



# **DISEÑO DE UN SISTEMA DE APANTALLAMIENTO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA LOS EDIFICIOS DE LA UNIMETA**

**Ronal Romero Torres, Alben Melo Vega**

**Corporación Universitaria del Meta  
Villavicencio, Colombia**

## **Resumen**

En esta época el medio ambiente está teniendo cambios dramáticos, se ha venido presentando acontecimientos atmosféricos de grandes proporciones en lugares donde no ocurrían. Incendios, inundaciones, nevadas, sequías extremas, tormentas, cambios de temperatura, polos derritiéndose, entre otros. Y no solo pasa en los campos, zona rural, en las urbes también están sintiendo las consecuencias directas. Según el historial del comportamiento de las tormentas eléctricas en las ciudades, no eran muy frecuentes, pero ahora la situación ha cambiado, se dan con más periodicidad y con mayor intensidad, además de que ya cuentan con edificaciones más altas que elevan el riesgo de caídas de rayos. Muchos edificios fueron construidos sin protecciones, pues no ameritaban, pero ahora sí por la posibilidad de dichas descargas y por algunas normas vigentes al respecto.

Para el proyecto se han realizado diversas investigaciones conforme a las descargas atmosféricas, como se pueden presentar y con qué frecuencia en Colombia, el clima y temperatura del municipio de Villavicencio, las muertes por descargas atmosféricas a nivel nacional, departamental y municipal en la cual se ha encontrado diversos estudios que se han realizado en el país sobre dichas descargas, con lo cual se ha podido establecer que en Colombia a causa del rayo han habido 1.51 muertes por millón de habitantes al año y en el departamento 2.10 muertes por millón de habitantes al año, también se ha investigado sobre los distintos sistemas de apantallamientos que se pueden implementar en cada edificio, más los daños en electrodomésticos y equipos electrónicos por falta de protección. También se conocen muchos sistemas caseros o improvisados de pararrayos que intentan generar la protección necesaria, pero que por el contrario pueden incrementar los daños.

Mediante la recolección de estos datos se quiere diseñar uno de los sistemas de apantallamiento más adecuado para los edificios “Héroes Pantano de Vargas” y “Raúl y Lucía” de la UNIMETA en Villavicencio Meta, para ello se ha realizado un diagnóstico con los datos obtenidos en las visitas que se le han hecho a los edificios, en los cuales se han detallado sus terrazas, su estructura y la carga eléctrica de cada uno, conforme a ello se realizarán los cálculos necesarios teniendo en cuenta la Norma colombiana NTC 2050, NTC 4552, el RETIE artículo 18 del 2016, y el IEC 62305. Además de revisar los sistemas de puesta a tierra de las edificaciones.

Por último, se evaluarán los costos que se requieran a para llevar a cabo la implementación del sistema de apantallamiento, de tal forma que garantice la seguridad del sistema eléctrico y el bienestar de quienes se encuentren en los edificios.

**Palabras clave:** apantallamiento; descarga atmosférica; puesta tierra; NTC 2050; NTC 4552

### **Abstract**

*At this time the environment is having dramatic changes, atmospheric events of great proportions have been occurring in places where they did not occur. Fires, floods, snowfalls, extreme droughts, storms, temperature changes, melting poles, among others. And it not only happens in the fields, rural areas, in the cities they are also feeling the direct consequences. According to the history of the behavior of thunderstorms in cities, they were not very frequent, but now the situation has changed, they occur more frequently and with greater intensity, in addition to the fact that they already have taller buildings that increase the risk of falls of rays. Many buildings were built without protections, as they did not merit, but now because of the possibility of such discharges and due to some current regulations in this regard.*

*For the project, various investigations have been carried out according to atmospheric discharges, how they can occur and with what frequency in Colombia, the climate and temperature of the municipality of Villavicencio, deaths due to atmospheric discharges at the national, departmental and municipal levels in which has found various studies that have been carried out in the country on such discharges, with which it has been established that in Colombia there have been 1.51 deaths per million inhabitants per year as a result of lightning and in the department 2.10 deaths per million inhabitants per year. year, it has also been investigated on the different shielding systems that can be implemented in each building, plus the damage to electrical appliances and electronic equipment due to lack of protection. There are also many homemade or improvised lightning rod systems that try to generate the necessary protection, but that on the contrary can increase the damage.*

*By collecting these data, we want to design one of the most suitable screening systems for the “Héroes Pantano de Vargas” and “Raúl y Lucía” buildings of UNIMETA in Villavicencio Meta, for which a diagnosis has been made with the data obtained. In the visits that have been made to the buildings, in which their terraces, their structure and the electrical load of each have been detailed, according to this, the necessary calculations will be made taking into account the*



*Colombian Standard NTC 2050, NTC 4552, the RETIE article 18 of 2016, and the IEC 62305. In addition to reviewing the earthing systems of the buildings.*

*Finally, the costs that are required to carry out the implementation of the shielding system will be evaluated, in such a way that it guarantees the safety of the electrical system and the well-being of those who are in the buildings.*

**Keywords:** *shielding; atmospheric discharge; grounding; NTC 2050; NTC 4552*

## 1. Introducción

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural, cuyos parámetros son variables espacial y temporalmente. La mayor incidencia de rayos en el mundo, se da en las tres zonas de mayor convección profunda: América tropical, África central y norte de Australia. Colombia, por estar situada en la Zona de Confluencia Intertropical, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta; de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno, pues si bien los métodos desarrollados a nivel mundial se pueden aplicar, algunos parámetros del rayo son particulares para esta zona. (Art. 18 RETIE).

En este trabajo de grado se desarrollará la metodología para realizar el diseño de un sistema de apantallamiento, el cual pueda ser implementado para los edificios Raúl y Lucia y héroes pantano de Vargas de la corporación universitaria del meta, teniendo en cuenta los criterios de seguridad, la información necesaria para el diseño y los aspectos normativos vigentes los cuales aplican al territorio Nacional, como lo son:

- La Norma técnica Colombiana NTC 4552 de protección contra rayos de 2008.
- El Código eléctrico Colombiano Norma NTC 2050.
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas en Colombia (RETIE) Resolución Número 90708 del 30 de agosto de 2013

Se pretende desarrollar el diseño, realizar los cálculos y determinar los costos de los sistemas de apantallamiento con el propósito de que estos sistemas puedan garantizar la protección del personal operativo y estudiantes, al mismo tiempo asegurar la protección de las instalaciones y equipos.

En el primer capítulo se dará a conocer algunos de los principales antecedentes sobre las descargas atmosféricas y alcances de la norma técnica colombiana NTC 4552 de protección contra rayos del 2008, también se dará a conocer la problemática, la justificación del proyecto y los principales objetivos que lo abarcan.

En el segundo capítulo se presentará el marco teórico, con el cual dará una pequeña introducción de los capítulos posteriores, referente a las descargas atmosféricas, las distintas formas en que se manifiestan, una tabla en la cual se registra las muertes que han causado en Colombia, estaciones meteorológicas, los distintos tipos de apantallamiento y las normas que las acogen.



En el tercer capítulo se presentará los diferentes riesgos y la forma de mitigar los efectos de una descarga eléctrica atmosférica en la protección interna de las acometidas telefónicas, donde se profundiza en los sistemas de puesta a tierra, se establecen los gastos, costos y diseños del proyecto, al igual se anexa

Es de suma importancia mencionar que la implementación de un sistema de protección contra rayos, propende por la seguridad de las personas ubicadas en estructuras de uso común o final, expuestas a impactos directos o indirectos de rayos. Conseguir un alto grado de seguridad tanto para personas como para equipos requiere la combinación de varios elementos como la protección externa (apantallamiento), protección interna, guía de seguridad personal y sistemas de alarma.

## 2. Antecedentes

En Colombia se han hecho diversas investigaciones científicas sobre descargas atmosféricas en cabeza del investigador Horacio Torres Sánchez durante las últimas tres décadas y lideradas por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá sobre descargas atmosféricas teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y geográficas. Colombia se encuentra ubicada en la zona de convergencia intertropical y posee una geografía caracterizada por llanuras y largas cadenas montañosas. Estas condiciones hacen que Colombia esté en la región con mayor actividad de descargas atmosféricas en el mundo, lo cual incrementa el número de víctimas mortales y heridos a causa de este fenómeno, especialmente, en las zonas rurales, debido a ello para el proyecto se han realizado diversas investigaciones conforme a las descargas atmosféricas, como se pueden presentar y con qué frecuencia en el país, el clima y temperatura del municipio de Villavicencio.

También se ha hecho un estudio de las muertes por descargas atmosféricas a nivel nacional, departamental y municipal (Tabla 1) en la cual se ha encontrado diversos estudios que se han realizado en el país sobre dichas descargas uno de ellos es *"Tasa de mortalidad por rayos en Colombia para el periodo 1997-2014"* con el cual se ha podido establecer que en Colombia a causa del rayo han habido 1.51 muertes por millón de habitantes al año y en el departamento 2.10 muertes por millón de habitantes al año, también se ha investigado sobre los distintos sistemas de apantallamientos que se pueden implementar en cada edificio.

**Tabla 1** Tomada de *"Tasa de mortalidad por rayos en Colombia para el periodo 1997 – 2014"*

Department	Deaths	Average Population	Deaths/ million-year
Vichada	8	56608	7.85
Guainía	4	35538	6.25
Cauca	124	1273507	5.41
Guaviare	9	96343	5.19
Vaupés	3	39510	4.22
Arauca	14	233690	3.33
Magdalena	59	1154980	2.84
Boyacá	57	1256755	2.52
Caquetá	17	423133	2.23
Santander	77	1963063	2.18
Córdoba	57	1478826	2.14
Antioquia	218	5720140	2.12
Meta	30	791933	2.10
Norte de Santander	45	1249124	2.00
Cesar	31	909662	1.89
Bolívar	64	1888756	1.88

Department	Deaths	Average Population	Deaths/ million-year
Casanare	10	298324	1.86
La Guajira	23	695151	1.84
Putumayo	10	311629	1.78
Caldas	30	969619	1.72
Sucre	21	775779	1.50
Chocó	12	456185	1.46
Cundinamarca	48	2299559	1.16
Risaralda	17	900233	1.05
Valle del Cauca	74	4183349	0.98
Atlántico	37	2180898	0.94
Tolima	23	1367462	0.93
Nariño	26	1551282	0.93
Amazonas	1	68170	0.81
Quindío	7	536018	0.73
Huila	4	1018572	0.22
Bogotá D.C.	13	6892666	0.10
San Andrés y Providencia	0	70815	0.00
<b>Total</b>	<b>1173</b>	<b>43147274</b>	<b>1.51</b>



Conforme a un estudio realizado por el Ing. Javier Ramírez y Jefferson Parra, los edificios Raúl y Lucía y Pantano de Vargas cuentan con una carga instalada de 40.25 y 31.54 kVA, y tienen una capacidad de 1450 personas aproximadamente entre estudiantes, docentes y personal administrativo, estos edificios no cuentan con un buen sistema de apantallamiento lo cual deja desprotegidos los edificios, su sistema eléctrico y las personas quienes lo habitan.

Según el RETIE edificios de oficinas y centros educativos deben contar con la protección conducente a mitigar los riesgos Asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos.

### **3. Marco Teórico**

Las tormentas se basan en la confluencia de condiciones meteorológicas locales mediante procesos físicos que implican gradientes de temperatura, presión, humedad, precipitación y las condiciones de inestabilidad atmosférica. Su clasificación comúnmente se agrupa en tormentas de origen convectivo o térmicas y de origen ciclónico o frontal. Su naturaleza es creada por las nubes convectivas que son aquellas donde en su seno se desarrollan fuertes corrientes ascendentes y descendientes, por lo tanto, estas nubes suelen desarrollar tormentas, rayos y gran cantidad de descargas eléctricas.

Este fenómeno es producido debido a los cambios de temperatura, humedad y presión sobre la superficie terrestre y estos cambios a su vez son generados por la exposición directa de la tierra a los rayos del sol. Las características del relieve influyen en gran medida en la formación de este tipo de tormenta, donde suelen iniciarse sobre regiones montañosas.

El famoso experimento de Benjamín Franklin con una cometa de seda y una punta metálica fue uno de los primeros acercamientos que revelaron la naturaleza eléctrica de los rayos. Hoy en día, las descargas atmosféricas representan una gran amenaza para los equipos eléctricos y electrónicos dentro de un inmueble, razón por la que es de vital importancia contar con un correcto sistema de protección contra rayos y sobrevoltaje.

Las descargas atmosféricas y sobretensiones ponen en riesgo tanto a las personas como a los activos de las empresas, y en el mundo, cada día se vuelven más comunes los golpes por rayos en la superficie. Año con año, la superficie terrestre recibe más de unos mil quinientos millones de descargas atmosféricas.

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural. De acuerdo con las investigaciones científicas realizadas en Colombia en las últimas tres décadas y lideradas por la Universidad Nacional de Colombia en cabeza del investigador Horacio Torres Sánchez, las cuales han quedado plasmadas en publicaciones internacionales y libros sobre el tema, permiten concluir que los parámetros del rayo son variables espacial y temporalmente. Colombia al estar situada en la Zona de Confluencia Intertropical, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta; de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno, pues si bien los métodos desarrollados a nivel mundial se pueden aplicar, algunos parámetros del rayo son particulares para esta zona. Tales condiciones obligan a que se tomen las medidas para minimizar los riesgos por los efectos del rayo, tanto en las edificaciones como en las instalaciones eléctricas.

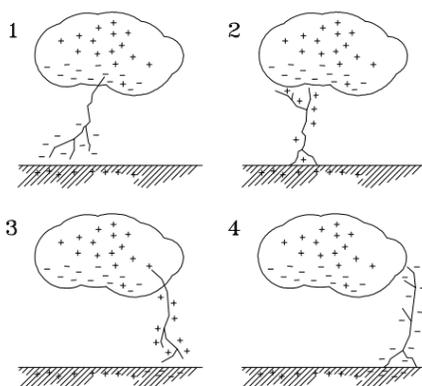


La evaluación del nivel de riesgo por rayos, debe considerar la posibilidad de pérdidas de vidas humanas, pérdida del suministro de energía y otros servicios esenciales, pérdida o graves daños de bienes, pérdida cultural, así como los parámetros del rayo para la zona tropical, donde está ubicada Colombia y las medidas de protección que mitiguen el riesgo; por tanto, debe basarse en procedimientos establecidos en normas técnicas internacionales como la IEC 62305-2, de reconocimiento internacional o la NTC 4552-2. (RETIE artículo 16)

### 3.1 Tipos de Descargas atmosféricas

La descarga atmosférica conocida como rayo, es la igualación violenta de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y tierra o, entre nubes. Comúnmente se realiza una distinción entre los cuatro tipos de descarga existentes (Ilustración 1):

- 1) Descargas negativas de la nube a la tierra
- 2) Descargas negativas de la tierra a la nube
- 3) Descargas positivas de la nube a la tierra
- 4) Descargas positivas de la tierra a la nube



**Ilustración 1** Tipos de Descargas Atmosféricas

En el estudio y cálculo de sobretensiones un rayo puede ser visto como una fuente de corriente que puede tener polaridad positiva, negativa o ambas en una misma descarga, lo que se conoce como onda bipolar. En general, se han identificado cuatro tipos de rayo entre nube y tierra. Las descargas negativas forman el 90 % de las descargas que caen a tierra a lo largo de todo el planeta (categoría 1); menos del 10 % de las descargas son positivas (categoría 3). También existen descargas iniciadas desde tierra hasta la nube (categorías 2 y 4), sin embargo, estas descargas son relativamente raras y ocurren normalmente en zonas de gran altitud, desde los picos de las montañas o desde altas estructuras construidas por el hombre. Un aspecto adicional que se debe de tener en cuenta es la distorsión que la presencia de objetos altos puede provocar en los parámetros de un rayo respecto al que se originaría en terreno plano. (Ilustración 1).

La mayoría de los rayos nube-tierra se inician por el fuerte campo eléctrico que existe en la carga positiva situada debajo de la nube y la carga negativa de la base de la nube. Una vez que la nube de tormenta se ha cargado hasta el punto en que el campo eléctrico excede la rigidez dieléctrica local de la atmosfera, el resultado es la iniciación de una descarga eléctrica



atmosférica o rayo. En ese instante, el campo eléctrico es del orden de un millón de voltios por metro; en menos de un segundo, el rayo transportara la carga correspondiente a 1020 electrones y proporcionara una potencia eléctrica equivalente a 100 millones de bombillas de alumbrado residencial. Durante esa fracción de segundo, la energía electrostática de la carga acumulada pasa a energía electromagnética, energía acústica y finalmente, calor. Las descargas atmosféricas son el resultado del intento de la naturaleza por mantener un equilibrio dinámico entre las cargas positivas de la ionosfera y las cargas negativas de la tierra, que conllevan a un proceso de desarrollo marcado por tres etapas: formación, madurez y disipación.

### 3.2 Vidas Humanas

Según investigaciones hechas por el ingeniero Horacio Torres el territorio colombiano se encuentra ubicado en alrededores de convergencia intertropical, donde su formación geográfica distintiva de llanuras y largas cadenas montañosas, hacen de este país una de las regiones con mayor actividad de descargas atmosféricas en el mundo. Siendo Colombia uno de los países con los más altos índices de densidad de rayos, situación que es comprobada por los índices de mortalidad a causa de este fenómeno que están en aumento. Los rayos o descargas eléctricas directas o por transferencia, causan un promedio de 7000 muertos y más de 15000 heridos anualmente en el mundo, según estadísticas.

En los últimos años los rayos causaron la muerte de un promedio de 1,7 personas por cada millón de habitantes en América Latina (Tabla 2) contra el 0,1 por millón de habitantes en los países desarrollados, según muestra un estudio realizado en Brasil, el primero de su tipo. Esto significa que la incidencia de muertes por rayos en América Latina es 17 veces mayor que en Europa y Estados Unidos.

Continente	Tasa de mortalidad [muertes/millón-año]	Muertes por año [Personas]	Nº. de años [Años]
África	21.2	269	5
Asia	1.3	366	13
Australia	0.1	2	10
Europa	0.2	8.1	10
América del Norte	1.0	90	19
América del Sur	1.3	104	10

**Tabla 2** Resumen de muertes por rayos a Nivel mundial

Entre los años 2010 y 2013, los medios de comunicación reportaron 119 muertos y 291 heridos por rayos en Colombia, para un total de 410 casos. No obstante, se cree que el porcentaje de casos reportado en los medios es muy bajo. En Colombia, se calculan cerca de 100 casos de muertes por rayos al año. si se considera que por cada muerte hay 9 heridos, el número de afectados puede rondar los 1.000. Las investigaciones de las últimas décadas sobre lesiones y muertes relacionadas con fenómenos atmosféricos en el mundo indican que los rayos han sido la tercera causa de muerte y la segunda causa de lesiones superada solamente por las inundaciones.

Según un informe "Tasa de mortalidad por rayos en Colombia para el periodo 1997 – 2014" se tiene que en el departamento del Meta cuya población es de 791.933 habitantes, han llegado a haber hasta 30 muertes de personas debido a las descargas atmosféricas, siendo así el 2.10 de muertes anuales (Millón por año).



#### 4. Técnicas De Recolección de Información

Esta metodología se divide en 3 fases para recolectar la información:

**Diagnóstico:** La necesidad de realizar un diagnóstico está basada en el hecho de que es necesario conocer para actuar con eficacia, por ello en esta fase se hizo una evaluación de los edificios con el fin de obtener datos precisos sobre su estructura y capacidad de carga eléctrica

**Diseño:** Conforme a lo que se investigaciones y datos obtenidos se diseñara un sistema de apantallamiento teniendo en cuenta las normas del RETIE y la NTC.

**Evaluación:** Una vez que se haya recolectado suficiente información, se realice el diagnóstico y termine el diseño, se evaluarán los gastos que se requieran a para llevará cabo la implementación del sistema de apantallamiento.

#### 5. Recolección de Datos de los Edificios

##### 5.1 Edificio Raúl y Lucia

Su Estructura Tiene un área 4.861m<sup>2</sup> de construcción, que inicia con un sótano como parqueadero, la cafetería de la Unimeta en el primer piso y 36 aulas de clase del segundo al quinto piso. En el sexto piso, está el Aula Magna, que se identificó con el nombre del poeta "Julio Flórez Roa", también cuenta con las salas Virgilio Olano, Gil Arilado Rey y el Museo.



**Ilustración 3** Terraza edificio Raúl y Lucia

**Carga Eléctrica:** Según un informe preliminar realizado por el Ing. Javier Ramírez y Jefferson Parra, se tiene que la carga demandada al transformador de 225 kVA que alimenta el edificio

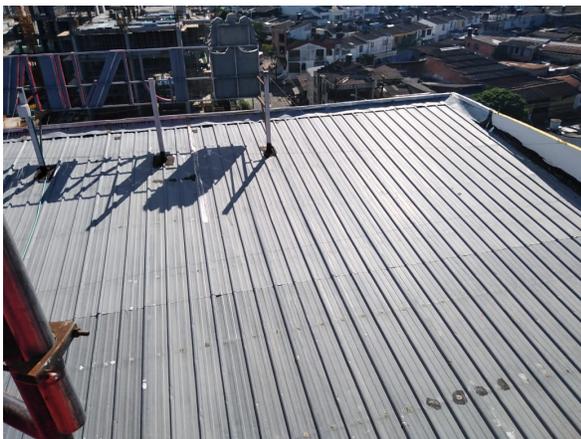


Tensión (V)	A	B	C	Neutro
Máxima	128.60	128.50	129.20	---
Media	124.90	125.10	125.60	---
Mínima	0.00	0.00	0.00	---
Corriente (A)	A	B	C	Neutro
Máxima	313.10	356.40	368.50	97.50
Media	121.90	130.5	139.50	30.40
Mínima	0.00	0.00	0.00	0.02
Frecuencia (Hz)				
Máxima	60.28			
Media	60.00			
Mínima	56.70			
Potencia activa (kW)	A	B	C	---
Máxima	38.22	43.76	45.15	---
Media	11.81	11.90	13.50	---
Mínima	0.58	0.73	1.38	---
Potencia aparente (kVA)	A	B	C	Total
Máxima	38.61	44.02	45.50	127.10
Media	15.12	16.24	17.43	48.91
Mínima	0.70	0.97	1.39	3.45
Potencia reactiva (kVAr)	A	B	C	---
Máxima	12.02	7.88	12.83	---
Media	2.54	-0.72	1.54	---
Mínima	-1.20	-4.97	-1.24	---
Factor de Potencia	A	B	C	---
Máxima	1.00	1.00	1.00	---
Media	0.78	0.73	0.77	---

**Tabla 3** Carga eléctrica del edificio Raúl y Lucia

## 5.2 Edificio Héroes Pantano de Vargas

**Su Estructura:** El edificio tiene un área de 3.110 metros cuadrados de construcción, allí funcionan las oficinas del Vicerrectorado Académico, Dirección de Investigaciones y Centro de Investigaciones



**Ilustración 3** Terraza edificio Héroes Pantano de Vargas



**Carga Eléctrica:** Según un informe preliminar realizado por el Ing. Javier Enrique Ramírez, se tiene que la carga demandada al transformador, que alimenta el edificio Pantano de Vargas, fue de 40.27 kVA. En la siguiente tabla se tienen los datos descargados del registrador trifásico en el edificio Héroes Pantano de Vargas

Frecuencia (Hz)				
Máxima	60.20			
Media	60.00			
Mínima	59.84			
Potencia activa (kW)	A	B	C	---
Máxima	12.64	12.99	16.54	---
Media	3.09	3.08	4.48	---
Mínima	-0.05	-0.60	-0.30	---
Potencia aparente (kVA)	A	B	C	Total
Máxima	13.02	13.07	17.16	40.27
Media	4.12	3.74	5.66	13.81
Mínima	0.03	0.00	0.01	0.13
Potencia reactiva (kVAR)	A	B	C	---
Máxima	5.28	1.05	1.62	---
Media	0.15	-0.74	-0.31	---
Mínima	-1.99	-2.20	-2.51	---
Factor de Potencia	A	B	C	---
Máxima	1.00	1.00	1.00	---
Media	0.75	0.82	0.79	---
Mínima	0.48	0.29	0.60	---

**Tabla 3** Carga eléctrica del edificio Héroes Pantano de Vargas

## 6. Referencias

### Fuentes electrónicas

- Arnold Domínguez Crismatt, Á. A. (2006). *Aplicacion de la Norma tecnica Colombiana NTC 4552 de protección contra rayos en la universidad tecnológica de Bolívar*. Obtenido de Aplicacion de la Norma tecnica Colombiana NTC 4552 de protección contra rayos en la universidad tecnológica de Bolívar: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0036267.pdf>
- Bernal, A. S. (2019). *Evaluación de Riesgos por rayos para Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- CRUZ, J. J. (2016). *ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DOS PARÁMETROS DE RAYO EN ZONA*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Pardo, W. A. (01 de 01 de 2011). *Estudio técnico para el sistema de protección contra descargas*. Obtenido de Estudio técnico para el sistema de protección contra descargas: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1073&context=ing\\_electrica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1073&context=ing_electrica)

### Sobre los autores

- **Ronal Romero Torres:** Estudiante de Ingeniería eléctrica, VIII semestre. Integrante de semillero GIEES. [ronal.romero@academia.unimeta.edu.co](mailto:ronal.romero@academia.unimeta.edu.co); [ronalromerotorres@gmail.com](mailto:ronalromerotorres@gmail.com)
- **Alben Melo Vega:** Ingeniero Electrónico, Magíster en Educación. Profesor Medio Tiempo Periodo Académico. Asesor de semillero. [alben.melo@unimeta.edu.co](mailto:alben.melo@unimeta.edu.co); [albenmv@gmail.com](mailto:albenmv@gmail.com)



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

