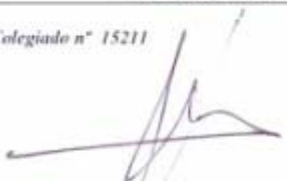




**Invenió Noves Technologies A.R., S.L.**  
**(INT AR, S.L.)**



## **ANÁLISIS E INFORME DE LAS CONSECUENCIAS DEL IMPACTO DE UN RAYO EN UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES**

<b>Ingeniero Industrial</b>	<b>Experto en-el Fenómeno del Rayo</b>
<i>Colegiado n° 15211</i>  <b>Javier Maldonado</b> <i>Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales</i>	 <b>Ángel Rodríguez</b> <i>Director Gerente empresa de Investigación</i>

## 1. IMPACTO DEL RAYO EN TORRES DE TELECOMUNICACIONES

Las consecuencias del impacto de un rayo en una torre de telecomunicaciones dependerán de la intensidad del rayo que descargue en la misma, de la resistencia del conductor y su capacidad de transportar la corriente y de la capacidad de absorción de la toma de tierra donde se deriven estas corrientes. En función de estos parámetros, se generarán diferentes efectos electromagnéticos, desde un comportamiento de circulación de corriente a tierra sin averías, a destrucción de equipos eléctricos y electrónicos, llegando a crear riesgos eléctricos a personas por diferencial de potencial.

Para el caso, de que no exista una continuidad eléctrica adecuada entre el punto de impacto del rayo en la torre y la toma de tierra, ya sea por la desaparición del cable de cobre como conductor eléctrico, o bien porqué la estructura metálica de la torre no garantice una continuidad eléctrica por corrosión, las consecuencias eléctricas podrán ser mayores.

En caso de no tener la torre un conductor eléctrico y la continuidad eléctrica de la torre sea nula por garantizar las partes mecánicas un contacto eléctrico perfecto, la torre metálica trabajará como un conductor eléctrico perfecto, disipando incluso parte de la energía en calor.

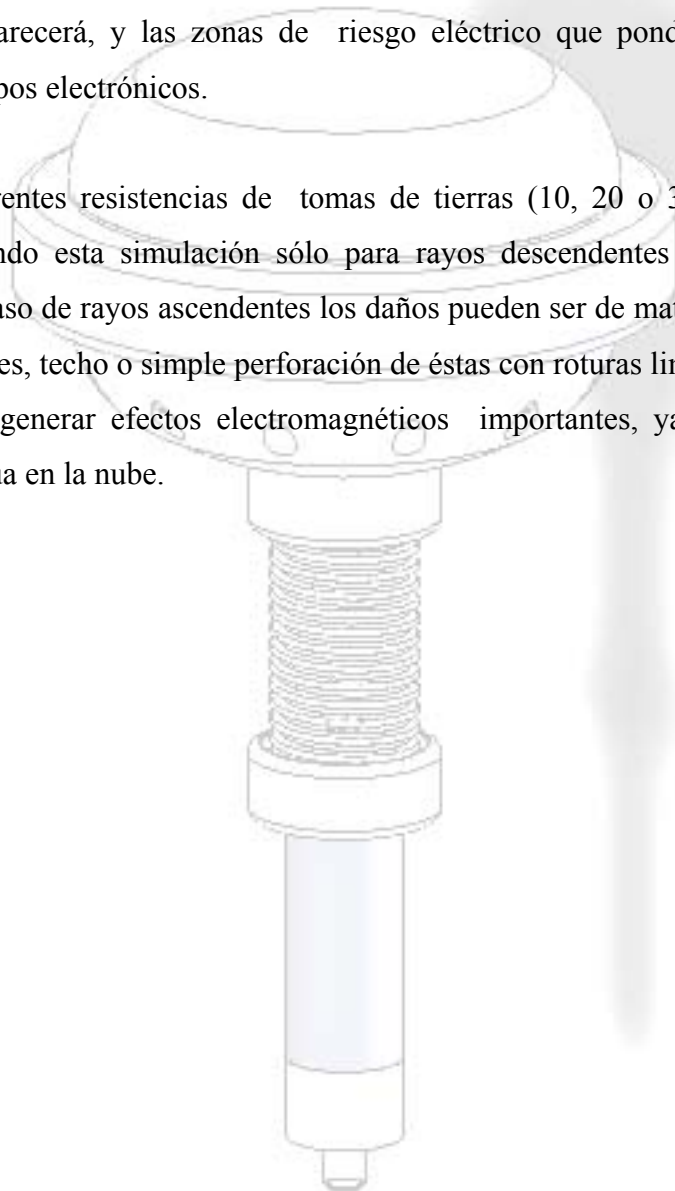
En caso que de una manera u otra no se garantice la continuidad y conducción de la corriente del rayo a tierra por un conductor o estructura, los efectos electromagnéticos podrán multiplicar por 10, afectando a los conductores coaxiales o masas de cables que se comportarían como derivadores de corriente referente a tierra.

En uno u otro caso, los rayos generan zonas de peligro a las personas, y están definidas en la tabla 1, en situaciones normales. En los demás casos, estos efectos habría que multiplicarlos por 10, así como también los efectos térmicos, electrodinámicos, de deflagración y las sobretensiones conducidas. Este efecto de deflagración será mayor o menor, en función de la contaminación del aire, al no conducir la intensidad de corriente de forma rápida o simplemente no hacerlo, hacia la toma de tierra.

Las consecuencias serían evidentes: Destrucción de los equipos eléctricos y electrónicos de la propia torre. La elevación del potencial también aumentaría en algunos puntos de la propia torre, ya que la resistencia sería mucho mayor.

En la tabla 1, simula una descarga de un rayo en una estructura en función de la resistencia de la toma de tierra en el mejor de los casos, es decir que el valor de la toma de tierra está garantizado en el punto más alto de la torre por medio de un conductor eléctrico o mecánico. En función de la intensidad del rayo se calcula la diferencia de potencial que aparecerá, y las zonas de riesgo eléctrico que pondrá en peligro las personas y a equipos electrónicos.

Se simulan diferentes resistencias de tomas de tierras (10, 20 o 30 Ohms) para el mismo rayo, siendo esta simulación sólo para rayos descendentes de nube a tierra (negativos). En caso de rayos ascendentes los daños pueden ser de materiales, explosión de equipos, paredes, techo o simple perforación de éstas con roturas limpias, este tipo de rayos no suelen generar efectos electromagnéticos importantes, ya que el contacto eléctrico se efectúa en la nube.



**Tabla 1. Simulación de impacto de rayo y zona de peligro para las personas en función de la intensidad del rayo y la resistencia de tierra.**

<b>INTENSIDAD DEL RAYO (KA)</b>	<b>RESISTENCIA DE TIERRA (ohms)</b>	<b>DIFERENCIA DE POTENCIAL (Kv)</b>	<b>ZONA DE PELIGRO (metros)</b>
5	10	50	0,5
	20	100	1
	30	150	1,5
10	10	100	1
	20	200	2
	30	300	3
20	10	200	2
	20	400	4
	30	600	6
30	10	300	3
	20	600	6
	30	900	9
40	10	400	4
	20	800	8
	30	1200	12,3
50	10	500	5
	20	1000	10,2
	30	1500	15,3
60	10	600	6
	20	1200	12,3
	30	1800	18,4
70	10	700	7
	20	1400	14,3
	30	2100	21,5
80	10	800	8
	20	1600	16,2
	30	2400	24,6
90	10	900	9
	20	1800	18,4
	30	2700	27,7
100	10	1000	10,2
	20	2000	20,5
	30	3000	30,7
> 100	10	>1000	>10,2
	20	>2000	>20,5
	30	>3000	>30,7

## 2. CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO GENERADO POR EL RAYO

La caída de un rayo sobre una torre de telecomunicaciones será equivalente a una antena de gran longitud que emite un campo electromagnético muy elevado.

PICO DE INTENSIDAD DEL RAYO (KA)	CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO GENERADO POR EL RAYO (A/m)		
	A 10 m del rayo	A 100 m del rayo	A 10 Km del rayo
10	1,62 10 <sup>2</sup>	16	0,0192
20	3,22 10 <sup>2</sup>	32	0,0382
30	4,82 10 <sup>2</sup>	48	0,0582
70	1,122 10 <sup>3</sup>	1,12 10 <sup>2</sup>	0,132
100	1,62 10 <sup>3</sup>	1,62 10 <sup>2</sup>	0,192
140	2,22 10 <sup>3</sup>	2,22 10 <sup>2</sup>	0,272
200	3,2 10 <sup>3</sup>	3,2 10 <sup>2</sup>	0,38

Tabla 2. Campo magnético estático generado por el rayo (A/m), en función de la intensidad del rayo, medido a distintas distancias del punto de impacto.

## 3. DIFERENCIA DE POTENCIAL EN EL SUELO PRODUCIDA POR UN RAYO DE 100 kA

La caída de un rayo sobre una torre de telecomunicaciones, en el terreno o en un pararrayos tipo FRANKLIN provoca una fuerte elevación del potencial de tierra en una zona de algunos kilómetros (si el rayo cae en un pararrayos, el potencial de tierra aumentará cuando éste dirija la corriente a tierra). Este aumento de potencial puede inducir sobretensiones elevadas en los cables subterráneos y provocar la elevación de la tensión de las conexiones a tierra. (tabla 3)

Para el caso de que no exista continuidad eléctrica en la torre, estas sobretensiones elevadas se inducirán en la propia estructura metálica de la torre y provocará la destrucción masiva de los equipos eléctricos y electrónicos.

DIFERENCIA DE POTENCIAL EN V, Kv o Mv							
X en metros (distancia axial)							
D (m)	10	20	30	50	70	100	200
10	796 Kv	1,06 Mv	1,19 Mv	1,33 Mv	1,39 Mv	1,45 Mv	1,52 Mv
15	424 Kv	606 Kv	707 Kv	816 Kv	874 Kv	923 Kv	987 Kv
20	265 Kv	398 Kv	477 Kv	568 Kv	619 Kv	663 Kv	723 Kv
30	133 Kv	212 Kv	265 Kv	332 Kv	371 Kv	408 Kv	461 Kv
40	79,6 Kv	133 Kv	171 Kv	221 Kv	253 Kv	284 Kv	332 Kv
50	53,1 Kv	91,9 Kv	119 Kv	159 Kv	186 Kv	212 Kv	255 Kv
70	28,4 Kv	50,5 Kv	68,2 Kv	94,7 Kv	114 Kv	134 Kv	168 Kv
100	10,5 Kv	26,5 Kv	36,7 Kv	53,1 Kv	65,5 Kv	79,6 Kv	106 Kv
150	6,6 Kv	12,5 Kv	17,7 Kv	26,5 Kv	33,8 Kv	42,4 Kv	60,6 Kv
300	1,7 Kv	3,3 Kv	4,8 Kv	7,6 Kv	10 Kv	13,3 kv	21,2 Kv
500	624 V	1,2 Kv	1,8 Kv	2,9 Kv	3,9 Kv	5,3 Kv	9,1 Kv
1 Km	158 V	312 V	464 V	758 V	1 Kv	1,4 Kv	2,7 Kv
5 Km	6 V	13 V	19 V	32 V	44 V	62 V	122 V
10 Km	2 V	3 V	5 V	8 V	11 V	16 V	31 V

**Tabla 3. Diferencia de potencial en el suelo producida por un rayo de 100 KA con una resistividad del suelo de 1 KW/m.**

#### 4. CONCLUSIONES

- Existen rayos de 5 a 350.000 amperios en una sola descarga, el cambio climático genera temporadas más largas de tormenta y aparición de rayos de más intensidad.
- Por tal de asegurar la seguridad eléctrica en una instalación, se tiene que garantizar la continuidad eléctrica en la torre, se recomienda por ello disponer de bajante de cobre de unión del pararrayos a la toma de tierra y en su caso, disponer sobre la propia estructura de la torre, un mecanismo mecánico y conductor eléctrico a la vez, que garantice el plano de tierra en la parte más alta de la torre, sea por medio de pletinas de acero estañado unidas a la misma torre por medio de remaches.
- Se recomienda en las torres de telecomunicaciones no poner elementos en punta o pararrayos convencionales que excitan y atraen el rayo, si existe la probabilidad de impacto de rayo en la torre, la propia torre hace las funciones de pararrayos siempre y cuando se garantice el plano de tierra en la parte más alta de la torre.

- Con los datos descritos en las tablas 1, 2 y 3, queda bastante claro, que en caso de impacto de rayo en una torre, los efectos serán diferentes en función del tipo de rayo, de la resistencia del conductor y tierra eléctrica, siendo las consecuencias mínimas o fatales para los equipos eléctricos y electrónicos dispuestos en la misma y para las personas y/o animales que se encuentren dentro del radio de la zona de peligro definida.
- Se ha de proteger las torres de telecomunicaciones de los impactos directos de rayos, mediante la instalación de pararrayos desionizantes para adelantarse al riesgo y reducir el campo eléctrico para anular la formación del rayo en la estructura. Con esta nueva tecnología minimizaremos de forma muy substancial los posibles efectos del rayo sobre la misma.

Andorra, a 24 de Noviembre del 2009.

Ángel Rodríguez Montes  
Experto en el fenómeno eléctrico-atmosférico  
Rayos y corrientes derivadas.

Sr. Javier MALDONADO PARDO  
Ingeniero Industrial  
Nº Colegiado: 15.211