



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
Instalaciones Eléctricas

TAREA N° 3

Alumno: Mugni, Juan Mauricio

Profesor: Cirbian, Sergio

2024

Índice

Consigna.....	3
Explicación.....	4
Resolución.....	6
Paso 1.....	6
Paso 2.....	8
Paso 3.....	10
Ilustraciones.....	12
Consideraciones.....	13

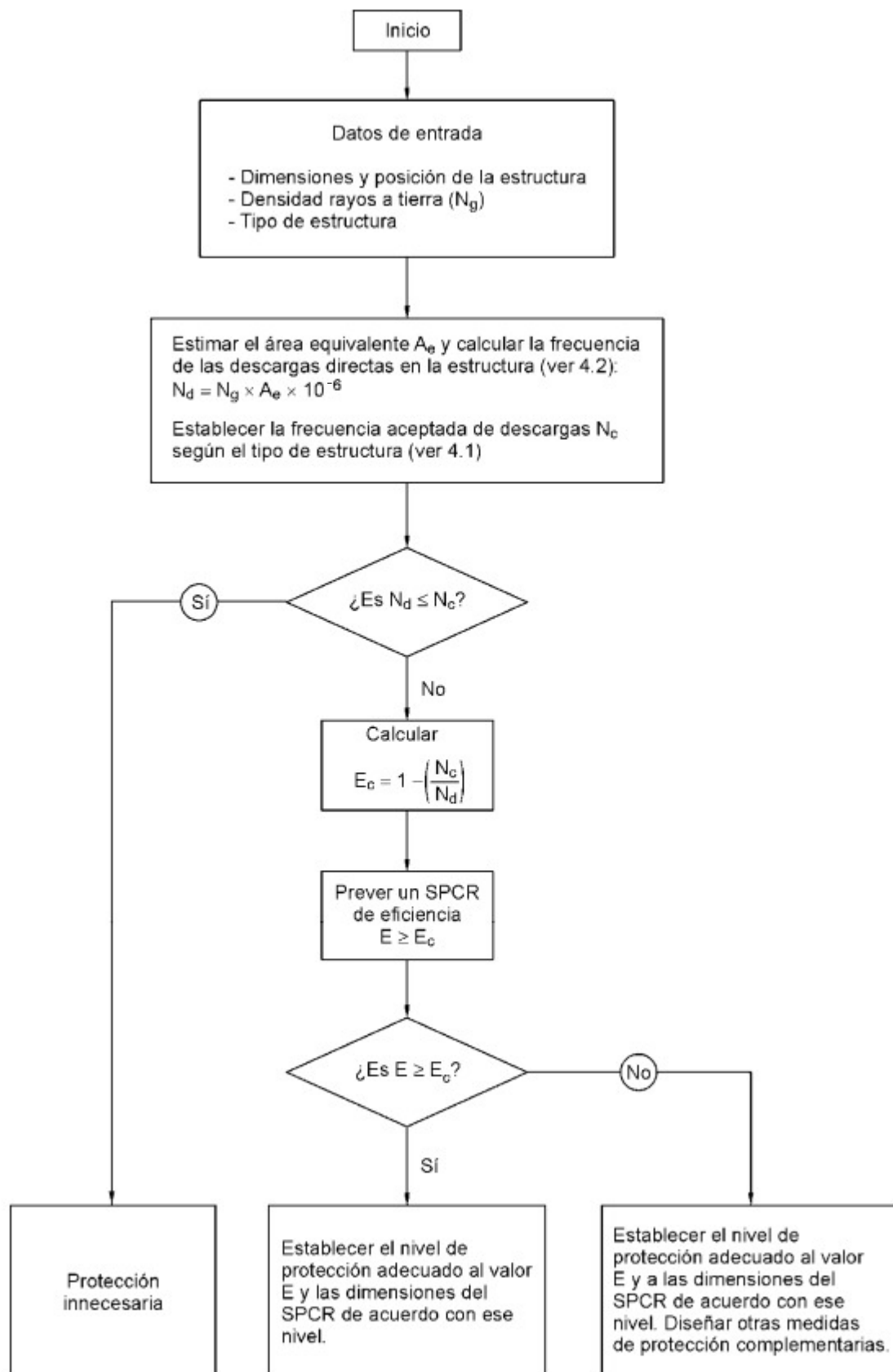
Consigna

El objetivo del presente trabajo es calcular la densidad cerámica, establecer la frecuencia aceptable de descargas, evaluar la eficiencia de la protección, determinar el nivel de protección, radio de la esfera del rayo, dimensiones de malla captora y ángulo de protección.

Se especifica la ubicación de la construcción a proteger, su área equivalente, el tipo de estructura, y otros factores para determinar la frecuencia aceptada de descargas sobre la estructura.

Explicación

Basándonos en la norma IRAM 2184-11 segunda edición 2016-09-01, el algoritmo para elegir un Sistema de Protección Contra Rayos (SPCR) es el siguiente:



Donde:

N_g : es la densidad ceráunica. Es el promedio de impactos de rayos en la tierra por año, en un área de un kilómetro cuadrado. Su unidad es $\frac{\text{descargas a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}}$

N_d : es la frecuencia esperada de descargas directas sobre la estructura. Se mide en $\frac{\text{descargas directas}}{\text{año}}$

N_c : es la frecuencia aceptada de descargas directas sobre la estructura. Se obtiene realizando un análisis de riesgo de los daños que pueden producirse. Se mide en $\frac{\text{descargas}}{\text{año}}$

A_e : es el área colectora equivalente a la estructura. Es el área sobre la superficie del suelo con la misma frecuencia anual de descargas directas que la estructura , se mide en m^2

E_c : es la eficiencia del sistema de protección contra rayos. Es la relación entre el número promedio anual de descargas directas que no pueden causar daño en una estructura y el número de descargas directas en esa estructura.

E : es la eficiencia del Sistema de Protección Contra Rayos.

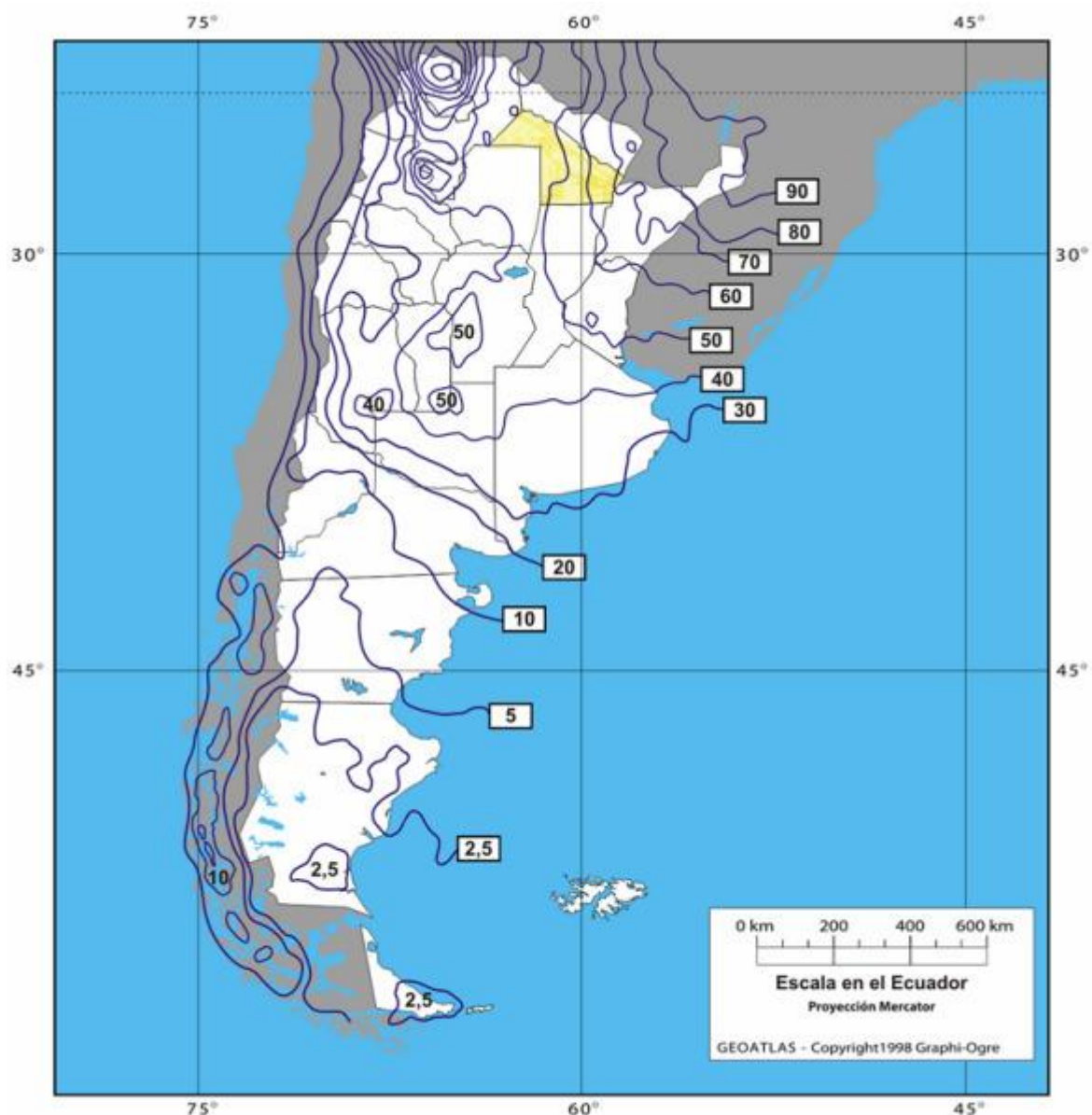
Resolución

Los datos asignados según el archivo Competencia DESCARGAS ATMOSFERICAS ATMOSFERICAS.pdf son:

Ubicación	Área Equivalente	Tipo de Estructura	N_d	N_c	C_2	C_3	C_4	C_5	C	E	Nivel de Protección	Radio de la Esfera	Malla	Ángulo
Chaco	1900	Distante a más de 3H de las otras	0.013	0.000275	Estructura común, techo común	De gran valor	Normalmente ocupado	Con consecuencia sobre el entorno	20	0.979	I	20	5x5	45°

Paso 1

Teniendo en cuenta el mapa de las curvas de niveles ceráunicos argentinos del período 2005/11 obtenido de la norma mencionada al comienzo:



Podemos ver que el nivel ceráunico para la provincia de Chaco es:

$$50 < T_d < 60 \left[\frac{\text{días con tormenta}}{\text{año}} \right]$$

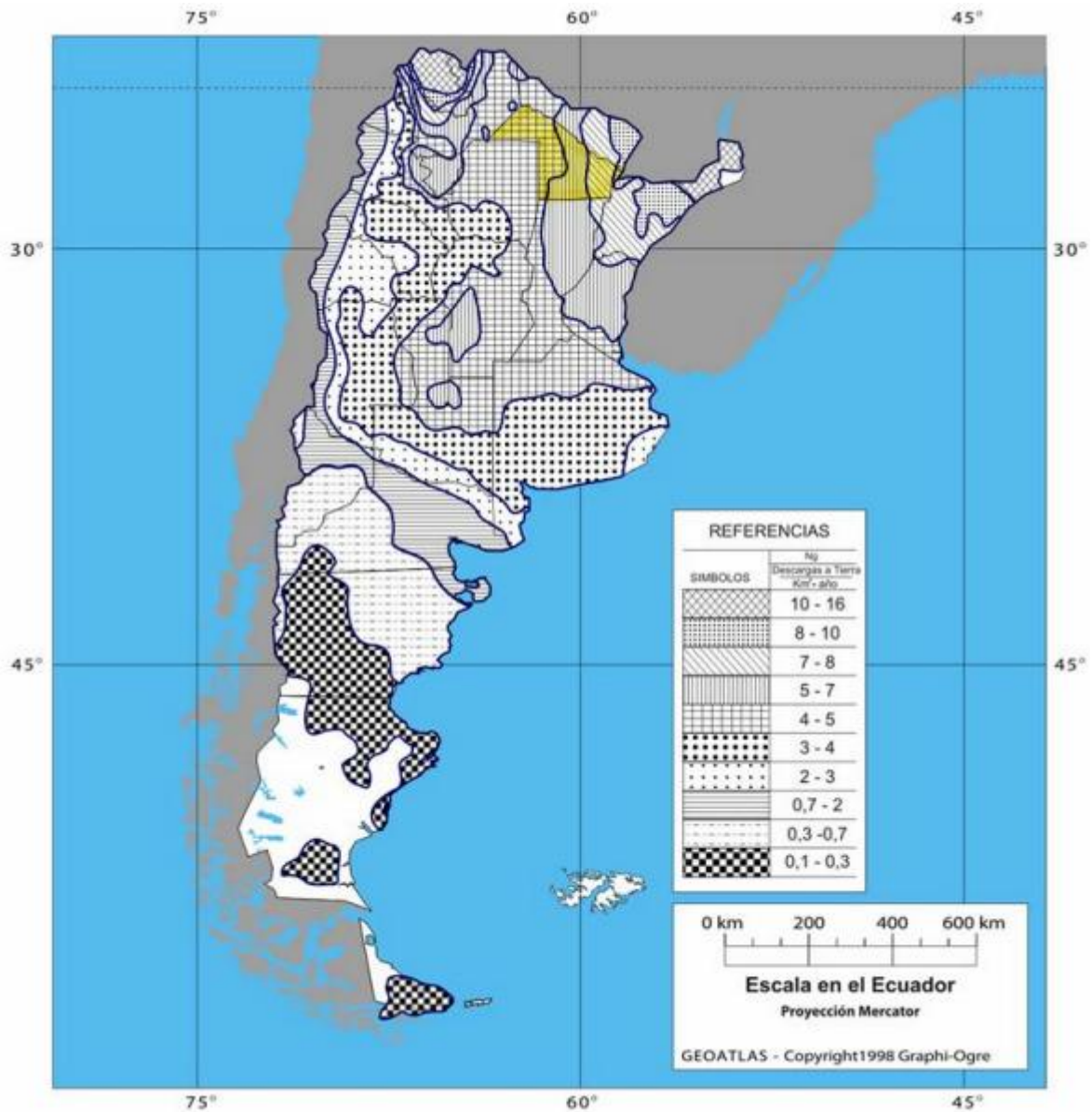
Consideramos el valor más grande, entonces:

$$T_d = 60 \left[\frac{\text{días con tormenta}}{\text{año}} \right]$$

Teniendo este valor podemos calcular de manera analítica la densidad cerámica.

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} = 6.68 \left[\frac{\text{descargas a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}} \right]$$

Este dato se puede verificar con el mapa de densidades cerámicas del período 2005/11 obtenido nuevamente de la norma mencionada al inicio:



y según el mapa de densidad cerámica podemos observar que Chaco presenta la siguiente densidad cerámica:

$$4 < N_g < 7 \left[\frac{\text{descargas a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}} \right]$$

Se considera un valor de $7 \left[\frac{\text{descargas a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}} \right]$ para mayor seguridad. Además, es próximo al valor calculado analíticamente.

Entonces:

$$N_g = 7 \left[\frac{\text{descargas a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}} \right]$$

Paso 2

Se calcula la frecuencia anual promedio esperada de descargas directas a una estructura, N_d , se aplica la siguiente fórmula:

$$N_d = C_1 \cdot N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{descargas directas}}{\text{año}} \right]$$

siendo:

C_1 : el coeficiente ambiental que rodea a la estructura considerada.

Se debe tener en cuenta que A_e en el caso de las estructuras aisladas, es el área encerrada por una línea límite obtenida a partir de la intersección entre la superficie del suelo y una línea recta con una inclinación de 1:3 que va de las partes superiores de la estructura (y las toca allí) y gira alrededor de ella.

Se procede a establecer un valor para C_1 , teniendo en cuenta la siguiente tabla y los datos del ejercicio:

Situación relativa de la estructura de altura H	Coeficiente C_1
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de igual o mayor altura que la de la estructura considerada (H)	0,25
Estructura rodeada de otras estructuras más pequeñas (alturas < H)	0,5
Estructura aislada: no hay otras estructuras a distancias menores que 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o sobre un promontorio	2

Entonces:

$$C_1 = 1$$

Se aclara que cuando el área colectora equivalente A_e de una estructura, cubre completamente a la otra estructura, no se tiene en cuenta esta última. Y que cuando las áreas colectoras de varias estructuras se recubren o superponen, el área colectora común que les corresponde, se considera como una sola área colectora.

Reemplazamos en la fórmula y nos queda:

$$N_d = C_1 \cdot N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 7 \cdot 1900 \cdot 10^{-6} = 13,3 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{descargas directas}}{\text{año}} \right]$$

A continuación, se estiman los valores de N_c a través del análisis del riesgo de daños teniendo en cuenta criterios como: tipo de construcción de la estructura, contenido en la estructura, ocupación, consecuencias sobre el terreno.

Siendo $C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5$ la frecuencia N_c se calcula con la fórmula siguiente:

$$N_c = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C} \left[\frac{\text{descargas}}{\text{año}} \right]$$

Por la siguiente tabla y el dato obtengo el valor de C_2 :

		Techado o tejado		
		Metálica	Común	Inflamable
Estructura	Metálica	0,5	1	2
	Común	1	1	2,5
	Inflamable	2	2,5	3

Entonces:

$$C_2 = 1$$

Por la siguiente tabla y el dato obtengo el valor de C_3 :

Contenido de la estructura	Coefficiente C_3
Sin valor o no inflamable	0,5
De valor común o normalmente inflamable	1
De gran valor o particularmente inflamable	2
De valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	3

Entonces:

$$C_3 = 2$$

Por la siguiente tabla y el dato obtengo el valor de C_4 :

Ocupación de la estructura	Coefficiente C_4
No ocupada	0,5
Normalmente ocupada	1
De evacuación difícil o con riesgo de pánico	3

Entonces:

$$C_4 = 1$$

Por la siguiente tabla y el dato obtengo el valor de C_5 :

Consecuencias de un impacto de rayo	Coefficiente C_5
Sin necesidad de continuidad en el servicio y con alguna consecuencia sobre el entorno	1
Con necesidad de continuidad en el servicio y con algunas consecuencias para el entorno	5
Con varias consecuencias para el entorno	10

Entonces:

$$C_5 = 10$$

Por lo tanto:

$$C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10 = 20$$

Y N_c (frecuencia de descargas aceptada sobre la estructura) es:

$$N_c = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{20} = 276 \times 10^{-6} \left[\frac{\text{descargas}}{\text{año}} \right]$$

Se debe comparar el valor de la frecuencia aceptada de descargas (N_c) con el valor de la frecuencia esperada de descargas directas sobre la estructura (N_d).

Dicha comparación permite tomar una decisión respecto de si es necesario instalar un Sistema de Protección Contra Rayos (SPCR).

Si $N_d \leq N_c$, no será necesario un SPCR.

Si $N_d > N_c$ se debe prever un SPCR.

En este caso:

$$N_d > N_c$$

$$13,3 \times 10^{-3} > 276 \times 10^{-6}$$

Entonces debemos instalar un SPCR, cuya eficiencia debe ser:

$$E_c \geq 1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right)$$

$$E_c \geq 1 - \left(\frac{276 \times 10^{-6}}{13,3 \times 10^{-3}} \right)$$

$$E_c \geq 0,979$$

Por la siguiente tabla podemos obtener el nivel de protección adecuado:

NPR	Eficiencia E del SPCR
I + Medidas complementarias (*)	0,98 < E < 1,00
I	0,95 < E ≤ 0,98
II	0,90 < E ≤ 0,95
III	0,80 < E ≤ 0,90
IV	0,00 < E ≤ 0,80
(*) Ver IRAM 2184-4 / AEA 92305-4.	
NOTA 1. Esta tabla está adaptada de la tabla 1 de la norma NF C 17-100 (1997:12).	
NOTA 2. Si bien la norma NF C 17-100 ha sido superada, la información incluida en esta tabla sigue teniendo vigencia.	

Se observa que necesitamos un nivel de protección de tipo I.

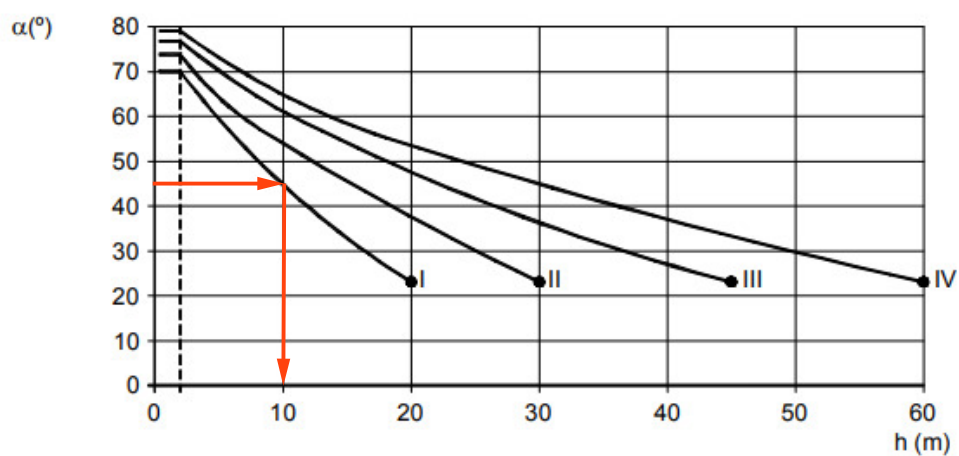
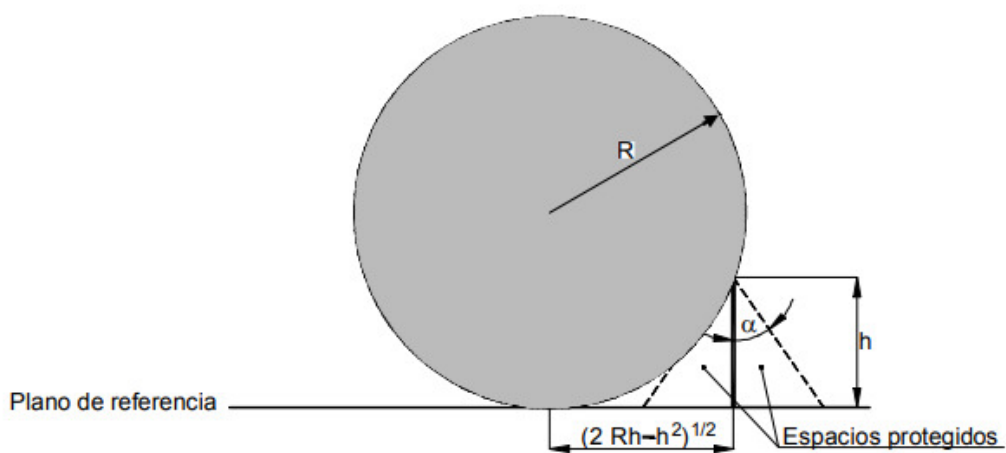
Paso 3

Para el diseño de un Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas, o como se lo nombro anteriormente (SPCR), se tienen tres métodos:

1. Método de la esfera rodante
2. Método de mallas captoras
3. Método del ángulo de protección

A partir de la tabla siguiente; teniendo el nivel de protección podemos saber que radio de esfera usar para aplicar el primer método, las dimensiones de las mallas para aplicar el segundo método y los valores de α para aplicar el tercer método.

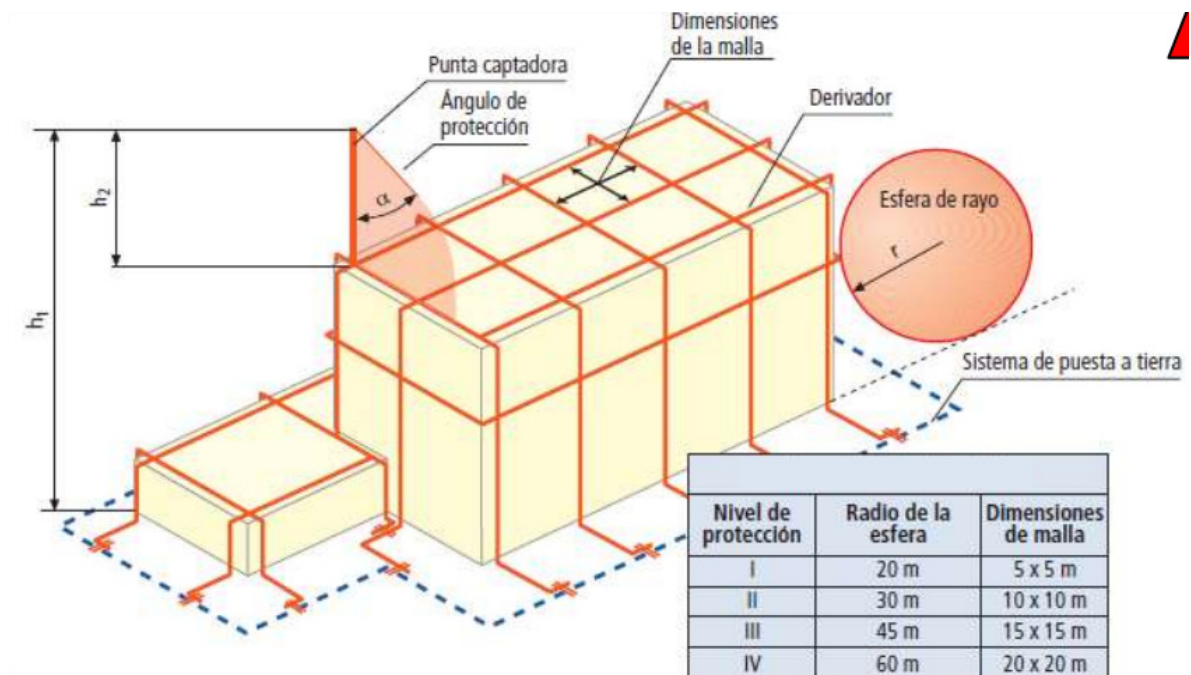
Nivel de protección	Métodos de protección		
	De la esfera rodante Radio R [m]	De las mallas Dimensiones máximas [m x m]	Del ángulo α de protección Valores de α (°)
I	20	5 x 5	Ver la figura y el gráfico debajo de esta tabla
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	



El radio de la esfera será de $20[m]$, las dimensiones de las mallas será de $5 \times 5[m]$ y para el ángulo de protección se elige un valor de $45[^{\circ}]$ para lo cuál la punta captora debe tener $10[m]$.

Ilustraciones

Se presenta una ilustración para aclarar el concepto del método de la esfera rodante y el de las mallas captoras:



En el siguiente [enlace](#) se muestra el resultado de aplicar los métodos desarrollados, y la terminación de las estructuras con las protecciones correspondientes.

Es conveniente aclarar que se realizó un vídeo porque es más fácil la explicación, y entender lo que se hizo.

Consideraciones

El diseño del SPCR debe satisfacer los requisitos exigidos por la IRAM 2184-1 / AEA 92305-1 según el nivel de protección adecuado.

En caso de instalarse un SPCR de eficiencia $E < E_c$, es decir, se coloca un sistema de menor eficiencia que el calculado, se deben prever medidas de protección adicionales.