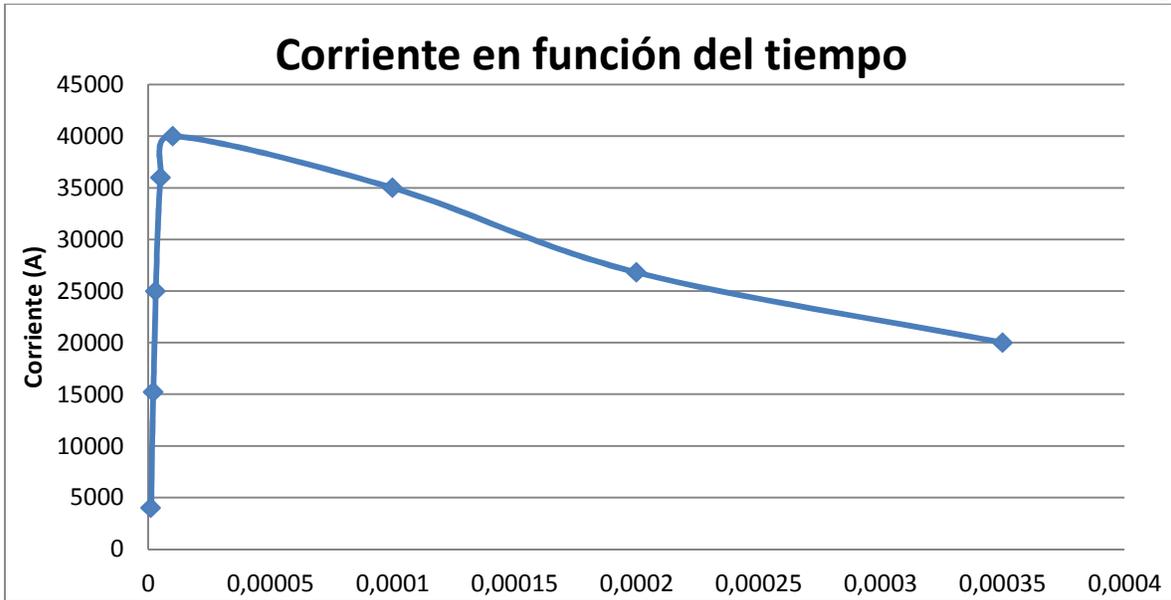


Figura 7 Onda tipo rayo 10/350 μ s

De los modelos realizados, se encuentran la impedancia en función de la frecuencia y la tensión resultante en función del tiempo.

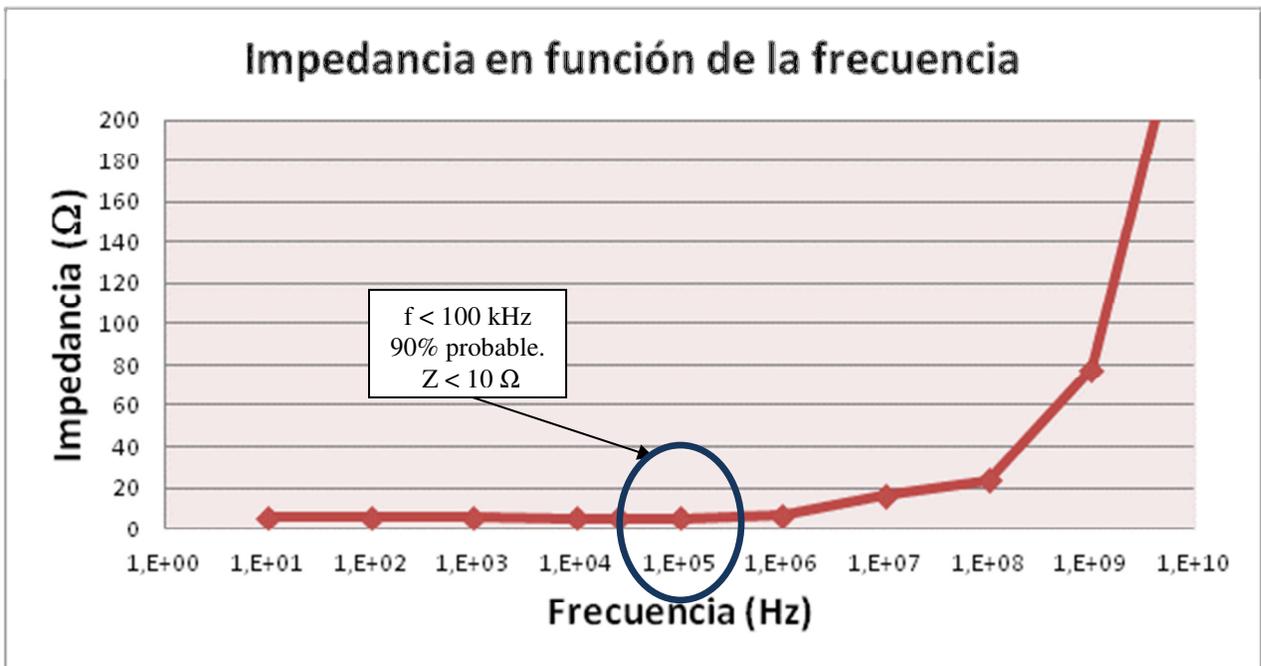


Figura 8 Comportamiento de la impedancia Z en función de la frecuencia para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.



Figura 9 Tensión en el nodo de inyección de corriente de falla tipo rayo, para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.

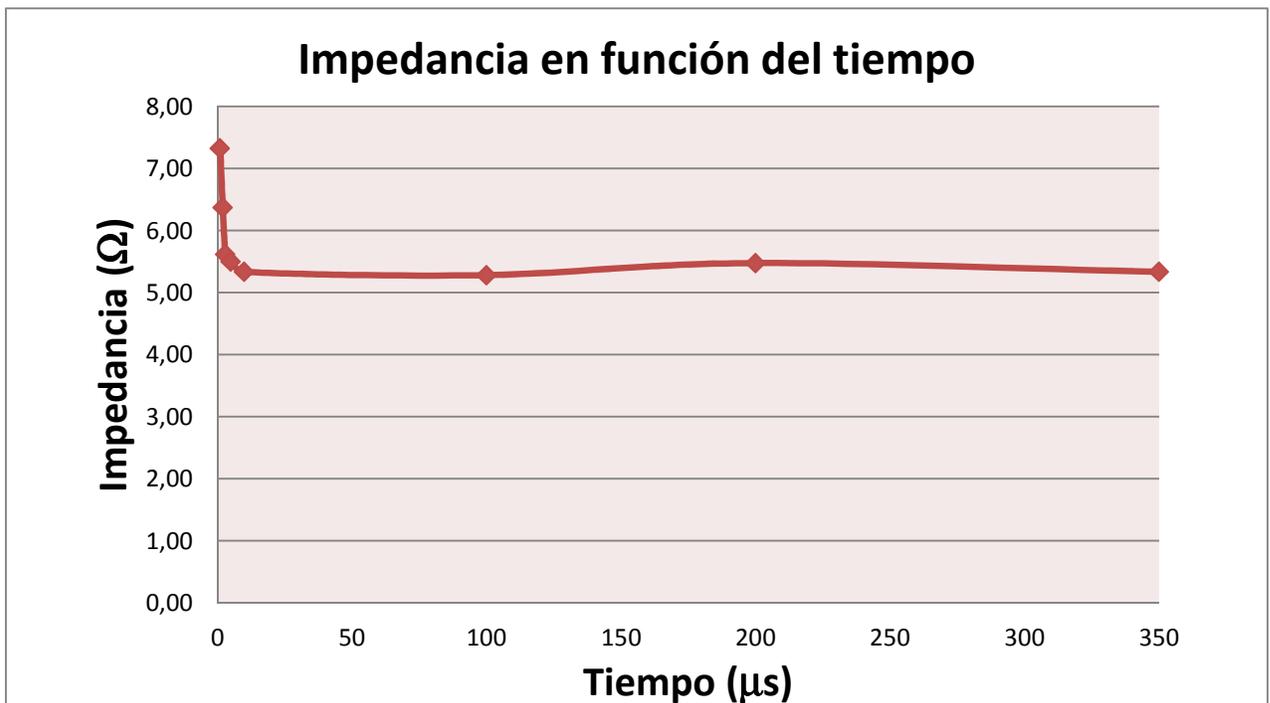


Figura 10 Comportamiento de la impedancia Z en función del tiempo para un electrodo tipo varilla de 2,4 m con contrapeso de 5 m.