

# Protección Contra Descargas Atmosféricas (1)

- **Mitigación de daños por efecto de rayos sobre**
  - **personas**
  - **estructuras**
  - **valores**
  - **continuidad de servicios**

## Protección Contra Descargas Atmosféricas (2)

- **Captación del impacto del rayo mediante el dispositivo apropiado.**
- **Conducción de la corriente a tierra.**
- **Atenuación de tensiones creadas por el rayo mediante interconexión equipotencial.**
- **Atenuación de sobretensiones inducidas por rayos locales o remotos sobre equipos mediante dispositivos supresores conectados entre conductores.**
- **Instrucción sobre el comportamiento durante tormentas y sobre el funcionamiento del sistema de protección.**

# Dispositivos para Captar la Descarga: Pararrayos o Captores

- **Captos Convencionales**
  - **Captos aislados**
    - *Hilos de guardia.*
- **Captos Naturales**
  - *Elementos de la estructura o sistema a proteger capaces de recibir el impacto*
- **Captos adicionales**
  - *Vástagos verticales (puntas “Franklin” y otros).*
  - *Mallas adosadas.*

# Captore Convencionales

## Área protegida: Historia

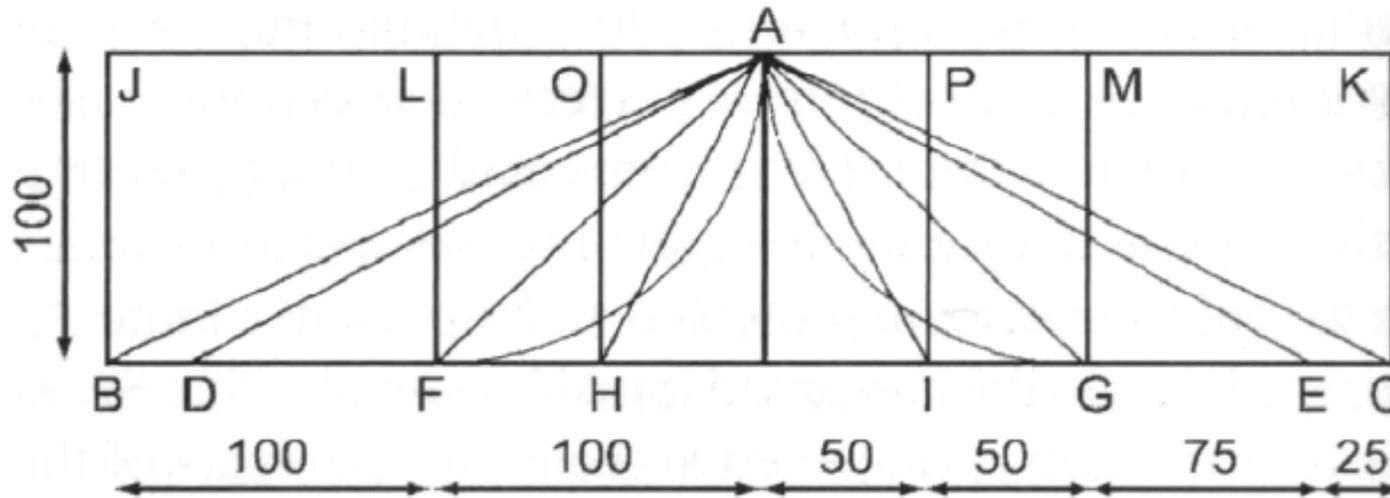
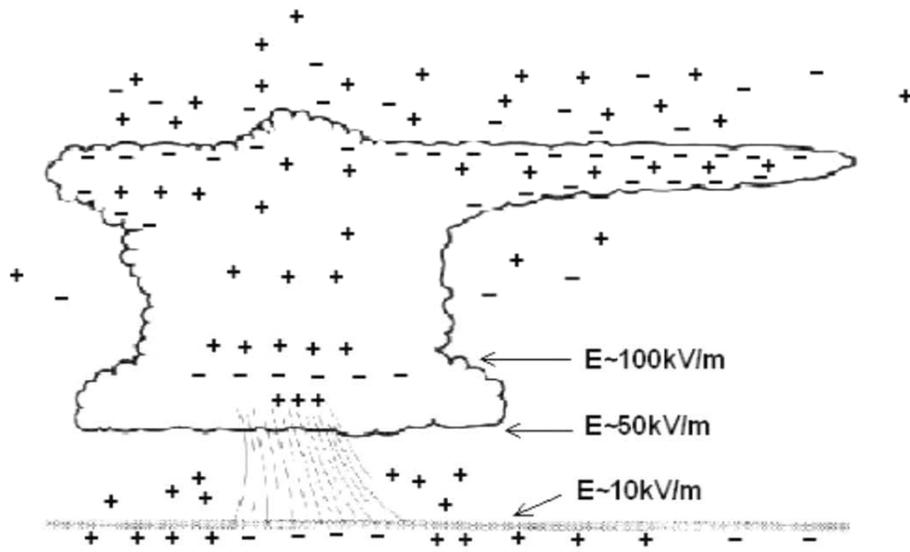
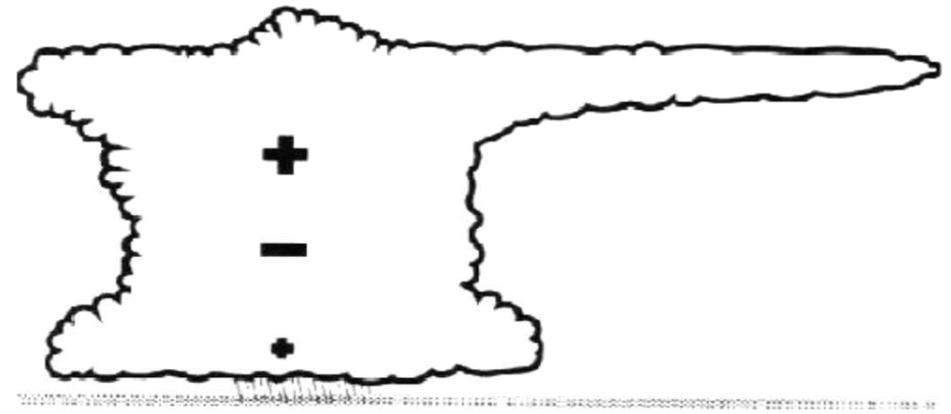


Fig. 18.3. Zones of protection of a vertical lightning rod. JBCK, cylinder, Gay Lussac (1823); BAC, cone, DeFonville (1874); DAE, cone, Paris Commission (1875); LFGM, cylinder, Chapman (1875); FAG, cone, Adams (1881); OHIP, cylinder, hypothesis, and FAG, special cone, Preece (1880); HAI, cone, Melsens. Adapted from Lodge (1892) and Golde (1977b).

# Carga en una nube

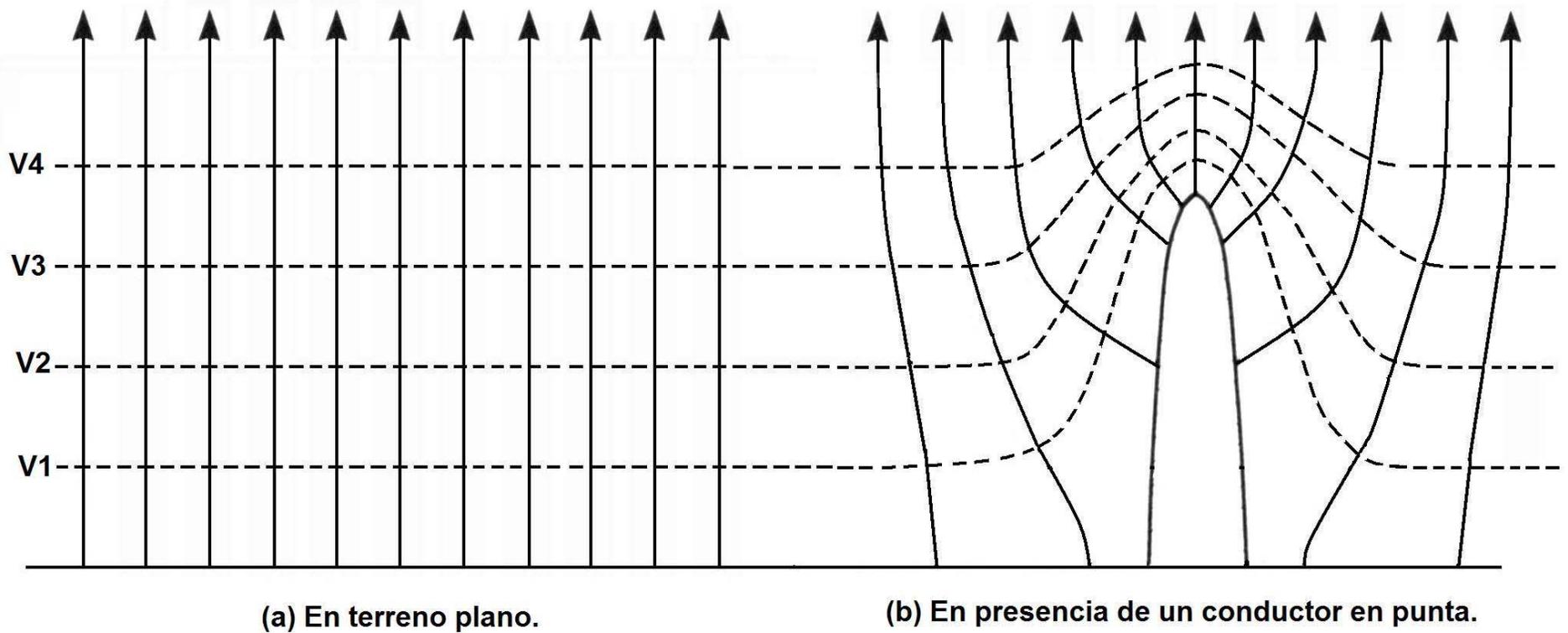


a) Carga eléctrica en una nube.

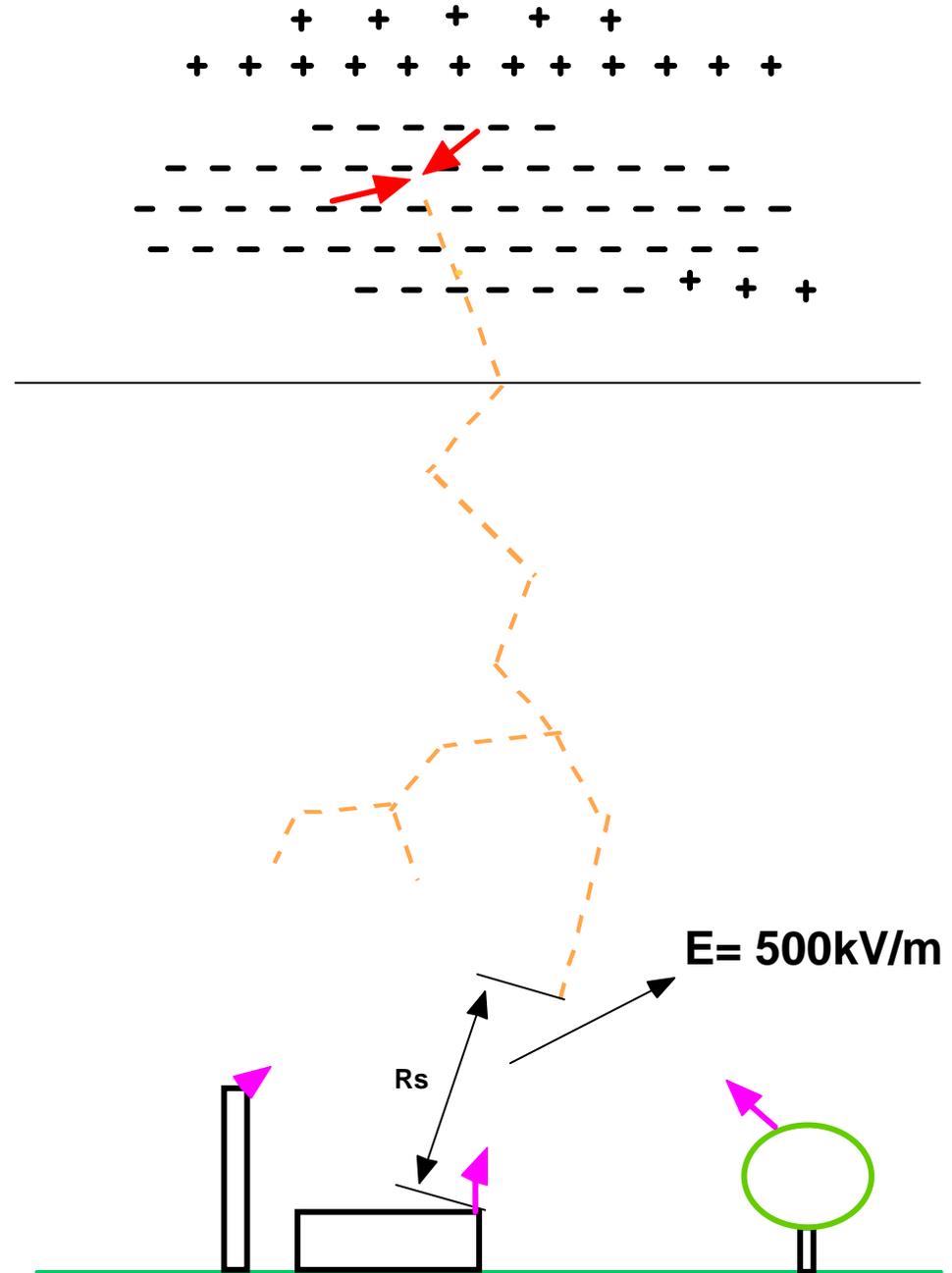


b) Modelo de estructura de carga de una nube.

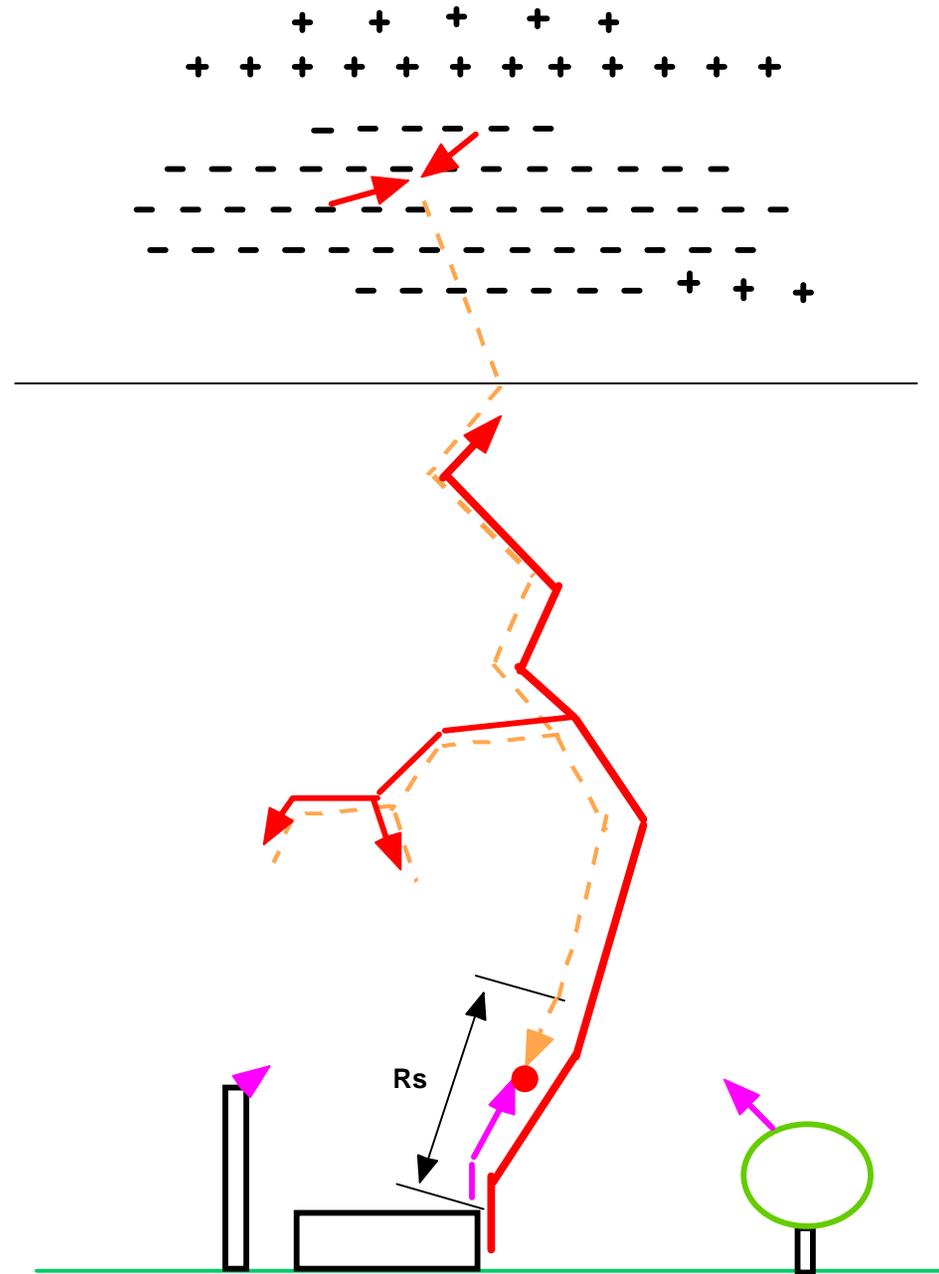
# Efecto de la nube en tierra



# La descarga atmosférica: Estructura y Evolución (1)



# La descarga atmosférica: Estructura y Evolución (2)



Fuente: Briozzo, Simon - Pararrayos No Convencionales

# Distancia de Impacto (1)

- Definición
- Fórmula CEI

$$R_s = 10 \times I^{0.65}$$

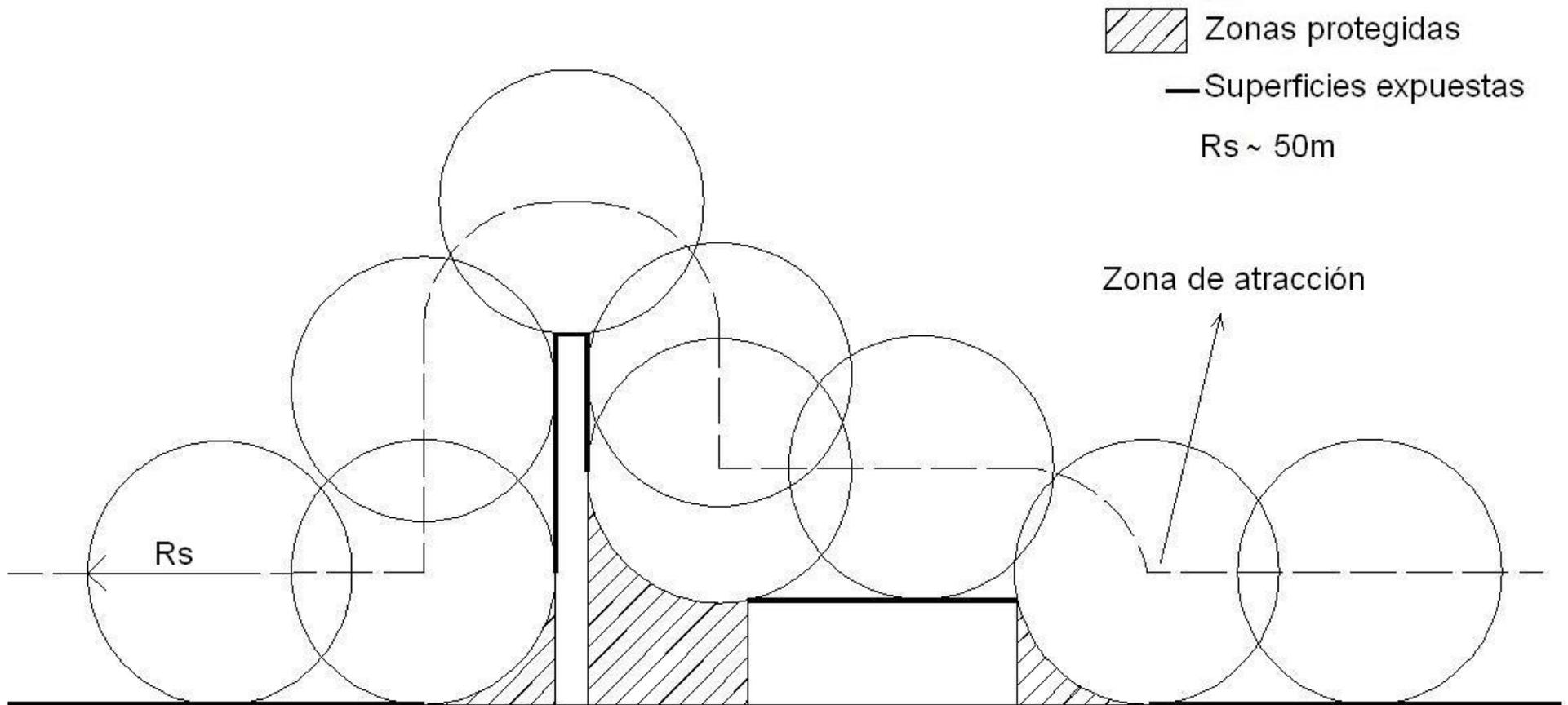
$R_s$ : Distancia de impacto, en metros

$I$ : Corriente máxima de la descarga de retorno, en kA.

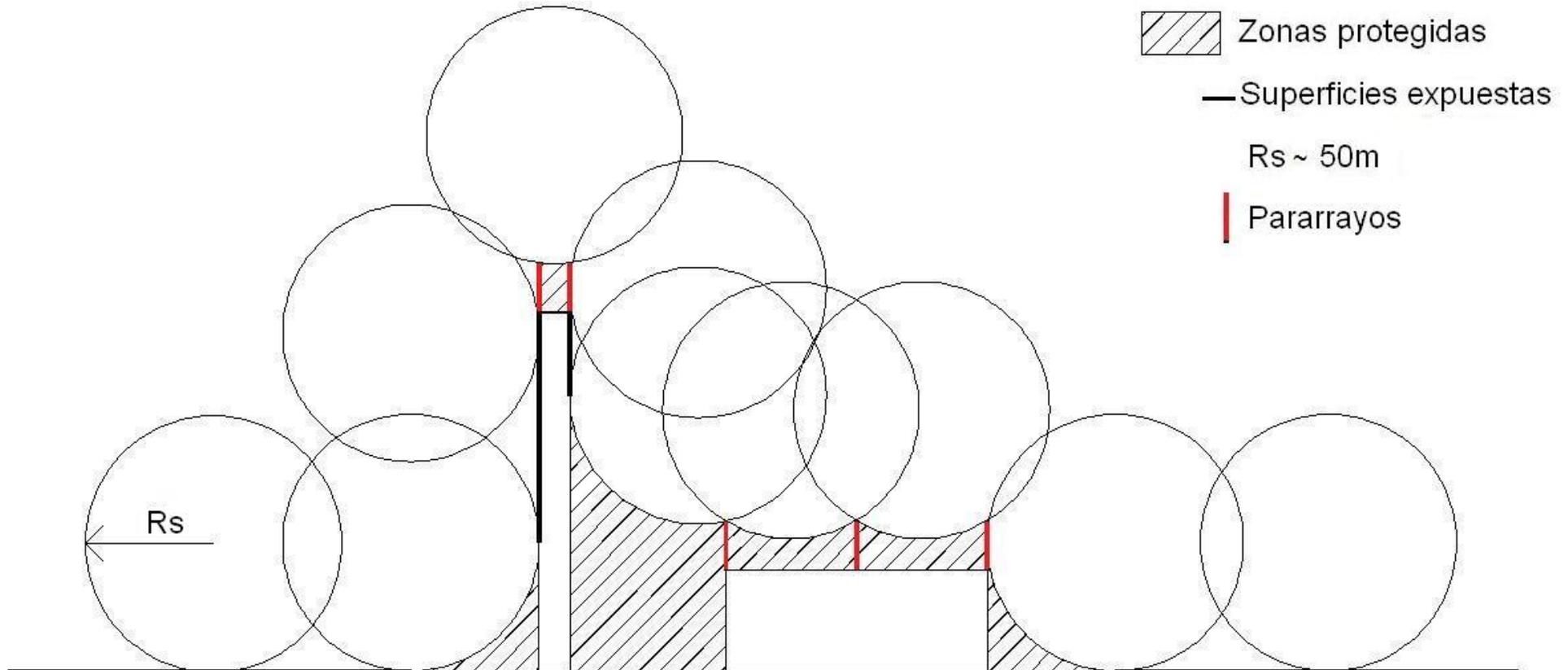
## **Distancia de Impacto (2)**

- **Parámetro de diseño de la protección convencional.**
- **Base del método de la “esfera rodante”**

# Determinación de las zonas expuestas



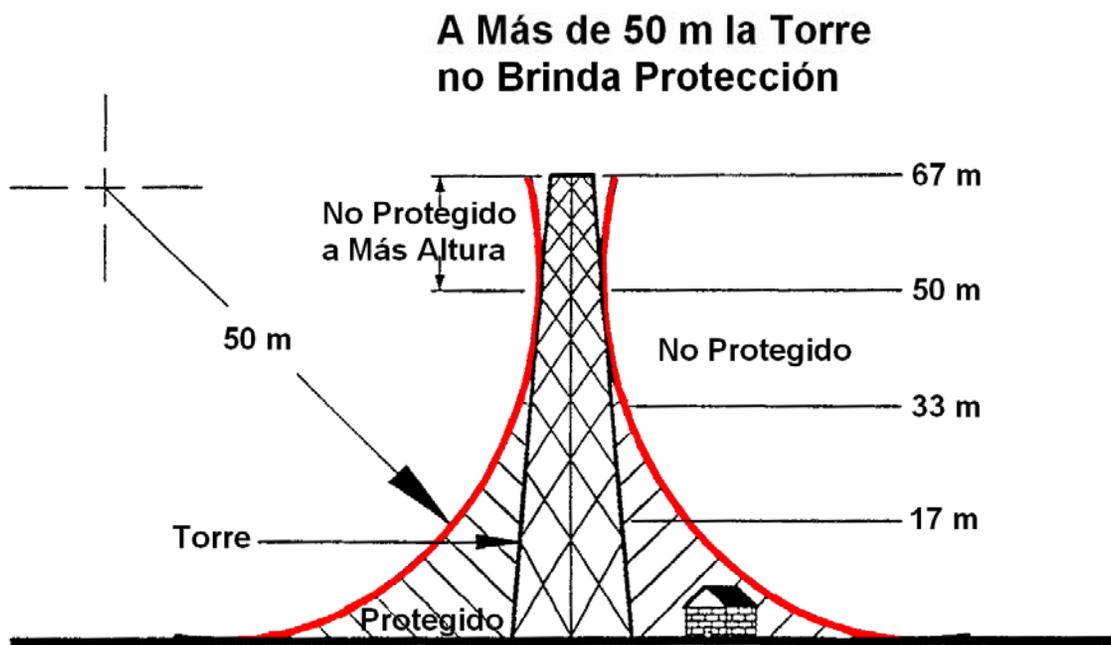
# Protección mediante pararrayos convencionales



# Nivel de protección

<b>Nivel de Protección</b>	<b>Dist. Impacto/ Radio Esfera (m)</b>	<b>Corriente de pico Norma CEI (kA)</b>	<b>Tamaño de la malla para sup. planas (m)</b>	<b>Probabilidad de intercepción del rayo (%)</b>
<b>I</b>	<b>20</b>	<b>2,9</b>	<b>5 x 5</b>	<b>99</b>
<b>II</b>	<b>30</b>	<b>5,4</b>	<b>10 x 10</b>	<b>97</b>
<b>III</b>	<b>45</b>	<b>10,1</b>	<b>15 x 15</b>	<b>91</b>
<b>IV</b>	<b>60</b>	<b>15,7</b>	<b>20 x 20</b>	<b>84</b>

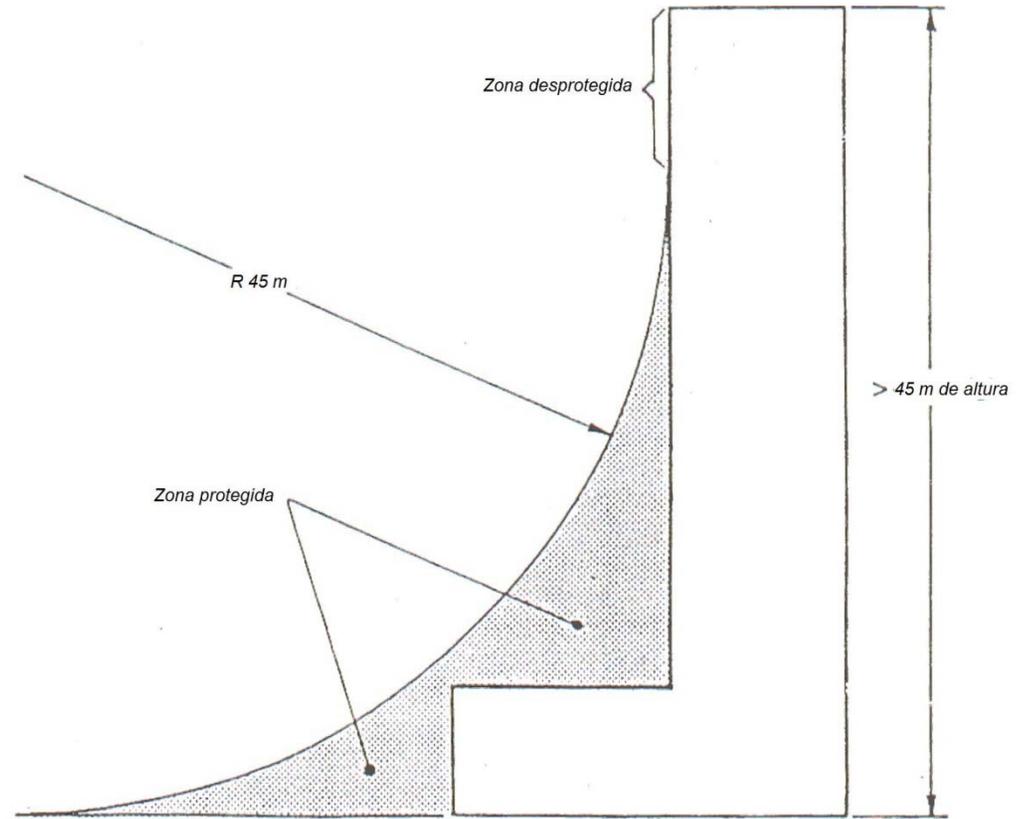
# Distancia de impacto y esfera rodante (1)



**Pararrayos Montados Lateralmente Protegen las Antenas Laterales**

# Distancia de impacto y esfera rodante (2)

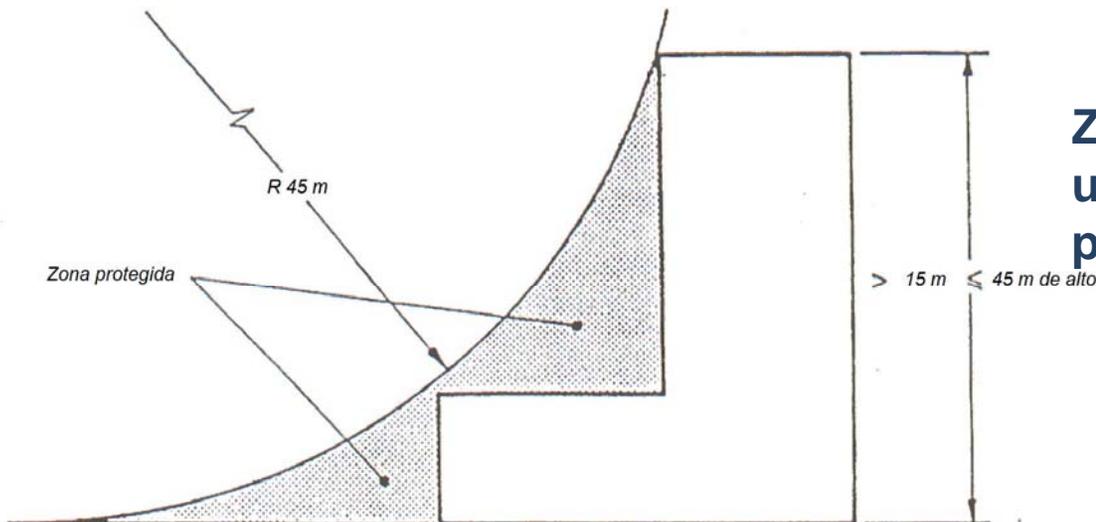
Altura y espaciamento de los terminales aéreos utilizados para proteger un techo plano		
Altura del terminal aéreo (metros)	Distancia horizontal protegida (metros)	Espaciamento máximo entre terminales (metros)
0,5	6,7	9,5
1,0	9,4	13,3
2,0	13,3	18,8
4,0	18,5	26,2
8,0	25,6	36,2



(b) Estructuras de más de 45 m de altura

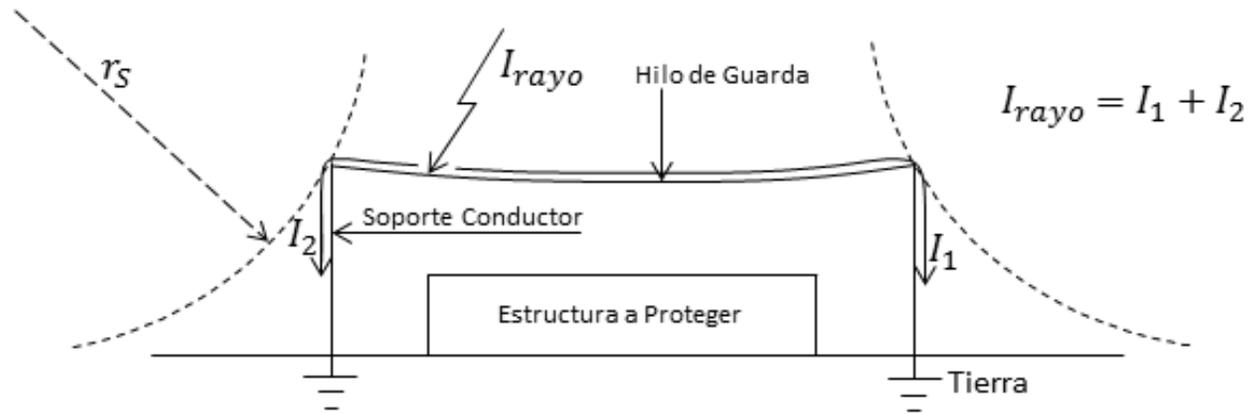
**Zonas protegidas naturales en una estructura con techo a proteger con captores.**

**Norma AS 1768-1991/NZI/AS**

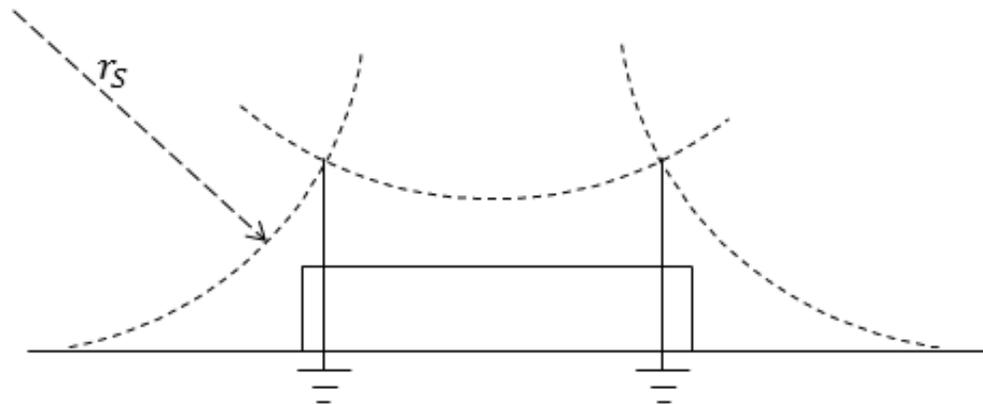


(a) Estructuras de hasta 45 metros de alto

# Hilo de guardia (1)

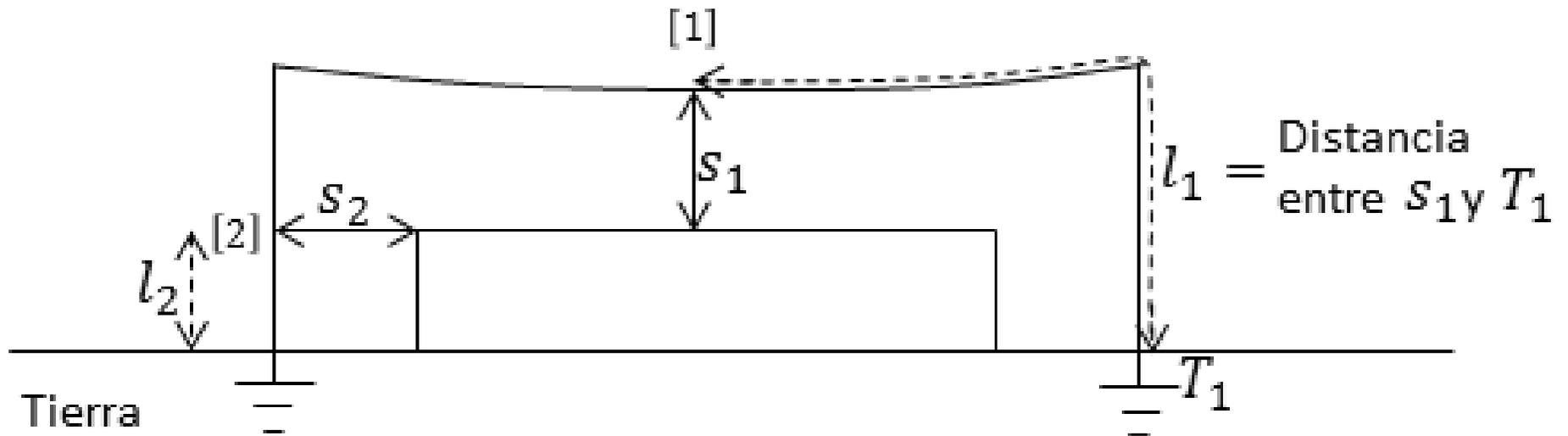


a) Lateral

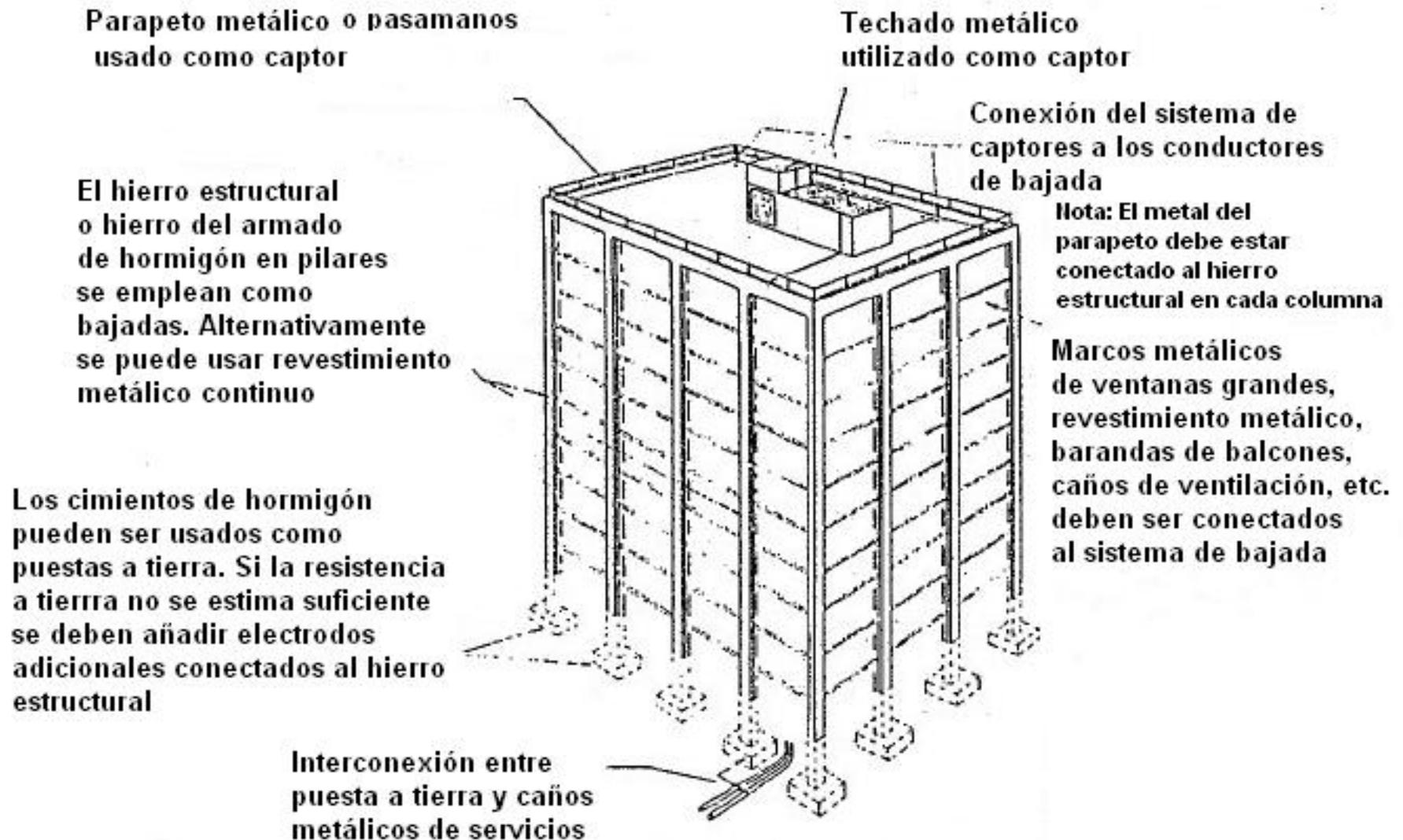


b) Frontal

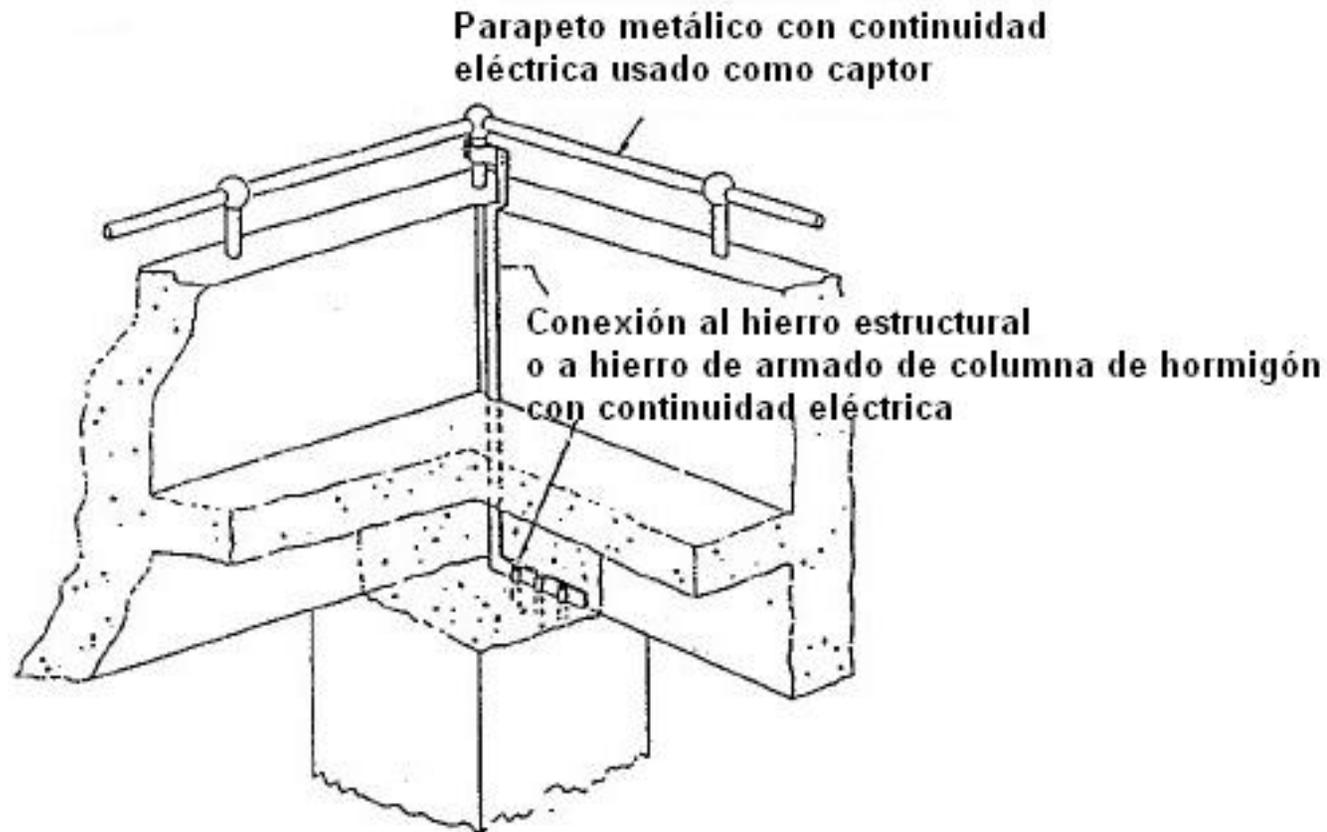
## Hilo de guardia (2)



# Sistema de protección típico usando metal en y sobre una estructura (1)



# Sistema de protección típico usando metal en y sobre una estructura (2)



Ejemplo de parapeto o baranda de metal usada como captor o pararrayos en edificios de hormigón armado

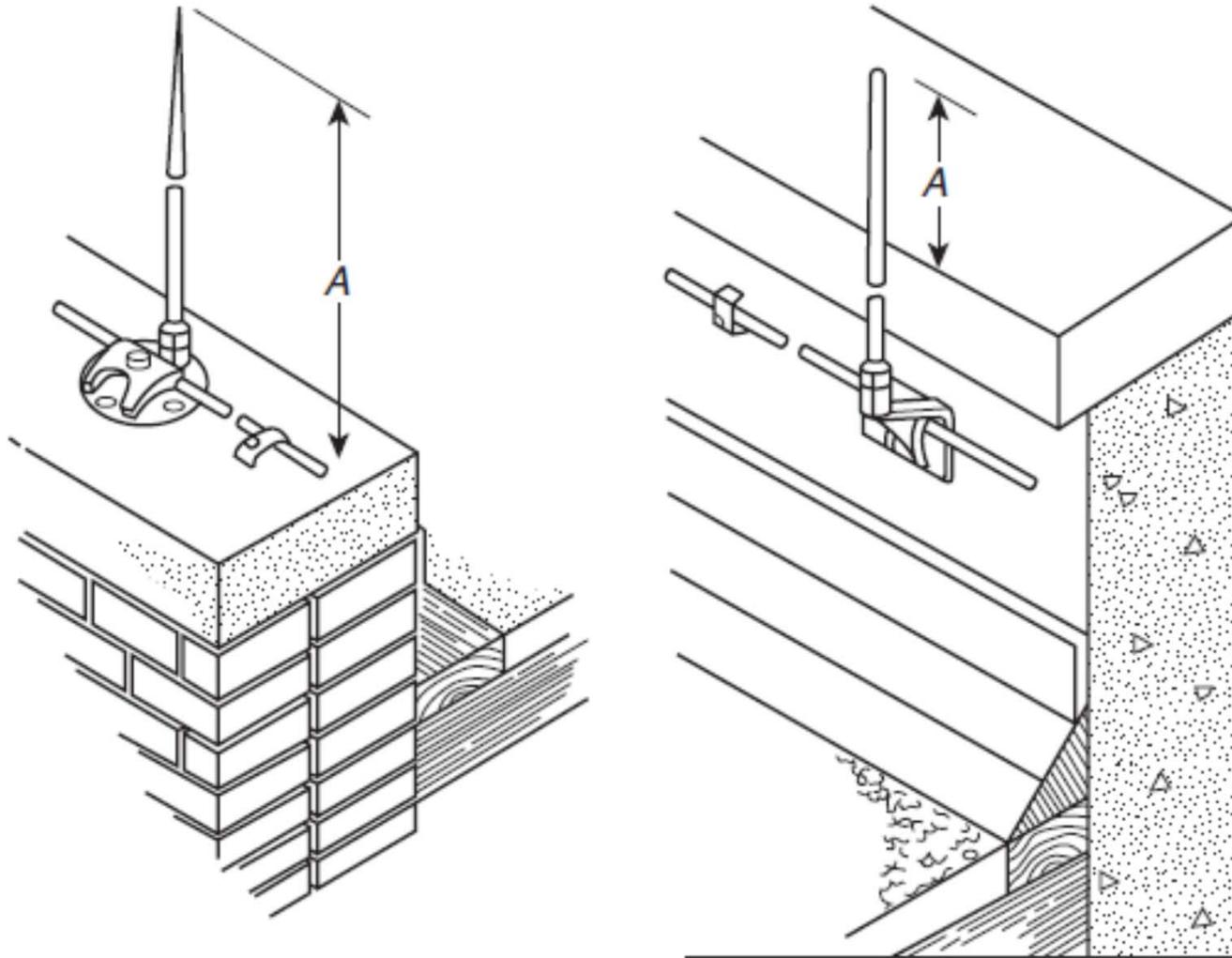
# Espesores recomendados de metales para impacto directo (Norma IEC 62305 -3)

Class of LPS	Material	Thickness <sup>a</sup> <i>t</i> mm	Thickness <sup>b</sup> <i>t'</i> mm
I to IV	Lead	–	2,0
	Steel (stainless, galvanized)	4	0,5
	Titanium	4	0,5
	Copper	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	–	0,7
<sup>a</sup> <i>t</i> prevents puncture. <sup>b</sup> <i>t'</i> only for metal sheets if it is not important to prevent puncture, hot spot or ignition problems.			

Donde no es admisible la perforación del material

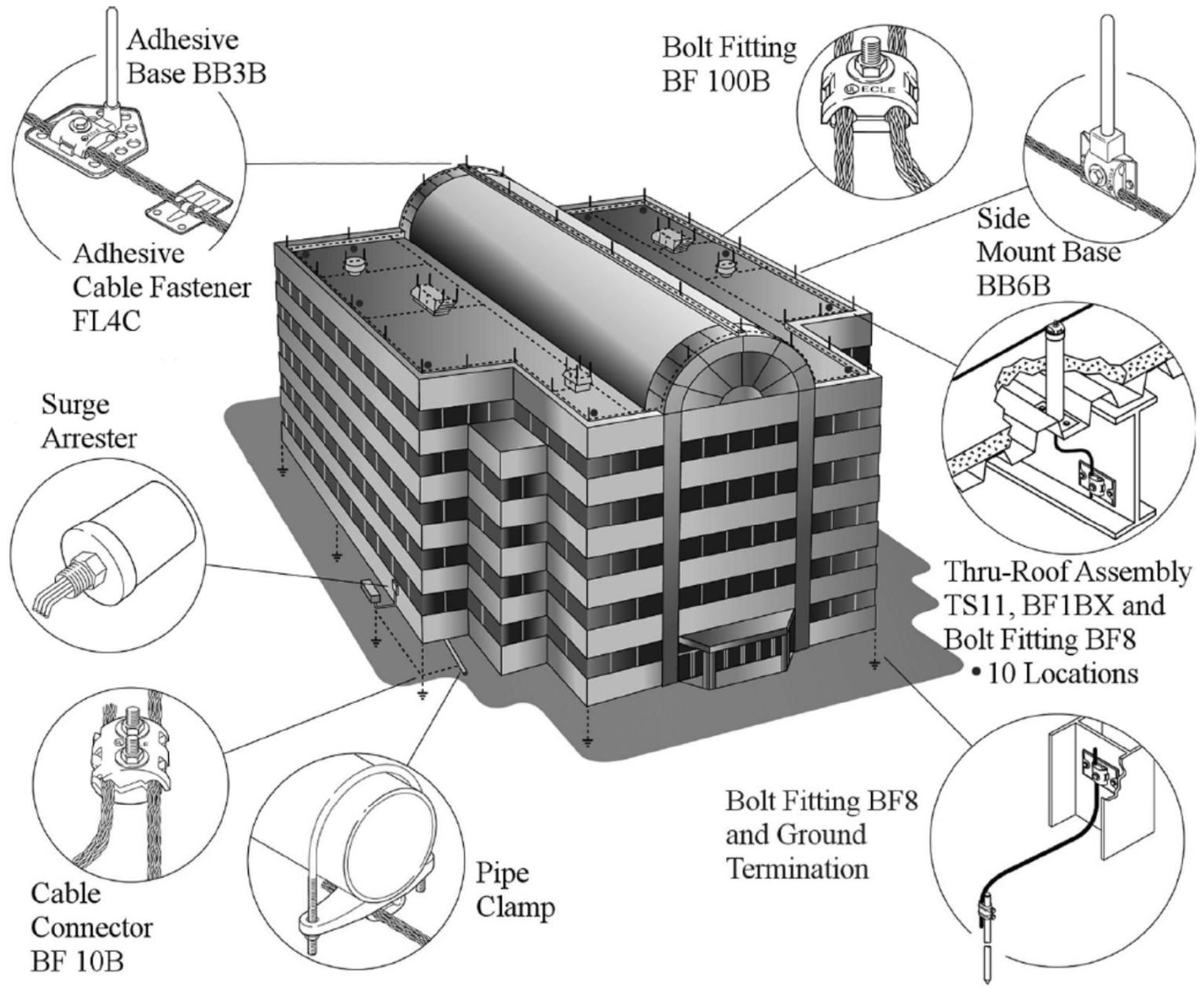
Material	Espesor mm
Acero	4
Cobre	5
Aluminio	7

# Captorese verticales segun la norma NFPA780



A: 254 mm (10 in.)

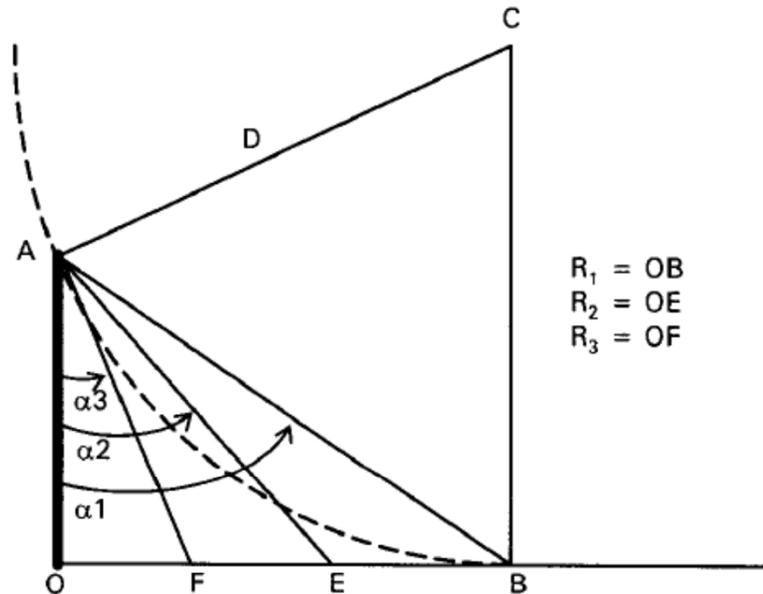
Note: Air terminal tip configurations can be sharp or blunt.



**Fig. 3.5** Lightning protection of a commercial structure. Courtesy of East Coast Lightning Equipment, Inc.

# Esfera rodante y ángulo o cono de protección.

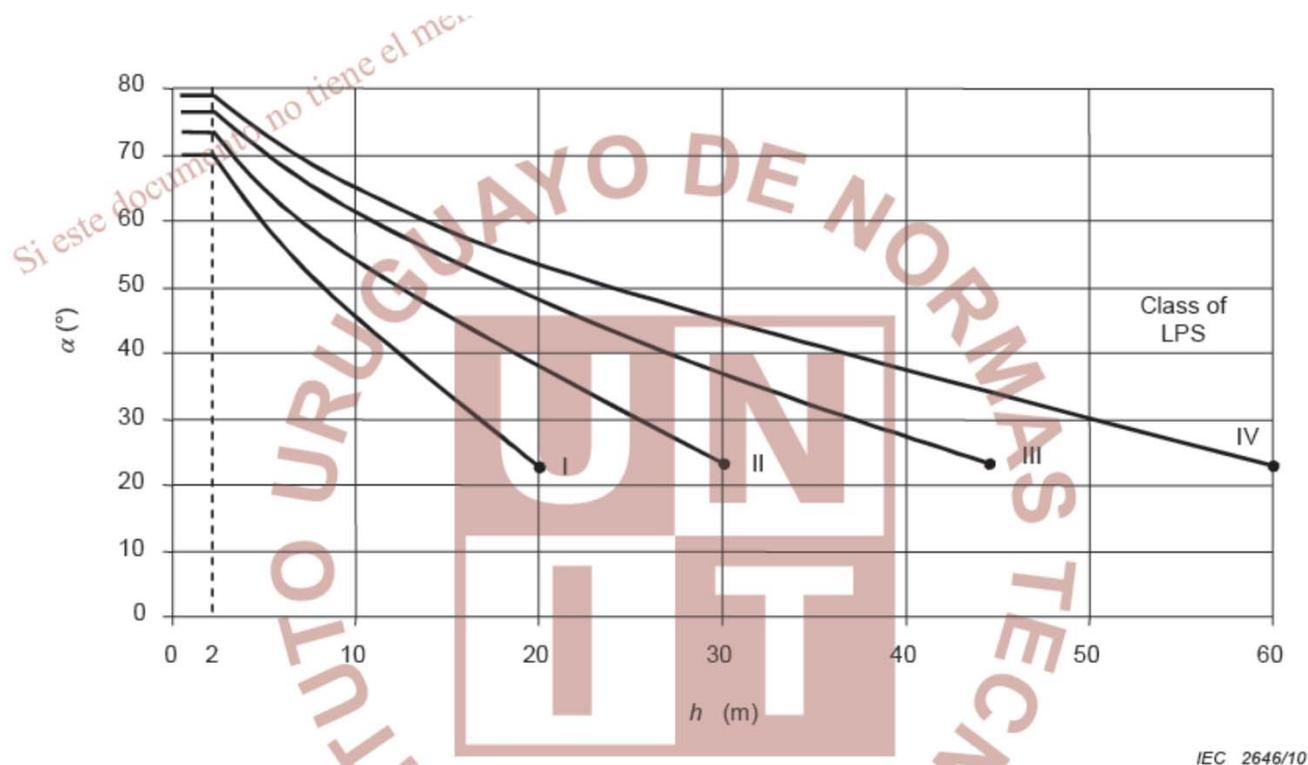
(norma mexicana NMX-J-549-ANCE-2005-A)



## Descripción

- $\alpha 1$ : Ángulo optimista.
- $\alpha 2$ : Ángulo de áreas equivalentes.
- $\alpha 3$ : Ángulo conservador.
- R1: Distancia OB.
- R2: Distancia OE.
- R3: Distancia OF.

# Ángulo de protección en función de la altura para distintos niveles de protección (IEC 62305 -3).



NOTE 1 Not applicable beyond the values marked with •. Only rolling sphere and mesh methods apply in these cases.

NOTE 2  $h$  is the height of air-termination above the reference plane of the area to be protected.

NOTE 3 The angle will not change for values of  $h$  below 2 m.

# Protección con malla

Espaciado hasta 6 metros: Los pararrayos verticales pueden ser omitidos. Con pararrayos verticales de 570 milímetros usar espaciado máximo 10 metros. Con pararrayos verticales de 2.3 metros usar 20 metros de espaciado máximo.

## Protección de techo con captores horizontales:

Las áreas sombreadas indican las partes del edificio que requieren protección (tocadas por la esfera rodante).

Los captores tienen máxima importancia en bordes expuestos del techo y esquinas del edificio.

Conductores verticales que funcionan como captores y bajadas.

Bajadas. Espaciado máximo: 30 metros.

Puntos de inspección

Bajada

Electrodo de puesta a tierra

Puesta a tierra

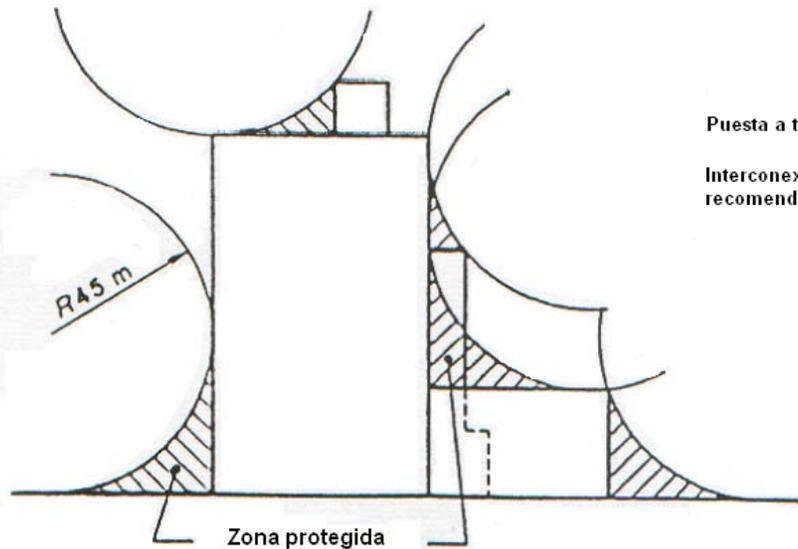
Interconexión entre puestas a tierra recomendada

Captos horizontales.

A otros conductores de bajada.

Bajada adicional.

Electrodos de tierra adicionales hasta llegar a por lo menos 10 ohms de resistencia.



Vista lateral mostrando las zonas protegidas según el criterio de la esfera rodante.

# Impacto lateral en una torre de TV con aisladores en las riostras



Fig. 4.32. Photograph of a lightning strike to a TV tower guy wire showing an abrupt change in channel shape near the attachment point. Taken from Krider and Alejandro (1983).

# Materiales: Uso

Material	Use			Corrosion		
	In open air	In earth	In concrete	Resistance	Increased by	May be destroyed by galvanic coupling with
Copper	Solid Stranded	Solid Stranded As coating	Solid Stranded As coating	Good in many environments	Sulphur compounds  Organic materials	-
Hot galvanized steel <sup>c, d, e</sup>	Solid Stranded <sup>b</sup>	Solid	Solid Stranded <sup>b</sup>	Acceptable in air, in concrete and in benign soil	High chlorides content	Copper
Steel with electro-deposited copper	Solid	Solid	Solid	Good in many environments	Sulphur compounds	
Stainless steel	Solid Stranded	Solid Stranded	Solid Stranded	Good in many environments	High chlorides content	-
Aluminium	Solid Stranded	Unsuitable	Unsuitable	Good in atmospheres containing low concentrations of sulphur and chloride	Alkaline solutions	Copper
Lead <sup>f</sup>	Solid As coating	Solid As coating	Unsuitable	Good in atmosphere with high concentration of sulphates	Acid soils	Copper  Stainless steel
<p><sup>a</sup> This table gives general guidance only. In special circumstances more careful corrosion immunity considerations are required (see Annex E).</p> <p><sup>b</sup> Stranded conductors are more vulnerable to corrosion than solid conductors. Stranded conductors are also vulnerable where they enter or exit earth/concrete positions. This is the reason why stranded galvanized steel is not recommended in earth.</p> <p><sup>c</sup> Galvanized steel may be corroded in clay soil or moist soil.</p> <p><sup>d</sup> Galvanized steel in concrete should not extend into the soil due to possible corrosion of the steel just outside the concrete.</p> <p><sup>e</sup> Galvanized steel in contact with reinforcement steel in concrete should not be used in coastal areas where there may be salt in the ground water</p> <p><sup>f</sup> Use of lead in the earth is often banned or restricted due to environmental concerns.</p>						

# Materiales: Dimensiones

Table 6 – Material, configuration and minimum cross-sectional area of air-termination conductors, air-termination rods, earth lead-in rods and down-conductors<sup>a</sup>

Material	Configuration	Cross-sectional area mm <sup>2</sup>
Copper, Tin plated copper	Solid tape	50
	Solid round <sup>b</sup>	50
	Stranded <sup>b</sup>	50
	Solid round <sup>c</sup>	176
Aluminium	Solid tape	70
	Solid round	50
	Stranded	50
Aluminium alloy	Solid tape	50
	Solid round	50
	Stranded	50
	Solid round <sup>c</sup>	176
Copper coated aluminium alloy	Solid round	50
Hot dipped galvanized steel	Solid tape	50
	Solid round	50
	Stranded	50
	Solid round <sup>c</sup>	176
Copper coated steel	Solid round	50
	Solid tape	50
Stainless steel	Solid tape <sup>d</sup>	50
	Solid round <sup>d</sup>	50
	Stranded	70
	Solid round <sup>c</sup>	176
<p><sup>a</sup> Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series.</p> <p><sup>b</sup> 50 mm<sup>2</sup> (8 mm diameter) may be reduced to 25 mm<sup>2</sup> in certain applications where mechanical strength is not an essential requirement. Consideration should in this case, be given to reducing the spacing between the fasteners.</p> <p><sup>c</sup> Applicable for air-termination rods and earth lead-in rods. For air-termination rods where mechanical stress such as wind loading is not critical, a 9,5 mm diameter, 1 m long rod may be used.</p> <p><sup>d</sup> If thermal and mechanical considerations are important then these values should be increased to 75 mm<sup>2</sup>.</p>		

