

MEMORIA

PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO:

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMATICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO, MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA



Director UZ: **D. Ángel Santillán Lázaro**
Director REE: **D. Francisco Javier Meléndez**
Realizado por: **Jorge Giró Ullate**

Noviembre 2010

INDICE

Contenido

INDICE.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MOTIVACIÓN	6
3. NORMATIVAS APLICABLES	8
4. INDICE DE RIESGO SEGÚN NORMA UNE EN 62305-2	9
4.1 Proceso a seguir.....	10
4.2 Definición de daños y pérdidas (según UNE EN 62305).....	13
4.3 Riesgo y componentes del riesgo.....	15
4.4 Composición de los componentes del riesgo en una estructura.....	18
5. CÁLCULOS DETALLADOS.....	19
5.1 Riesgo pérdida de vidas humanas (R1)	19
5.2 Riesgo de pérdida de servicio público (R2)	28
6. PROTECCIÓN EXTERNA	36
7. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN WEB.....	39
7.1 Botón datos generales	39
7.2 Botón zona parque.....	41
7.3 Botón zona control.....	41
7.4 Botón resultados.....	41
7.5 Botón variables	43
7.6 Botón gráficos.....	44
8. CONCLUSIONES	47
9. TRABAJO FUTURO	48

Anexos

A: Cálculo de radio de protección para dispositivos PDC

B: Método de la esfera rodante

C: Código HTML

D: Código Javascript

E: Código CSS

El presente trabajo se realiza como idea de Proyecto Final de Carrera durante mi estancia como becario en la empresa Red Eléctrica de España ([REE](#)) bajo la dirección del D. Francisco Javier Meléndez Pastor, jefe de departamento de mantenimiento de subestaciones eléctricas de la Demarcación Ebro.

Durante 6 meses estuve colaborando con la empresa (Ene-Jun 2010) realizando las siguientes actividades:

- Revisión y actualización de esquemas eléctricos de subestaciones.
- Estudio de sistemas de protección de subestaciones contra descargas atmosféricas.
- Inicio del PFC para desarrollo de una aplicación informática de diseño de protecciones contra rayos.
- Apoyos puntuales a tareas administrativas de mantenimiento de subestaciones.

Se trata de una aplicación informática que busca conocer, en caso de impacto de un rayo en la zona, si el nivel de riesgo que existe es admisible o si por el contrario se deben adoptar medidas de protección.

Se estudiarán dos tipos de riesgos:

- Riesgo de pérdida de vida humana
- Riesgo de pérdida de servicio público

En caso de que haya que tomar alguna medida de protección se ofrece la posibilidad de protegerla mediante pararrayos de tipo Franklin o PDC.

La aplicación muestra de forma gráfica distintas posiciones en las que se pueden fijar los pararrayos y el área que estos cubren en función del nivel de protección adoptado. También se ofrece un cálculo aproximado del presupuesto que esto conlleva en función del nº de pararrayos, tipo y modelo.

En la aplicación se utilizan varias técnicas de diseño de aplicaciones web, como son: HTML, Javascript y CSS.

Cuando traté el tema de elaborar mi proyecto con mi tutor de REE le propuse hacer una aplicación web porque se puede utilizar en cualquier sistema operativo y no requiere instalación.

En la actualidad, todavía no existe un estándar de los lenguajes web utilizados. Esto hace que un programa diseñado para un navegador puede no funcionar bien para otro navegador. El presente PFC se ha diseñado y probado en los siguientes navegadores: Firefox, Chrome y Safari.

Se puede acceder a la aplicación a través de: <http://euler.cps.unizar.es/Proyecto/ree.html> o abriendo el archivo ree.html de la carpeta Proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

Las tormentas eléctricas son fenómenos naturales que no pueden evitarse, los rayos impactan en las edificaciones, los servicios que entran a las mismas, y la tierra cercana a unos y otros. De todas las descargas atmosféricas aquellas que alcanzan las subestaciones y los tramos de línea próximos a las mismas son las más peligrosas, ya que las sobretensiones que originan no son amortiguadas por la longitud de la línea. En estos casos se pone en peligro la aparamenta instalada en la subestación. Además, la reparación de estas averías es de elevado coste y larga duración, lo que a su vez disminuye la calidad del servicio.

De aquí surge la necesidad de protegerse contra todos estos fenómenos.

La necesidad de la protección, la selección de las medidas de protección más adecuadas y los beneficios económicos de las medidas de protección adoptadas deben determinarse en función del análisis del riesgo.

Todo diseño que se haga de un sistema de protección contra el rayo debe estar basado en la evaluación del riesgo, el cual:

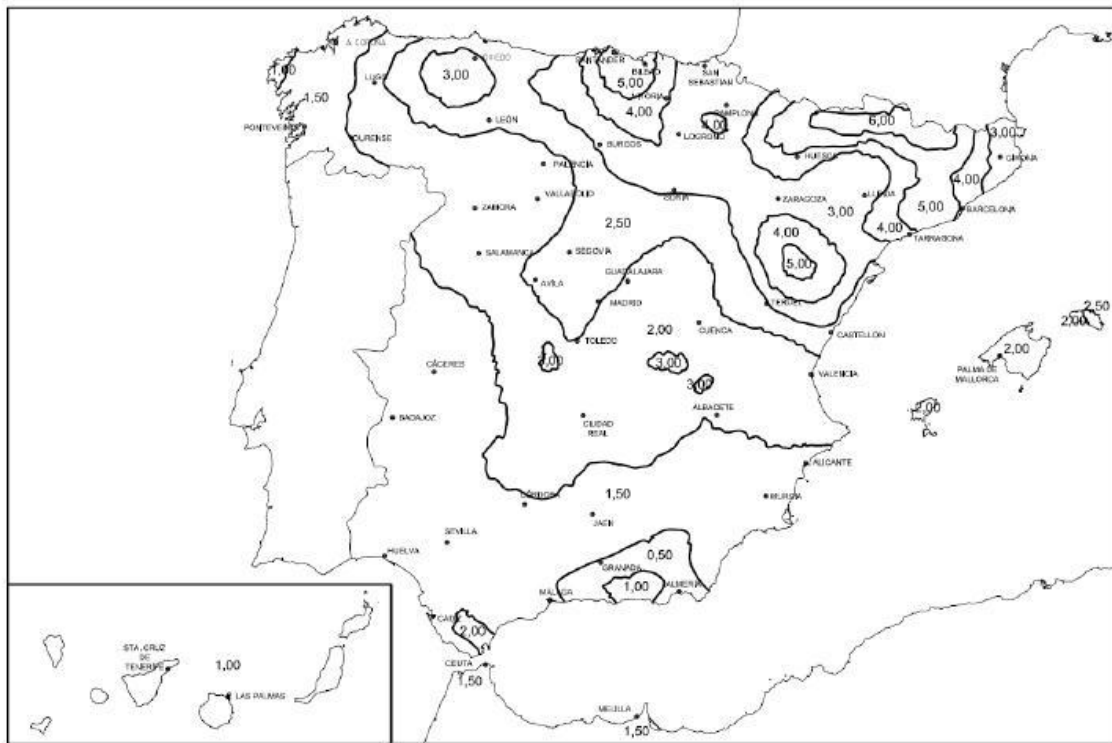
- Permite evaluar si es necesario protegerse.
- Si hay que protegerse, permite entonces conocer cuáles son las medidas de protección más adecuadas a la instalación o al servicio en cuestión.
- Permite evaluar los beneficios económicos de las medidas de protección seleccionadas, por comparación de los costos de las pérdidas económicas con o sin las medidas de protección adoptadas.

España no es un país en el que el *nivel isocerámico* ⁽¹⁾ sea muy elevado. Los niveles más elevados se pueden encontrar en la zona norte, en las cadenas montañosas y en la costa del noreste.

Para evaluar el número de descargas a tierra por km² y por año se observa un mapa de densidad de descargas como el mostrado en la *Figura 1*.

Estos datos no son muy precisos porque cada año su valor cambia y para hacer un estudio riguroso se debería consultar con alguna empresa dedicada a ello, como bien podría ser Fulgura.

⁽¹⁾ **Nivel isocerámico:** el nivel isocerámico de un lugar es el número promedio de días al cabo del año en los que hay tormenta. Se considera día con tormenta a aquel en el que al menos se oye un trueno.



Mapa de densidad de impactos sobre el terreno N_g

Figura 1

2. MOTIVACIÓN

Cobra vital importancia el realizar una evaluación del nivel de riesgo por descargas atmosféricas para determinar si cumple con un adecuado sistema de protección a las estructuras y a sus acometidas de servicios o si deben instalarse medidas de protección.

Se debe tener en cuenta que el impacto de un rayo en las estructuras puede dar lugar a:

- Daños en la estructura y su contenido.
- Fallos en los sistemas eléctricos y electrónicos asociados.
- Daños a los seres vivos situados en las estructuras o próximos a ellas.

Los efectos de los daños y de los fallos pueden extenderse y afectar a los alrededores de las estructuras o al medioambiente.

Si hablamos del impacto de un rayo en los servicios pueden dar lugar a:

- Daños en los propios servicios.
- Fallos en los equipos eléctricos y electrónicos asociados.

Las descargas atmosféricas que afectan a una estructura pueden dividirse en:

- Descargas directas en la estructura.
- Descargas en las proximidades de la estructura, directas en los servicios conectados (líneas de potencia, de telecomunicación u otros servicios) o en las proximidades de los servicios.

Las descargas atmosféricas que afectan a un servicio pueden dividirse en:

- Descargas directas en el servicio.
- Descargas en las proximidades del servicio o directas en la estructura conectada al servicio.

Las descargas en una estructura o en un servicio conectado a la estructura pueden producir daños físicos y riesgos para la vida. Las descargas en las proximidades de la estructura o de los servicios, así como las descargas sobre las estructuras o servicios pueden producir fallos en los sistemas eléctricos o electrónicos, por sobretensiones producidas por acoplamientos resistivos e inductivos entre los sistemas y la corriente del rayo.

El número de descargas que afectan a las estructuras y a los servicios depende de sus dimensiones, de sus características, de las características del medioambiente, así como de la densidad de descargas a tierra en la región en la que se encuentran las estructuras y los servicios.

La probabilidad de daños por rayo depende de las características de la corriente del rayo, de las estructuras y de los servicios, así como de la eficacia y del tipo de protección adoptado.

Los efectos del rayo sobre los servicios conectados que nos van a interesar en una subestación van a ser:

Líneas de potencia:

- Daños en los aisladores de las líneas de baja tensión
- Perforación del aislamiento de los cables de línea
- Fallo del aislamiento de los equipos de línea y de los transformadores, con la consiguiente pérdida de servicio

Líneas de telecomunicación:

- Daños mecánicos en la línea
- Fusión de las pantallas y de los conductores
- Ruptura del aislamiento del cable y del equipo produciendo una pérdida de servicio

El presente proyecto tiene como fin presentar la valoración del nivel de riesgo contra descargas atmosféricas pero la decisión de poner una protección contra el rayo puede tomarse sin tener en cuenta ninguna evaluación del riesgo, siempre que se considere que ningún riesgo es evitable.

3. NORMATIVAS APLICABLES

Según el REC (Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación), en su Instrucción Técnica complementaria ITC MIE RAT 15 INSTALACIONES ELECTRICAS DE EXTERIOR, cita lo siguiente:

2.10 Protección contra la descarga directa de rayos y sobretensiones inducidas por estos.

En general, las instalaciones situadas al exterior, en los parques a que se refiere el párrafo a) del Apartado 1 de esta instrucción, deberán estar protegidas contra los efectos de las posibles descargas de rayos directamente sobre las mismas o en sus proximidades. Para esta protección se podrán emplear conductores de tierra situados por encima de las instalaciones, o pararrayos debidamente distribuidos en función de sus características.

Para la protección de transformadores, reactancias y aparatos similares contra sobretensiones inducidas, se utilizarán descargadores o pararrayos autoválvulas, y se recomienda igualmente el empleo de estos dispositivos en las entradas de líneas.

Por lo tanto, en la subestación que protejamos se deberán instalar protecciones contra los posibles impactos directos de rayos sobre las estructuras existentes.

Normativas de sistemas Activos o Pasivos

En primer lugar hemos de diferenciar entre los sistemas de protección activos y pasivos para así aplicar en cada caso la Normativa que corresponda.

La Norma americana NFPA 780 (*Standard for the installation of the lightning protection systems*) es una Norma Nacional, que hace referencia únicamente a los sistemas pasivos.

Del mismo modo la Norma francesa NFC 17-102 (*Protection des structures et des zones ouvertes contre le foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage*) es una Norma Nacional, que hace referencia únicamente a los sistemas activos. Haremos referencia a ella a la hora de calcular los radios de protección en pararrayos PDC.

A nivel de Normas en lengua española tenemos dos, una para los sistemas activos y otra para los sistemas pasivos:

Para los sistemas activos:

- La Norma UNE 21186 (Protección de estructuras y zonas abiertas contra el rayo mediante pararrayos con dispositivos de cebado).
- Para los sistemas pasivos: La Norma UNE-EN 62305 (Partes de la 1 a la 4) (Protección contra el rayo: principios generales)

4. INDICE DE RIESGO SEGÚN NORMA UNE EN 62305-2

Para determinar la necesidad de instalación de pararrayos en una estructura, se evalúa el riesgo de caída de rayos en la misma, siguiendo las directrices marcadas por la Norma Internacional IEC- 62305-2, traducida en España como UNE-EN 62305-2.

En primer lugar deberemos identificar las estructuras que queremos proteger, para luego identificar los tipos de pérdidas correspondientes a la estructura o al servicio al que queremos dar protección.

Para cada tipo de pérdidas identificaremos por un lado el Riesgo Tolerable R_T (Tabla 1) y por otro, identificaremos y calcularemos todas las componentes de riesgo R_X (Tabla 2).

TIPOS DE PÉRDIDAS	R_T
Pérdida de vida humana	10^{-5}
Pérdida de servicio público	10^{-3}
Pérdida de patrimonio cultural	10^{-3}

Tabla 1 – Tipos de pérdidas

El resumen de los componentes del riesgo R_X sería:

COMPONENTE R_X	SIGNIFICADO	LUGAR
R_A	Componente del riesgo que considera daños a seres vivos	Estructura
R_B	Componente del riesgo que considera daños físicos	Estructura
R_C	Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno	Estructura
R_M	Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno	Cerca de la estructura
R_U	Componente del riesgo que considera daños a seres vivos	Servicio conectado a la estructura
R_V	Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura	Servicio conectado a la estructura
R_W	Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos	Servicio conectado a la estructura
R_Z	Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos	Cerca de un servicio conectado a la estructura

Tabla 2 – Componentes del riesgo R_X

Calcularemos entonces el Riesgo R que será: $R = \sum R_x$

Una vez hayamos calculado R y R_T los comparamos:

- Si $R < R_T$, la estructura o el servicio están protegidas para ese tipo de pérdidas.
- Si $R > R_T$, se deben instalar medidas de protección para reducir el riesgo

4.1 Proceso a seguir

Esta aplicación está creada específicamente para casos de subestaciones eléctricas. Una vez definido el riesgo, en caso de que debamos instalar sistemas de protección contra el rayo se efectuará tal y como se indica en el REC (*Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*) véase el apartado “*Normativas específicas*”.

Siguiendo con lo marcado en la UNE-EN 62305-2 para la evaluación del riesgo de caída de rayo, el procedimiento básico para realizar dicha evaluación es:

- Identificar el objeto a proteger y sus características.
- Identificar todos los tipos de pérdidas en el objeto y los riesgos relacionados R (R_1 a R_4).
- Evaluación de las componentes de cada riesgo R para cada tipo de pérdida.
- Evaluación de la necesidad de la protección, por comparación de los riesgos R_1 , R_2 y R_3 con cada riesgo tolerable R_T .
- Evaluación de la conveniencia económica de la protección por comparación del costo de las pérdidas totales con o sin medidas de protección. En este caso debe evaluarse R_4 .

A continuación podemos ver dicho procedimiento:

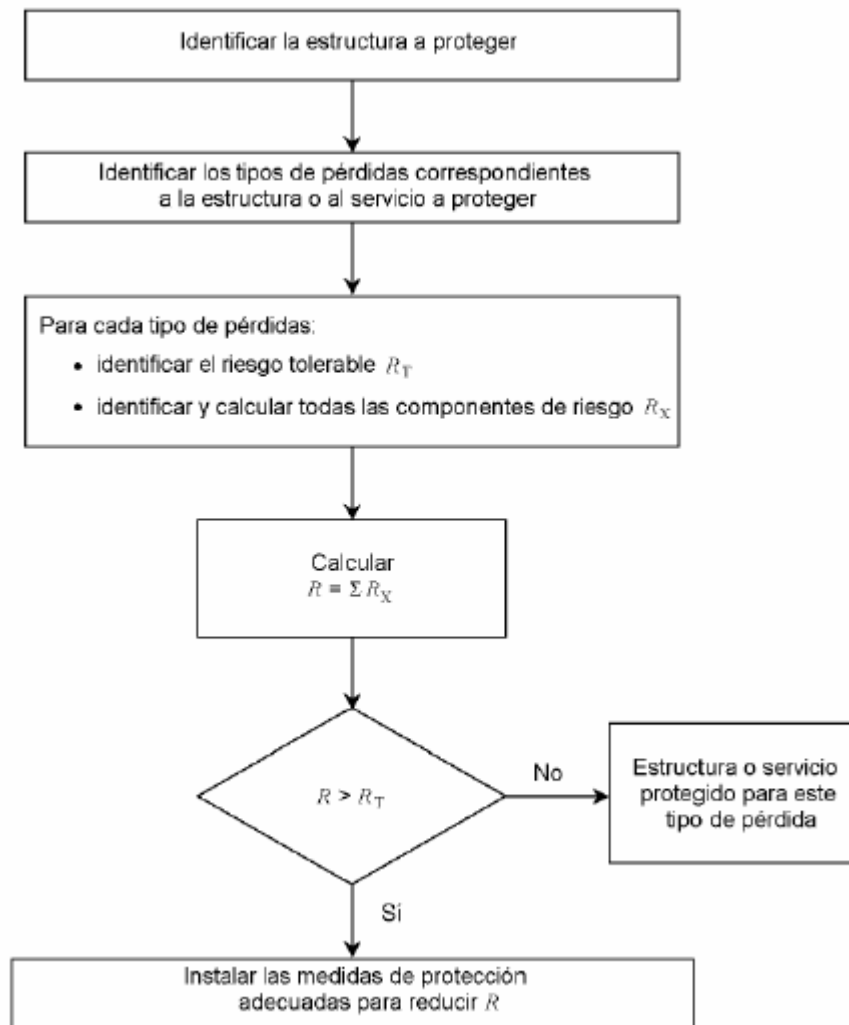
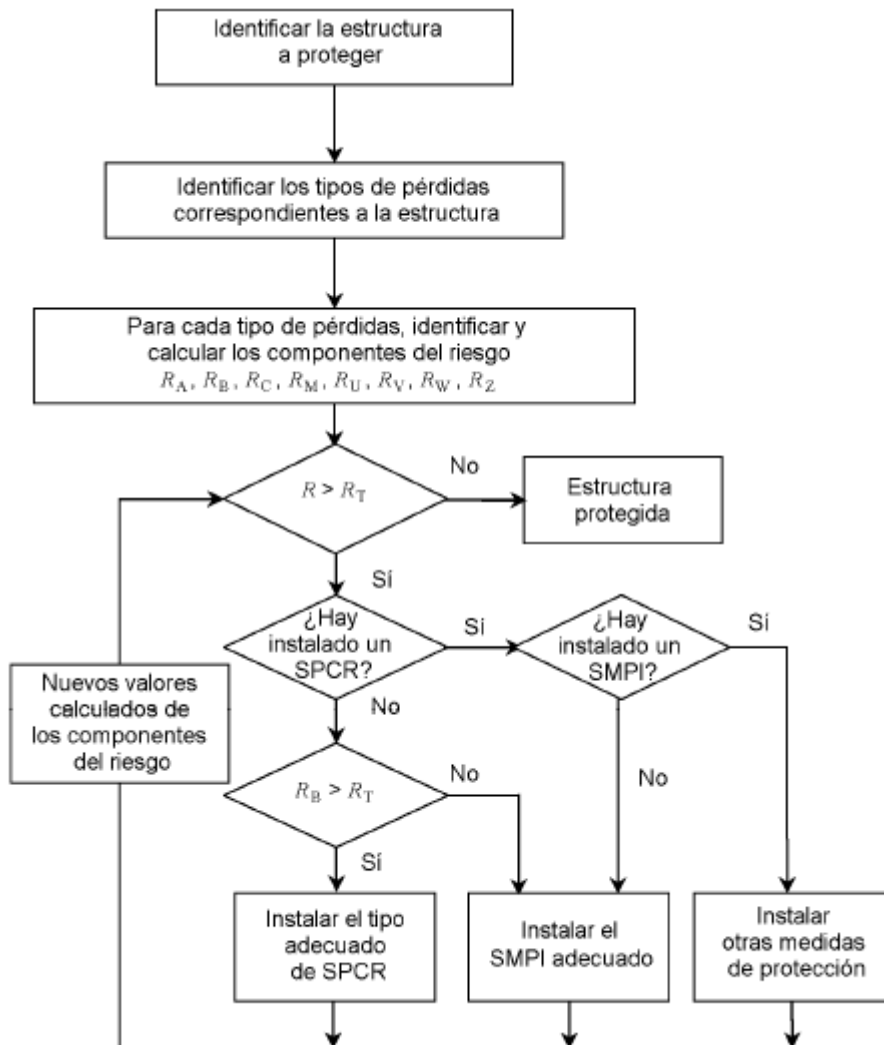


Figura 2 – Procedimiento para decidir la necesidad de protección

En caso de que sea necesaria la instalación de medidas de protección adecuadas para reducir el riesgo R , procederemos de la siguiente forma:



4.2 Definición de daños y pérdidas (según UNE EN 62305)

Fuente de daño:

La corriente del rayo es la primera fuente de daño. Las siguientes fuentes se diferencian según el punto de impacto del rayo:

- S1: Impacto a la estructura
- S2: Impacto cercano a la estructura
- S3: Impacto a un servicio
- S4: Impacto cercano a un servicio

Tipo de daños:

Los daños que puede causar el rayo dependen de las características del objeto a proteger como son el tipo de construcción, contenido y aplicación, tipos de servicios y las medidas de protección aplicadas.

Para el análisis del riesgo se distinguen tres tipos básicos de daños:

- D1: Daños a los seres vivos
- D2: Daños físicos
- D3: Fallos de los sistemas eléctricos y electrónicos

Tipos de pérdidas:

Cada tipo de daño, sólo o en combinación con otros, puede producir una pérdida consecuente diferente en el objeto a proteger. Las pérdidas que pueden aparecer en una edificación son:

- L₁: Pérdidas de vidas humanas
- L₂: Pérdidas de servicios públicos
- L₃: Pérdidas del patrimonio cultural
- L₄: Pérdidas de valores económicos (por la edificación y su contenido, por pérdidas relacionadas con la actividad productiva).

En la siguiente tabla se resume lo que acabo de comentar:





Punto de impacto	Fuente del daño	Estructura		Servicio	
		Tipo de daño	Tipo de pérdidas	Tipo de daño	Tipo de pérdidas
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S2	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4		
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S4	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4	D3	L'2, L'4
1) Sólo para estructuras con riesgo de explosión y para hospitales o estructuras en las que los fallos de los sistemas internos dan lugar a un riesgo inmediato para la vida humana. 2) Sólo para propiedades donde puedan producirse pérdidas de animales.					

Tabla 3 – Fuentes de daño, tipos de daño y tipo de pérdidas según el punto de impacto

En la Tabla 3 podemos apreciar que también existen pérdidas L'2 y L'4. En esta aplicación no vamos a tener en cuenta sus cálculos porque están referidas únicamente a los servicios. Sólo haremos referencia a los riesgos en las estructuras y servicios conectados a ellas que principalmente es lo que nos interesa.

4.3 Riesgo y componentes del riesgo

4.3.1 Riesgo

El riesgo **R** es el valor de una pérdida anual media probable. Para cada tipo de pérdida debe evaluarse el riesgo relacionado.

Los riesgos a evaluar en una estructura pueden ser:

- **R₁**: riesgo de pérdida de vidas humanas.
- **R₂**: riesgo de pérdida de servicios públicos.
- **R₃**: riesgo de pérdida del patrimonio cultural.
- **R₄**: riesgo de pérdida de valores económicos.

4.3.2 Componentes del riesgo

Componentes del riesgo para una estructura por descargas sobre la estructura (S1)

R_A: Componente relacionado con daños a seres vivos producidos por tensiones de contacto y de paso en una zona de hasta 3m exterior a la estructura. Pueden aparecer pérdidas de tipo L₁ (pérdidas de vidas humanas) y de tipo L₄ (pérdidas económicas) por pérdida de animales, pero este no será nuestro caso.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

Nota: en el apartado “CÁLCULOS DETALLADOS” se definen las variables utilizadas.

R_B: Componente relacionado con los daños físicos producidos por chispas peligrosas en el interior de la estructura causantes de fuegos o explosiones que también pueden afectar al medio ambiente. Pueden presentarse todos los tipos de pérdidas (L₁, L₂, L₃ y L₄).

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

R_C: Componente relacionado con los fallos de los sistemas internos debidos al IEMR (Impulso Electromagnético del Rayo). Pueden presentarse pérdidas del tipo L₂ y L₄ junto con pérdidas del tipo L₁ en aquellos casos de estructuras con riesgo de explosión y hospitales u otras estructuras que debido a la interrupción se ponga en peligro vidas humanas.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

Componente del riesgo para una estructura por descargas cerca de una estructura (S2)

R_M: Componente relacionado con los fallos de los sistemas internos debidos al IEMR. En todos los casos podrían producirse pérdidas del tipo L₂ y L₄, junto con pérdidas del tipo L₁ en aquellos casos de estructuras con riesgo de explosión y hospitales u otras estructuras que debido a la interrupción se ponga en peligro vidas humanas.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_M = N_D \times P_M \times L_M$$

Componente del riesgo para una estructura por descargas en un servicio conectado a la estructura (S3)

R_U: Componente relacionado con los daños a los seres vivos producidos por tensiones de contacto en el interior de la estructura debidas a la corriente inyectada en una línea que entra en la estructura. Pueden ocurrir pérdidas de tipo L₁ y en caso de estructura agrícola pérdida de tipo L₄ por muerte de animales.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_U = (N_D + N_{Da}) \times P_U \times L_U$$

R_V: Componente relacionado con los daños físicos producidos por la corriente del rayo transmitida a través de las líneas entrantes. Puede generar fuego o explosión debido a las chispas. Los tipos de pérdidas serían L₁, L₂, L₃ y L₄.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_V = (N_D + N_{Da}) \times P_V \times L_V$$

R_W: Componente relacionado con los fallos de los sistemas internos por sobretensiones inducidas en las líneas que entran en la estructura. En todos los casos podrían producirse pérdidas del tipo L₂ y L₄ junto con pérdidas del tipo L₁ en aquellos casos de estructuras con riesgo de explosión y hospitales u otras estructuras que debido a la interrupción se ponga en peligro vidas humanas.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_W = (N_D + N_{Da}) \times P_W \times L_W$$

Componente del riesgo para una estructura por descargas en un servicio conectado a la estructura (S4)

R_Z: Componente relacionado con los fallos de los sistemas internos causados por sobretensiones inducidas en las líneas que entran y se transmiten a la estructura. En todos los casos podrían producirse pérdidas de tipo L₂ y L₄ junto con pérdidas del tipo L₁ en aquellos casos de estructuras con riesgo de explosión y hospitales u otras estructuras que debido a la interrupción se ponga en peligro vidas humanas.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_Z = (N_I + N_L) \times P_Z \times L_Z$$

4.4 Composición de los componentes del riesgo en una estructura

Los componentes del riesgo a considerar para cada tipo de pérdida en una estructura son los indicados a continuación:

R_1 : riesgo de pérdida de vida humana

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(*)} + R_M^{(*)} + R_U + R_V + R_W^{(*)} + R_Z^{(*)}$$

(*) = Sólo se tendrá en cuenta para estructuras con riesgo de explosión y hospitales con equipos que necesiten suministro continuo cuyo fallo ponga en peligro vidas humanas.

Por ello, en nuestro estudio de subestaciones tomaremos como R_1 :

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$$

R_2 : riesgo de pérdida de servicio público

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

R_3 : riesgo de pérdida de patrimonio cultural

$$R_3 = R_B + R_V$$

R_4 : riesgo de pérdida de valor económico

$$R_4 = R_A^{(*)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(*)} + R_V + R_W + R_Z$$

(*) Sólo para propiedades donde puede producirse pérdida de animales.

Esta aplicación va a calcular los riesgos de pérdidas de vidas humanas (R_1) y pérdidas de servicio público (R_2) que son los que más nos afectan.

El riesgo sobre la pérdida de patrimonio cultural (R_3) sería 0 porque en una subestación no va a haber nada de valor cultural o patrimonial.

El riesgo sobre pérdida de valor económico (R_4) no se va a tener en cuenta porque entran en juego algunas variables que no son conocidas como son los costes:

- Coste del edificio/estructura
- Coste del contenido
- Coste de las medidas de protección

También habría que conocer la tasa de amortización y la tasa de mantenimiento.

5. CÁLCULOS DETALLADOS

5.1 Riesgo pérdida de vidas humanas (R1)

Composición de los componentes del riesgo en relación con la estructura

R_A	Componente del riesgo que considera daños a seres vivos (Estructura)
$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	

$$N_D = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$$

N_g = Densidad de descargas atmosféricas a tierra (descargas/km²/año)

El valor de N_g lo introduciremos a mano en la aplicación. Como ayuda para obtenerlo he puesto un mapa de España en el que podemos ver el valor según la zona. Este no es un valor preciso por lo que para un estudio riguroso podemos consultar con empresas especializadas como puede ser www.fulgura.es.

A_d = superficie de captación para estructuras aisladas en un terreno llano. Para calcularlo en una estructura regular utilizamos la longitud (L), anchura (W) y altura (H) e introduciremos estos valores expresados en metros en “Datos Generales” de la aplicación.

$$A_d = L \times W + 6H \times (L + W) + 9\pi H^2$$

C_d = factor de localización del servicio (tabla 4)

SITUACIÓN RELATIVA	C_d
Objeto rodeados por objetos más altos o por árboles	0.25
Objeto rodeado por objetos o árboles de la misma altura o más pequeños	0.5
Objeto aislado sin otros objetos en las proximidades	1
Objeto aislado en la parte superior de una colina o de un montículo	2

Tabla 4 – Factor de localización C_d

P_A = probabilidad de que una descarga en la estructura produzca daños a los seres vivos por tensiones de paso y de contacto (tabla 5)

MEDIDAS DE PROTECCIÓN	P_A
Sin medidas de protección	1
Aislamiento eléctrico de los conductores expuestos ⁽¹⁾	10^{-2}
Equipotencialización efectiva del terreno	10^{-2}
Avisos	10^{-1}

Tabla 5 – Valor de P_A

⁽¹⁾ Por ejemplo, al menos 3mm de polietileno reticulado

L_A = pérdidas relacionadas con los daños en seres vivos.

$$L_A = r_a \times L_t$$

Las características de las estructuras afectan a las pérdidas de vidas humanas, lo que se tiene en cuenta mediante factores amplificadores y reductores.

r_a = factor reductor de las pérdidas de vidas humanas en función del tipo de terreno y del suelo (tabla 6)

TIPO DE SUPERFICIE	Resistencia de contacto (k Ω)	r_a
Agrícola, hormigón	≤ 1	10^{-2}
Mármol, cerámica	1 – 10	10^{-3}
Grava, moqueta, alfombra	10-100	10^{-4}
Asfalto, linóleo, madera	≥ 100	10^{-5}

Tabla 6 - Factor reductor r_a

L_t = pérdidas debidas a daños por tensiones de paso y contacto (tabla 7)

TIPO DE ESTRUCTURA	L_t
Personas en el interior	10^{-4}
Personas en el exterior	10^{-2}

Tabla 7 - Valor de L_t

R_B **Componente del riesgo que considera daños físicos (Estructura)**

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

N_D = esta variable ya la hemos definido para R_A

P_B = probabilidad de que una descarga produzca daños físicos en una estructura. El valor depende de si existe o no Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR) (tabla 8)

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	Nivel de protección	P_B
No protegida por SPCR	-	1
Protegida por un SPCR	I	0.02
	II	0.05
	III	0.1
	IV	0.2

Tabla 8 - Valores de P_B

L_B = pérdidas en la estructura relacionadas con los daños físicos por descargas en la estructura.

$$L_B = r_p \times h_z \times r_f \times L_f$$

r_p = factor reductor de pérdidas por daños físicos en función de las medidas tomadas para reducir los efectos del fuego (tabla 9).

MEDIDAS	r_p
Sin medidas	1
Una de las siguientes medidas: extintores, instalaciones manuales de alarma, tomas de agua, compartimentos a prueba de fuego, vías de evacuación.	0.5
Una de las siguientes medidas: instalaciones fijas de extinción automáticas, instalaciones automáticas de alarma ⁽¹⁾	0.2

Tabla 9 - Valor de r_p

⁽¹⁾ Sólo si se está protegido contra sobretensiones y otros daños y si los bomberos pueden llegar en menos de 10 min.

h_z = factor amplificador de las pérdidas por daños físicos cuando se presenta un daño especial (tabla 10)

TIPOS DE DAÑOS ESPECIALES	h_z
Sin daño especial	1
Nivel bajo de pánico (nº personas inferior a 100)	2
Nivel medio de pánico (ej. eventos culturales o deportivos, 100-1000 personas)	5
Dificultad de evacuación (ej. estructuras con personas inválidas, hospitales)	5
Nivel alto de pánico (ej. eventos culturales o deportivos, > 1000 personas)	10
Riesgos para el ambiente o los alrededores	20
Contaminación de los alrededores o del medioambiente	50

Tabla 10 – Valores amplificadores h_z

r_f = factor reductor de las pérdidas por daños físicos en función del riesgo de incendio de la estructura (tabla 11).

RIESGO DE INCENDIO	r_f
Explosión ⁽¹⁾	1
Alto	10^{-1}
Normal	10^{-2}
Bajo	10^{-3}
Ninguno	0

Tabla 11 – Valores reductores r_f

⁽¹⁾ Se considera riesgo de explosión a la estructura hecha con materiales combustibles o a la estructura que contiene abundante material explosivo.

En la zona del parque de una subestación podríamos considerar el riesgo de explosión como “alto” debido a que existe aparamenta con riesgo de incendio, como puede ser un interruptor que tiene pérdida de aceite o de gas SF₆, o una autoválvula con el aislamiento deteriorado.

Sin embargo, en la zona de control asignaremos un valor de “bajo” porque en principio no existe material inflamable.

L_f = pérdidas debidas a daños físicos en función del tipo de estructura (tabla 12)

TIPO DE ESTRUCTURA	L_f
Hospitales, hoteles, edificios civiles	10^{-1}
Industriales, comerciales, escuelas	5×10^{-2}
Entretenimiento público, iglesias, museos	2×10^{-2}
Otros	10^{-2}

Tabla 12 – Valores de L_f

Encasillo a las subestaciones como tipo de estructura “Otros”, por lo que no doy opción al usuario a elegir este valor y lo fijo como una constante.

R_U **Componente del riesgo que considera daños a seres vivos
(Servicio conectado a la estructura)**

$$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times L_U$$

Habrá que tener en cuenta que el valor de R_U habrá que multiplicarlo por el número de líneas conectadas a la estructura para obtener el valor de R_U total.

N_L = evaluación del valor medio anual de sucesos peligrosos por descargas en un servicio.

$$N_L = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6}$$

N_g = densidad de descargas atmosféricas a tierra

A_l = superficie de captación de las descargas que impactan en el servicio (m^2). Para un servicio aéreo se considera:

$$A_l = L_c - 3(H_a + H_b) \times 6H_c$$

L_c = longitud de la sección del servicio desde la estructura hasta el primer nudo^(*) (m). En caso de que no se conozca se estable el valor máximo que es $L_c=1000m$. En la aplicación hemos fijado este valor como una constante por la dificultad que tendrá el usuario en conocer el dato.

^(*) Nudo: punto de una línea de servicio en el que la propagación de una onda tipo impulso se considera despreciable.

H_a = altura (m) de la estructura conectada al extremo “a” del servicio. Se considerará extremo “a” a la estructura principal de estudio. Este es un dato que el usuario debe introducir en “Datos generales” de la aplicación.

H_b = altura (m) de la estructura conectada al extremo “b” del servicio. Se considerará extremo “b” a la estructura anexa a la principal. En caso de que no exista estructura anexa H_b valdrá 0.

H_c = altura (m) de los conductores del servicio sobre el terreno.

El valor de N_L no va a ser el mismo en una línea de AT, de BT o de telecomunicaciones porque la altura de los conductores no va a ser la misma y ésta influye en la superficie de captación. Por ello tendremos que calcular el valor para cada uno de ellos.

C_d = factor de localización del servicio (tabla 13).

SITUACIÓN RELATIVA	C_d
Objeto rodeado por objetos más altos o por árboles	0.25
Objeto rodeado por objetos o árboles de la misma altura o más pequeños	0.5
Objeto aislado sin otros objetos en las proximidades	1
Objeto aislado en la parte superior de una colina o de un montículo	2

Tabla 13 – Factor de localización

C_t = factor de corrección en presencia de un transformador de AT/BT en el servicio al que está conectado la estructura y situado entre el punto de impacto y la estructura (tabla 14)

Transformador	C_t
Servicio con transformador	0.2
Solamente el servicio	1

Tabla 14 – Factor C_t

N_{Da} = número de sucesos peligrosos para una estructura adyacente (extremo “a” de un servicio)

$$N_{Da} = N_g \times A_{d/a} \times C_{d/a} \times C_t \times 10^{-6}$$

N_g = densidad de descargas atmosféricas a tierra.

$A_{d/a}$ = superficie de captación para estructuras aisladas en un terreno llano. Su cálculo es igual que para A_d pero la longitud, altura y anchura cambiarán.

$$A_{d/a} = L \times W + 6H \times (L + W) + 9\pi H^2$$

$C_{d/a}$ = factor de localización del servicio (tabla 13)

C_t = factor de corrección en presencia de un transformador de AT/BT en el servicio (tabla 14)

P_U = probabilidad de que una descarga en un servicio produzca daños a los seres vivos por tensiones de contacto.

Este valor depende de si está apantallado el servicio, de la tensión soportada al impulso de los sistemas conectados al servicio y de si hay previstos dispositivos de protección contra sobretensión a la entrada del servicio.

Según la Norma IEC 62305-2 (apartado B.5), en caso de que los dispositivos de protección contra sobretensiones estén previstos para conexión equipotencial de acuerdo con la Norma IEC 62305-3, el valor de P_U es el valor más pequeño de los valores de P_{SPD} (tabla B.3) y P_{LD} .

La Norma IEC 62305-3 (Apartado 6.2.1) dice textualmente:

Las conexiones equipotenciales se obtienen conectando el SPCR con:

- Partes metálicas de la estructura.
- Instalaciones metálicas
- Sistemas internos
- Partes conductoras externas y las líneas conectadas a la estructura.

Ante la duda consulté con mi tutor de REE y me lo confirmó. Así pues, en todos los cálculos que hacen referencia a este punto tomaré que están previstos para conexión equipotencial.

NIVEL DE PROTECCIÓN	P_{SPD}
Sin protección	1
I	0.01
II	0.02
III-IV	0.03

Tabla 15 – Valor de P_{SPD}

Como la Norma indica (tabla B.6 de la Norma) que para un servicio sin apantallar se debe tomar $P_{LD}=1$ así lo haremos.

Conclusión a la que llego a la hora de efectuar los cálculos de P_U :

El valor más pequeño de P_{SPD} es 0.01 y siempre va a ser menor que P_{LD} . Por lo tanto, podemos decir que $P_U=0.01$.

Además, la Norma IEC 62305-2 indica que cuando se proveen medidas de protección como pueden ser restricciones físicas, avisos, alarmas... la probabilidad de P_U se debe reducir multiplicándola por el valor de P_A .

L_U = pérdidas relacionadas con los daños en seres vivos (descargas en un servicio).

$$L_U = r_u \times L_t$$

r_u = factor reductor de las pérdidas de vidas humanas en función del tipo de suelo (tabla 16)

TIPO DE SUPERFICIE	Resistencia de contacto (k Ω)	r_u
Agrícola, hormigón	≤ 1	10^{-2}
Mármol, cerámica	1 – 10	10^{-3}
Grava, moqueta, alfombra	10-100	10^{-4}
Asfalto, linóleo, madera	≥ 100	10^{-5}

Tabla 16 - Factor reductor r_u

L_t = pérdidas debidas a daños por tensiones de paso y contacto (tabla 17)

TIPO DE ESTRUCTURA	L_t
Personas en el interior	10^{-4}
Personas en el exterior	10^{-2}

Tabla 17 - Valor de L_t

R_V **Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura
(Servicio conectado a la estructura)**

$$R_V = (N_L + N_{DA}) \times P_V \times L_V$$

Habría que tener en cuenta que el valor de R_V habrá que multiplicarlo por el número de líneas conectadas a la estructura para obtener el valor de R_V total.

N_L y N_{DA} ya están definidos previamente en el cálculo del riesgo R_U por lo que no voy a volver a detallar su cálculo.

P_V = probabilidad de que una descarga en un servicio produzca daños físicos.

El cálculo de P_V se hace de igual forma que para P_U . Es decir, será el menor valor entre P_{SPD} (0.01) y P_{LD} (1). Esto implica que $P_V=0.01$.

L_V = pérdidas en una estructura por daños físicos (descargas en un servicio conectado). Para calcular L_V se realiza la misma operación que para hallar L_B .

$$L_V = r_p \times h_z \times r_f \times L_f$$

Una vez calculadas las variables R_A , R_B , R_U y R_V las sumamos y ya podemos saber el valor de R_I para compararlo con el riesgo tolerable (R_T).

$$R_I = R_A + R_B + R_U + R_V$$

Si $R_I > 10^{-5}$; no cumple con la Norma y hay que reducir el riesgo.

Si $R_I < 10^{-5}$; sí cumple con la Norma y la estructura está protegida contra descargas atmosféricas.

Composición de los componentes del riesgo en función de la fuente de daño

Para ver cuál es el valor que más afecta a nuestras estructuras lo que hago es mostrar en una nueva tabla el riesgo por impactos directos en la estructura (R_D) y el riesgo que afecta a la estructura aunque no impacte en ella (R_I).

$$R_1 = R_D + R_I$$

R_D = riesgo por descargas en la estructura (S_1)

$$R_D = R_A + R_B + R_C$$

R_I = riesgo por descargas que aunque no impacten en la estructura tienen influencia en ella (S_2 , S_3 y S_4).

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

Composición de los componentes del riesgo en función del tipo de daño

Otra clasificación que se puede hacer es por el tipo de daño. Este valor lo muestro en una nueva tabla de los resultados del estudio.

$$R_1 = R_S + R_F + R_O$$

R_S = riesgo por daños a los seres vivos (D1)

$$R_S = R_A + R_U$$

R_F = riesgo por daños físicos (D2)

$$R_F = R_B + R_V$$

R_O = riesgo por fallo de los sistemas internos (D3)

$$R_O = R_M + R_C + R_W + R_Z$$

5.2 Riesgo de pérdida de servicio público (R2)

Composición de los componentes del riesgo en relación con la estructura

Para calcular el riesgo de pérdida de servicio público tenemos que calcular nuevas variables que no hemos utilizado hasta ahora, como son: R_C , R_M , R_W y R_Z .

Recuerdo que en el cálculo del riesgo de pérdida de vidas humanas estas variables no intervenían porque sólo se empleaban en caso de que fuera una estructura con riesgo de explosión y en hospitales que requieren suministro continuo. Sin embargo, en el cálculo del riesgo R_2 sí que entran en juego.

R_B y R_V sí las habíamos calculado previamente, pero ahora veremos que tampoco nos valen.

Así pues:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

Antes de detallar los cálculos vamos a tener en cuenta el punto C.3 de la Norma IEC 62305-2. Éste viene a decir que para pérdidas inaceptables de servicio público los valores de L_f y L_o son distintas respecto a las utilizadas en R_1 . Sin embargo, en nuestro caso sólo nos va afectar a L_o porque L_f coincide y vale lo mismo (Tabla C1.2 de la Norma EN 62305).

Por lo tanto:

TIPO DE SERVICIO	L_f	L_o
Líneas de telecomunicación, red de potencia	10^{-2}	10^{-3}

Tabla 18 – Nuevos valores de L_f y L_o

Siendo:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_f$$

$$L_o = L_C = L_M = L_W = L_Z$$

Para el cálculo de L_B y L_V , sólo cambia respecto a R_1 en que no se multiplica por el factor amplificador h_z . Por lo tanto, para no volver a realizar el cálculo de R_B y R_V y así reducir el código de programación lo que he hecho dividir R_B por h_z y R_V por h_z .

$$R_B = R_B^{(1)} / h_z \quad (1) \text{ } R_B \text{ calculado en } R_1$$

$$R_V = R_V^{(2)} / h_z \quad (2) \text{ } R_V \text{ calculado en } R_1$$

R_C **Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno
(Estructura)**

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

N_D = número de sucesos peligrosos por descargas en una estructura (Definido previamente para R1)

P_C = probabilidad de que una descarga en la estructura produzca fallos de los sistemas internos. Este valor depende del nivel de protección y que ya he definido previamente (tabla 19)

$$P_C = P_{SPD}$$

NIVEL DE PROTECCIÓN	P_{SPD}
Sin protección	1
I	0.01
II	0.02
III-IV	0.03

Tabla 19 – Valor de P_{SPD}

L_C = pérdidas relacionadas con el fallo de los servicios internos por descargas en la estructura.

$$L_C = L_0 = 10^{-3}$$

R_M **Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno
(Cerca de la estructura)**

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

N_M = número de sucesos peligrosos por descargas cerca de la estructura

$$N_M = N_g \times (A_m - A_d \times C_d) \times 10^{-6}$$

N_g = densidad de descargas atmosféricas a tierra

A_m = superficie (m^2) de captación de las descargas que impactan cerca de la estructura.

$$A_m = L \times W + 2(250 \times W) + 2(250 \times L) \times \pi \times 250^2$$

Siendo: L (longitud) y W (anchura)

A_d = superficie de captación de la estructura en estudio (Definido previamente para R_1)

En Figura 2 se puede observar a que se refieren estas superficies

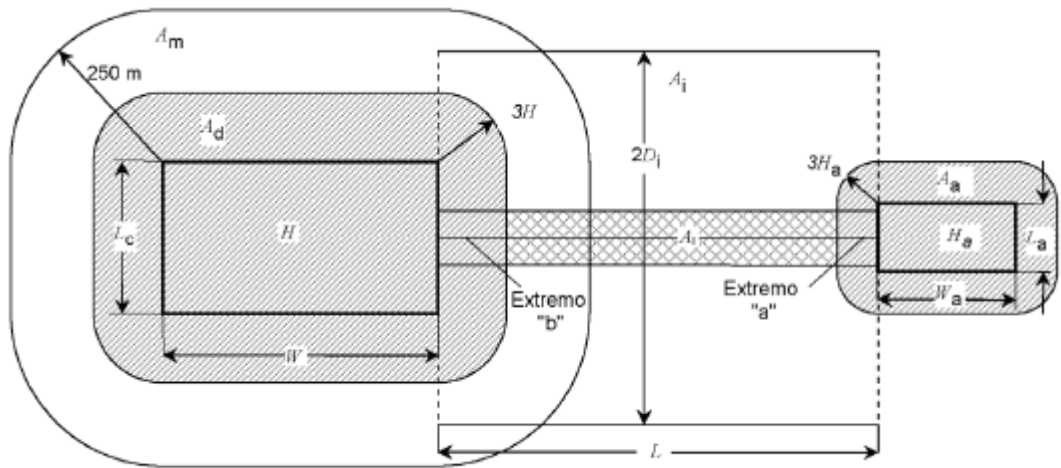


Figura 2 – Superficies de captación A_m y A_d

C_d = factor de localización de la estructura en estudio (Definido previamente para R_1)

La Norma indica que en caso de que $N_M < 0$ se considerará $N_M = 0$.

P_M = probabilidad de que una descarga cerca de la estructura produzca fallos de los sistemas internos.

En caso de que existan dispositivos de protección contra sobretensiones el valor de P_M será el valor más bajo entre P_{SPD} y P_{MS} (tabla 21).

Atención: ya no se indica que sea el menor valor de P_{SPD} sino que en función del nivel de protección adoptado se tendrá un valor de P_{SPD} (tabla 20). Este valor se comparará con P_{MS} y el valor más bajo de los dos es el que se emplea.

NIVEL DE PROTECCIÓN	P_{SPD}
Sin protección	1
I	0.01
II	0.02
III-IV	0.03

Tabla 20 – Valor de P_{SPD}

Antes tenemos que saber el valor de P_{MS} el cual está relacionado con K_{MS} mediante la siguiente tabla B.4.

K_{MS}	P_{MS}
≥ 0.4	1
0.15	0.9
0.07	0.5
0.035	0.1
0.021	0.01
≤ 0.013	0.0001

Tabla 21 – Relación entre K_{MS} y P_{MS}

$$K_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4}$$

Para K_{S1} , K_{S2} y K_{S3} en caso de cable no apantallado su valor será 1. Por lo que he fijado este valor como constante.

K_{S4} está relacionado con la tensión soportada al impulso (kV) del equipamiento a proteger. En caso de que haya varios aparatos con diferentes niveles de impulso se selecciona el factor K_{S4} correspondiente al menor nivel de impulso.

$$K_{S4} = 1.5 / U_w$$

Para determinar los valores de tensión de impulso en los equipos he consultado el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC 23). Este indica cuatro tipos de categorías de sobretensiones, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos (kV) según la tensión nominal de la instalación.

Los sistemas de telecomunicaciones serían de Categoría I (equipos muy sensibles a las sobretensiones) y los de potencia de Categoría III (equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad).

Tensión nominal (V)	Tensión soportada a impulsos 1,2/50µs (kV)			
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	6	4	2.5	1.5

Tabla 22 – Tensión soportada a impulso

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 K_{S4(P)} = 1.5/4 = 0.375 & \rightarrow K_{MS} = 0.375 & \rightarrow P_{MS(P)} = 0.9 \text{ (según tabla 21)} \\
 K_{S4(TL)} = 1.5/1.5 = 1 & \rightarrow K_{MS} = 1 & \rightarrow P_{MS(TL)} = 1 \text{ (según tabla 21)}
 \end{aligned}$$

L_M = pérdidas relacionadas con el fallo de los servicios internos por descargas cerca de la estructura.

$$L_M = L_o = 10^{-3}$$

 R_W **Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos
(Servicio conectado a la estructura)**

$$R_W = (N_L + N_{Da}) \times P_W \times L_W$$

N_L = evaluación del valor medio anual de sucesos peligrosos por descargas en un servicio. (Definido previamente para el cálculo de R_U)

N_{Da} = número de sucesos peligrosos para una estructura adyacente (extremo “a” de un servicio) (Definido previamente para el cálculo de R_U)

P_W = probabilidad de que una descarga en un servicio produzca fallos en los sistemas internos. Cuando están previstos dispositivos de protección contra sobretensiones P_W es el valor más pequeño de los valores de P_{SPD} y P_{LD} . Como para un servicio sin apantallar $P_{LD}=1$ por lo que puedo decir que $P_W=P_{SPD}$ porque siempre será igual o menor.

L_W = pérdidas relacionadas con el fallo de los sistemas internos por descargas en un servicio.

$$L_W = L_o = 10^{-3}$$

Haremos el cálculo de R_W para cada línea de potencia y de telecomunicaciones y la suma de todas será el resultado. Además, se tendrá en cuenta el número de líneas conectadas a la estructura a la hora de realizar los cálculos para una línea de AT.

R_Z **Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos
(Servicio conectado a la estructura)**

$$R_Z = (N_I - N_L) \times P_Z \times L_Z$$

N_I = valor medio anual de sucesos peligrosos por descargas cerca de un servicio.

$$N_I = N_g \times A_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$$

Se calcula para AT, BT y telecomunicaciones.

N_g = densidad de descargas atmosféricas a tierra

A_i = superficie de captación de las descargas a tierra cerca de un servicio (m^2).

Para cable aéreo:

$$A_i = 1000 \times L_c$$

Ya hemos definido a la hora de calcular R_U que $L_c = 1000m$

C_e = Factor ambiental (Definido como constante. Siempre será rural)

C_t = factor del transformador. (Definido para R_U)

N_L = evaluación del valor medio anual de sucesos peligrosos por descargas en un servicio. Ya está definido previamente en el cálculo del riesgo R_U por lo que no voy a volver a detallar su cálculo.

A efectos de cálculo y siempre según la Norma, en caso de que $(N_I - N_L) < 0$, se considerará $(N_I - N_L) = 0$

P_Z = probabilidad de que una descarga cerca de un servicio produzca fallos en los sistemas internos.

Cuando están previstos dispositivos de protección contra sobretensiones P_Z es el valor más pequeño de los valores de P_{SPD} y P_{LI} (tabla 23)

Realizo un estudio por si se puede simplificar el cálculo a la hora de introducir el código en la aplicación:

U_w (kV)	Sin apantallar (P_{LI})
1.5	1
2.5	0.4
4	0.2
6	0.1

Tabla 23 - Valores de P_{LI}

Recuerdo que dentro de los cálculos he fijado que para los equipos de potencia $U_w = 4 \text{ kV}$ y para los equipos de telecomunicación $U_w = 1.5 \text{ kV}$.

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &\rightarrow U_w = 4 \text{ kV} &\rightarrow P_{LI} = 0.2 \\ \text{Telecom.} &\rightarrow U_w = 1.5 \text{ kV} &\rightarrow P_{LI} = 1 \end{aligned}$$

Como P_Z es el menor valor entre P_{SPD} y P_{LI} , resumo en esta tabla el valor de P_Z que quedaría:

POTENCIA			
Nivel de protección	P_{SPD}	P_{LI}	P_Z
Sin protección	1	0.2	0.2
I	0.01	0.2	0.01
II	0.02	0.2	0.02
III-IV	0.03	0.2	0.03

TELECOMUNICACIONES			
Nivel de protección	P_{SPD}	P_{LI}	P_Z
Sin protección	1	1	1
I	0.01	1	0.01
II	0.02	1	0.02
III-IV	0.03	1	0.03

L_Z = pérdidas relacionadas con el fallo de los sistemas internos por descargas cerca de un servicio.

$$L_Z = L_0 = 10^{-3}$$

6. PROTECCIÓN EXTERNA

En este estudio sólo nos vamos a centrar en la protección externa. Los cálculos que hemos realizado previamente nos van a servir para saber si tenemos o no que instalar medidas de protección, y en caso de que tengamos que instalarlas sabremos el nivel de protección que tenemos que aplicar a la hora de elegir un pararrayos.

Hay dos tipos de protección externa:

- Protección externa activa: Captadores que de una manera u otra, emiten un flujo de iones dirigidos hacia la nube, aumentando la probabilidad de descargas sobre ellos para una mejor protección de estructuras y de personas en campo abierto (pararrayos con dispositivo de cebado PDC).
- Protección externa pasiva (Pararrayos Franklin y Jaula de Faraday): Sistemas que no intentan provocar el arco disruptivo (rayo), y dan protección sólo a las estructuras en las que se instalan.

Según el Código Técnico Edificación se debe proyectar para cuatro niveles de protección contra el rayo:

- Nivel I: Nivel de Máxima seguridad
- Nivel II: Nivel de Alta seguridad
- Nivel III: Nivel de seguridad Media
- Nivel IV: Nivel de seguridad Estándar

En la actualidad y siguiendo las directrices marcadas por diferentes códigos técnicos, los cuales se encuentran a su vez respaldados por la diferentes normativas vigentes, tenemos que a la hora de diseñar y proyectar un sistema de protección externo contra el rayo existen tres tipos:

- Puntas Franklin
- Mallas conductoras (Jaula de Faraday)
- Pararrayos con Dispositivo de Cebado (PDC)

Ver apartado B.1.1 del Código Técnico de la edificación el cual dice:

B.1.1 Diseño de la instalación de dispositivos captadores
1 Los dispositivos captadores podrán ser puntas Franklin, mallas conductoras y pararrayos con dispositivo de cebado.

Como consecuencia de la gran extensión de terreno donde están ubicadas las estructuras y por existir también el riesgo de impactos sobre personas que se encuentren trabajando en el exterior, se ha optado por diseñar el sistema de protección externa contra el rayo en base a dos opciones:

- Sistema Pasivo mediante pararrayos Franklin.
- Sistema Activo mediante pararrayos PDC.

NOTA: Cabe destacar que los sistemas activos y pasivos pueden coexistir en una misma instalación, pero por el momento no está disponible esta opción en la aplicación.

Pararrayos Franklin

La Norma UNE EN 62305-3 es la que marca las directrices de la protección en los sistemas pasivos.

La instalación de los captadores debe realizarse en los puntos elevados cercanos a la aparamenta más crítica de la subestación (transformadores, interruptores) para que las posibles descargas vayan a tierra a través de ellos.

De acuerdo con uno de los siguientes métodos se determina la posición de los captadores:

- Método del ángulo de protección
- Método de la esfera rodante
- Método de la malla



La Norma indica que el método de la esfera rodante es apropiado para todos los casos y es el que utilizaremos. Se puede consultar el *Anexo B* para entender mejor este método.

Para ello tendremos en cuenta la siguiente tabla:

Clase de SPCR	Radio de la esfera rodante r (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Pararrayos PDC

Un mismo modelo de pararrayos tiene diferentes radios de protección en función del nivel de protección adoptado.

Como ejemplo muestro en la tabla siguiente distintos modelos de pararrayos con dispositivo de cebado sacado del catálogo de la empresa [INGESCO](#).

El radio de protección también depende de la altura a la que se encuentre la punta captadora, en este caso para 20m.

(Véase *Anexo A* para saber cómo se calcula el radio de protección)



MODELOS / NIVELES DE PROTECCIÓN :

	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3	PDC 6.4
Pararrayos INGESCO Modelo						
Referencia	101000	101001	101003	101005	101008	101009
Peso	1.950 kg	2.900 kg	3.100 kg	3.200 kg	3.500 kg	3.900 kg
Δt	15 μs	25 μs	34 μs	43 μs	54 μs	60 μs
NIVEL I	35 m	45 m	54 m	63 m	74 m	80 m
NIVEL II	43 m	54 m	63 m	72 m	83 m	89 m
NIVEL III	54 m	65 m	74 m	84 m	95 m	102 m
NIVEL IV	63 m	75 m	85 m	95 m	106 m	113 m

Radio de protección calculados según: norma UNE 21.186:1996/1M:2009 y NFC 17.102 rectificatif Janvier 2009. (Estos radios de protección han sido calculados según una diferencia de altura entre la punta del pararrayos y el plano horizontal considerado, de 20 m).

A los radios de protección que calculemos o que consultemos en un catálogo podemos aplicar grado máximo de protección máximo como indica la norma francesa NFC 17 102, la cual cita lo siguiente:

"Note: Structure avec toiture protégée par PDA de niveau 1+ avec réduction du rayon de protection de 40% et assurant une protection complète des matériels sur le toit contre les coups de foudre directs"

Aunque la norma española no lo cita he comprobado que empresas como Ingesco lo aplican en sus cálculos de radios de protección en PDC. Así pues, y con conformidad de mi tutor de REE, lo aplicaré también en caso de que se desee proteger con nivel I++.

7. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN WEB

La finalidad de este estudio es obtener un valor del riesgo por la pérdida de vidas humanas (R_1) y pérdida de servicio público (R_2). Este valor es el que se compara con la tabla de riesgos tolerables y en función de si es mayor o no, se requerirán medidas de protección contra el rayo y se deberá volver a calcular el riesgo.

Una vez he detallado todas las variables que entran en juego paso a describir la aplicación:

7.1 Botón datos generales

En la pantalla principal de la aplicación podemos observar que se tienen que introducir los datos generales (Figura 4) referentes a la subestación. Estos nos servirán para poder guardar y más tarde consultar los estudios realizados sin tener que rehacerlos.

Datos del proyecto

Datos generales

Proyecto:

Dirección:

Población:

Provincia:

Índice isocerámico: (rayos / km²-año)
[Ver mapa isocerámico de España](#)

Zonas a proteger:

Figura 4

En algunos casos podemos encontrar un icono de ayuda y si pasamos el ratón sobre la imagen veremos un texto con información.

Se da la opción de dividir la estructura en dos zonas, el parque y la zona de control. El parque siempre será obligatorio calcularlo porque es el objetivo principal. La división de la estructura en zonas permite la evaluación de los componentes del riesgo zona por zona, reduciendo el coste total de la protección contra el rayo.

Dentro de la pantalla principal también encontraremos una zona en la que tenemos que introducir características de las estructuras (Figura 5) tales como dimensiones, medidas de protección y datos sobre la línea eléctrica.

Características de las estructuras	
Características de la estructura	
Dimensiones de la zona parque a proteger:	¿Existe una estructura adyacente? <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Si
Longitud de la estructura <input type="text" value="184"/> (m)	Longitud de la estructura <input type="text" value="0"/> (m)
Anchura de la estructura <input type="text" value="55"/> (m)	Anchura de la estructura <input type="text" value="0"/> (m)
Altura de la estructura <input type="text" value="17"/> (m)	Altura de la estructura <input type="text" value="0"/> (m)
Dimensiones de la zona de control a proteger:	
Longitud de la estructura <input type="text" value="20"/> (m)	
Anchura de la estructura <input type="text" value="10"/> (m)	
Altura de la estructura <input type="text" value="10"/> (m)	
Tipo de medidas de protección:	
<input type="text" value="Equipotencialización efectiva del terreno"/> ▾	
<i>Línea eléctrica</i>	
Existencia de transformador MT/BT: <input type="text" value="Transformador"/> ▾	
Número de líneas conectadas: <input type="text" value="6"/>	
Tipo de cable externo: <input type="text" value="Apantallado"/> ▾	

Figura 5

Por último nos quedará introducir las alturas de las líneas de potencia y telecomunicaciones (Figura 6).

Características de los sistemas de potencia y de las líneas de potencia conectadas	
Línea de potencia aérea (BT)	
Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio <input type="text" value="0"/> (m) ↓	
Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio <input type="text" value="17"/> (m) ↓	Ver imagen
Altura de los conductores sobre el terreno <input type="text" value="9"/> (m)	
Línea de potencia aérea (AT)	
Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio <input type="text" value="0"/> (m)	
Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio <input type="text" value="17"/> (m)	
Altura de los conductores sobre el terreno <input type="text" value="30"/> (m)	
Características de los sistemas de telecomunicación y de las líneas de telecomunicación conectadas	
Línea de telecomunicaciones aérea	
Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio <input type="text" value="0"/> (m)	
Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio <input type="text" value="17"/> (m)	
Altura de los conductores sobre el terreno <input type="text" value="6"/> (m)	

Figura 6

7.2 Botón zona parque

El botón parque siempre estará activo. Elegimos las características de la zona, las cuales influirán en los diferentes riesgos al ser valores amplificadores (por ej. daños especiales) y reductores (por ej. riesgo de incendio, tipo de terreno...).

Características de la zona PARQUE

Características

Situación respecto a los alrededores:
Objeto aislado: sin otros objetos en las proximidades

Riesgo de incendio:
Alto

Tipos de daños especiales:
Nivel bajo de pánico (Ej. nº personas < 100)

Medidas tomadas para reducir los efectos del fuego:
Medidas automáticas: instalaciones fijas de extinción automáticas; instalaciones automáticas de alarma

Tipo de estructura:
Personas en el exterior del edificio

Tipo de terreno:
Grava, moqueta, alfombra (Resistencia de contacto 10kΩ-100kΩ)

Figura 7

7.3 Botón zona control

Tendremos el botón activo en caso de que hayamos seleccionado que vamos estudiar el riesgo en la zona de control. En caso de que no lo esté tendríamos que volver a pinchar sobre Datos generales y seleccionar “Parque y zona de control” dentro de *Zonas a proteger*.

La forma de actuar es la misma que para la zona de parque, ya que las opciones son las mismas (Figura 7).

7.4 Botón resultados

Una vez introducidos todos los valores y seleccionadas todas las opciones que nos influyen tendremos que pulsar sobre el botón Resultados para estudiar los resultados.

En la parte superior nos aparece el nivel de protección que queremos adoptar. Recuerdo que Nivel I es el nivel máximo y no protegida el nivel mínimo. (Figura 9)

Nivel de protección

Estructura no protegida por un SPCR

Figura 9

Por defecto, los cálculos que aparecen en las tablas están calculados para un nivel sin protección de SPCR.

Los riesgos los he dividido en dos:

- Riesgo por pérdidas de vidas humanas
- Riesgo por pérdidas de servicio público

Y cada uno de ellos tiene una subdivisión:

- Composición del riesgo en relación con la estructura
- Composición del riesgo en función de la fuente de daño
- Composición del riesgo en función del tipo de daño

Voy a recordar cuales eran los riesgos tolerables (Figura 10):

TIPOS DE PÉRDIDAS	R_T
Pérdida de vida humana	10^{-5}
Perdida de servicio público	10^{-3}

Figura 10

Es decir, si el riesgo R_1 (expresado en valor por 10^{-5}) es mayor o igual a 1 no sería tolerable y en ese caso, para que destaque, se verá en color rojo.

Lo mismo ocurre con el riesgo R_2 , pero en este caso está expresado por 10^{-3} .

En caso de que el valor de R_1 y R_2 sea superior a la Norma, ¿cómo debo actuar?

Si nos aparece uno de los dos riesgos en color rojo habrá que tomar medidas. Los factores amplificadores y reductores de los que hemos hablado anteriormente difícilmente podríamos modificarlos. Quizás sí podríamos tomar más medidas contra el fuego en caso de que no tuviéramos nada instalado, pero no podemos modificar el emplazamiento, el suelo o el tipo de estructura entre otros. Lo que haremos será aumentar el nivel de protección instalando SPCR que disminuirán notablemente el valor del riesgo R_B (daños físicos por descargas en la estructura).

Así pues procedemos a cambiar el nivel de protección y le damos al botón “calcular” para que se realicen los cálculos.

En las tablas he añadido una última columna con el tanto por ciento que tiene el riesgo R_X respecto del total. Así se aprecia más claramente los valores que más contribuyen al valor del riesgo R_1 y R_2 .

Nota: en algún caso puede ocurrir que muestre 0% pero no es un error. Es debido a que está programado para que muestre sólo 4 decimales.

En la Figura 11 se puede ver un ejemplo de que riesgo R_1 mayor al permitido por la Norma.

Estudio realizado con el nivel de protección: 'Estructura no protegida por un SPCR'

Riesgo R_1 "Pérdida de vidas humanas"

Composición del riesgo R_1 en relación con la estructura				
Símbolo	Zona Parque	Zona Edif. Control	Estructura	Porcentaje
R_A	1.69e-9	0	1.69e-9	0.0024
R_B	6.76e-5	6.76e-7	6.83e-5	95.2337
R_{U} (línea potencia BT)	0	4.06e-13	4.06e-13	0.0000
R_{U} (línea potencia AT)	8.12e-11	0	8.12e-11	0.0001
R_{U} (línea de telecom.)	0	1.35e-12	1.35e-12	0.0000
R_V (línea potencia BT)	0	1.62e-7	1.62e-7	0.2265
R_V (línea potencia AT)	3.25e-6	0	3.25e-6	4.5297
R_V (línea de telecom.)	0	5.41e-9	5.41e-9	0.0075
TOTAL R_1 (10^{-5})	--	--	7.17	

Figura 11

7.5 Botón variables

Si pulsamos sobre el botón de "Variables" veremos todas las constantes y variables que influyen en los cálculos (Figura 12) resumidas en tablas.

Constantes utilizadas:

Símbolo	Definición	Valor
L_f	Pérdidas debidas a daños físicos en función del tipo de estructura (Véase TABLA C1 EN 62305-2)	0.01
L_c	Longitud de la sección del servicio desde la estructura hasta el primer nudo (m)	1000 m
C_e	Factor ambiental. Este valor será constante siendo Ambiente Rural (Véase TABLA A.5 EN 62305-2)	1

Impactos de rayo en las distintas superficies:

Símbolo	Definición	Valor (l/año)
A_d	Superficie de captación de descargas directas en la estructura	42669.3016
A_i (P; BT,AT,TL)	Superficie de captación de descargas cerca de la línea de potencia aérea de BT	1000000
A_1 (P; BT)	Superficie de captación de descargas en la línea de potencia aérea de BT	51246
A_1 (P; AT)	Superficie de captación de descargas en la línea de potencia aérea de AT	170820
A_1 (T)	Superficie de captación de descargas en la línea de telecomunicaciones aérea	34164

7.6 Botón gráficos

En la ventana de gráficos podemos ver una tabla en la que aparecen los distintos tipos de pararrayos que podemos emplear para cubrir toda la superficie de nuestras estructuras.

Indique el porcentaje máximo sin cubrir que quiere mostrar:
 Indique el nivel de protección que quiere mostrar (1, 2, 3 ó 4):

Caso	Niv. Prot.	Modelo	Radio (m)	Patrón	Nº Pararrayos	Area sin cubrir (m ²)	Sin cubrir (%)	Superpuesto (%)	Malgastado (%)	Precio Puntas (€)	Precio Tot (€)
<u>0</u>	1	Ingesco PDC 3.1	21	0	34	355.8	3.4	270.7	351	25257	58752
<u>1</u>	1	Ingesco PDC 3.1	21	1	18	612	5.8	68.1	142.8	13849	31104
<u>2</u>	1	Ingesco PDC 3.1	21	2	16	526.6	5	58.1	115.7	12423	27648
<u>12</u>	1	Ingesco PDC 3.3	27	0	34	110.8	1.1	530.6	641	33383	66878
<u>13</u>	1	Ingesco PDC 3.3	27	1	18	207.3	2	184.3	293.7	18151	35406
<u>14</u>	1	Ingesco PDC 3.3	27	2	16	173.9	1.7	161.6	249.9	16247	31472
<u>24</u>	1	Ingesco PDC 4.3	32.4	0	34	0	0	823.9	965.6	39061	72556

Tenemos la opción de mostrar únicamente los modelos que cubran un % máximo e indicar que sólo muestre determinados niveles de protección. Así reducimos la cantidad de modelos que nos aparecerán.

Esto lo indicaremos en los cuadros que aparecen encima de la tabla y a continuación le daremos a *Mostrar*.

En las distintas columnas podemos encontrar:

- **Nivel de protección:** tenemos 4 niveles de protección.
- **Modelo:** he incluido pararrayos del catálogo de Ingesco.
- **Radio:** para los dispositivos PDC he aplicado un 40% de disminución en el radio de protección tal y como exige la Norma NFC 17 102 al ser una instalación de características especiales en la que el impacto del rayo puede tener fatales consecuencias.
- **Patrón:** he utilizado 4 tipos de patrones para cubrir con pararrayos la máxima superficie posible.
 - Patrón 0: colocación de varillas en los pórticos de toda la estructura
 - Patrón 1: colocación de varillas en los pórticos alternados empezando en el superior izquierdo
 - Patrón 2: colocación de varillas en los pórticos alternados empezando por el segundo
 - Patrón 3: colocación de varillas alternadas y sin que aparezcan en la fila 3
- **Nº de pararrayos:** en función del patrón utilizado tendremos que colocar más o menos pararrayos. Esto repercute directamente en el precio.
- **Área sin cubrir:** se considera área sin cubrir a la suma de todas las áreas que los pararrayos no cubren. Es decir, todos huecos en blanco que veamos dentro de la estructura. Gracias a una conversión (píxeles – metros) podemos saber el área aproximada.
- **Sin cubrir (%):** en esta columna aparece el área sin cubrir expresada en tanto por ciento para que se vea más claramente.
- **Superpuesto (%):** explicado en el siguiente apartado “Eficiencia de los pararrayos”

- **Malgastado (%)**: explicado en el siguiente apartado “Eficiencia de los pararrayos”
- **Precio Puntas (€)**: es producto del nº de pararrayos por el precio de cada uno de ellos. Estos valores han sido sacados del catálogo de Ingesco.
- **Precio Total (€)**: en el precio total se incluyen los accesorios necesarios para la instalación del pararrayos. Estos son:
 - Precio de las puntas
 - Piezas de adaptación cabezal-mástil 1 1/2" para cable
 - Mástiles de 3m en acero inoxidable 1' 1/2"
 - Juegos de fijación mástil-estructura
 - Contadores de rayos
 - Tarjetas PCS
 - Tubos de protección
 - Arquetas de registro

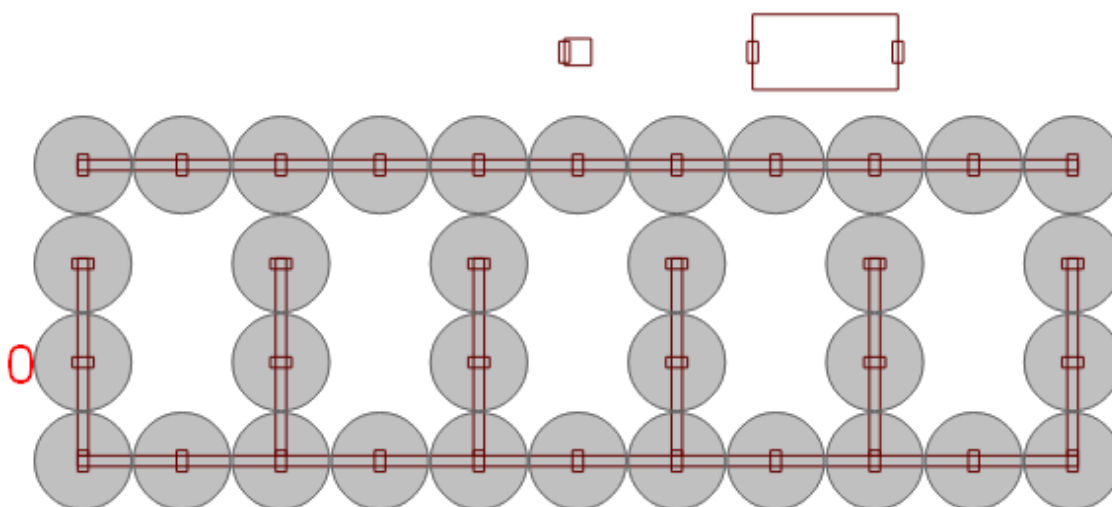
Nota (1): según la Norma UNE EN-62305 (apartado 5.2) se considera la estructura en estudio más una distancia de 3m de seguridad.

Nota (2): he fijado una distancia mínima de 20 metros entre soportes.

Nota (3): en el precio total faltaría por sumar los metros de cable y el número de abrazaderas para fijar el cable.

Eficiencia de la cobertura de los pararrayos

En la figura siguiente se muestra la cobertura dada por una cierta distribución de pararrayos tal y como se mostrará en la aplicación. Las líneas rojas muestran la estructura y los soportes (pequeños rectángulos) donde se apoyan los pararrayos. Los círculos grises indican las zonas protegidas por cada pararrayos.



La calidad de la cobertura se puede juzgar muy fácilmente de forma visual.

En la figura anterior se puede apreciar que hay mucha *superficie sin proteger* (zona blanca en el interior del perímetro). También se observa que parte de la zona que protegen algunos pararrayos se *malgasta* porque se utiliza para cubrir la zona exterior del perímetro. Por otro lado, los círculos de los pararrayos no se *superponen* excesivamente, lo cual indica que no se desperdicia la protección de los mismos.

En este trabajo se ha diseñado un método para cuantificar las tres variables explicadas en el párrafo anterior:

- **Área sin proteger (ASP)**: se realiza un barrido por todo el perímetro interior y se cuentan los píxeles blancos.

$$ASP = \text{interior píxeles blancos} / \text{escala}^2$$

donde *escala* es la relación píxeles/metro utilizada en el dibujo de la pantalla.

- **Área superpuesta (AS)**: se calcula como la diferencia entre estos dos términos:
 - La suma del área de todos los círculos (AC) contados individualmente
 - El área sombreada en gris (AG) tanto interior (AGI) como exterior (AGE).

$$AS = AC - (AGI + AGE) = n \pi R^2 - (AGI + AGE)$$

donde n es el número de pararrayos y R el radio de protección de cada uno. Si no hay solapamiento entre círculos, ambas áreas coinciden y el solapamiento es nulo. Cuanto más se superponen los círculos, menor es el área sombreada y, por tanto, mayor es el solapamiento.

- **Área malgastada (AM)**: se define como la suma de superficie sombreada en gris exterior y área superpuesta. Puede ser un buen indicador de la eficiencia de la distribución y radio de los pararrayos. Un valor grande del área malgastada indica que se los pararrayos se están utilizando para proteger zonas que no son importantes.

$$AM = AGE + AS$$

En las tablas de resultados se mostrarán las tres áreas anteriores en porcentaje respecto al área interior del perímetro.

Es importante indicar que los valores de las tres áreas son aproximados, ya que se han calculado de forma gráfica, lo cual implica errores por la resolución de la pantalla del ordenador.

8. CONCLUSIONES

Esta aplicación nos sirve para conocer el riesgo contra la pérdida de vidas humanas y pérdida de servicio público en una subestación. En caso de que el nivel de riesgo no sea aceptable por la Norma que he utilizado, UNE EN-62305, se tomarán medidas de protección externa y se instalarán pararrayos tipo Franklin o con dispositivo de cebado (PDC).

La aplicación mostrará una tabla con todos los pararrayos que hay incluidos en la base de datos y dispuestos según el tipo de patrón. En este caso he incluido los de la empresa Ingesco para la protección externa.

En función del nivel de protección que queramos adoptar elegiremos uno de la lista y pinchando sobre el *Caso* (columna izquierda) veremos la planta de la estructura que queremos proteger de tal forma que ayuda al usuario a decidir qué protección colocar.

Este estudio nos reporta algunas ventajas como pueden ser:

- Evitar los daños en las estructuras. Principalmente en los transformadores, aparamenta y personas a campo abierto.
- Evitar la destrucción de equipos por impacto directo del rayo.
- Evitar pérdidas económicas producidas por paradas como consecuencia del impacto de un rayo

Después de haber comparado los resultados de ambos tipos de protección externa puedo observar que para un mismo nivel de protección y un mismo patrón (es decir, misma cantidad de pararrayos) nos sale más barata la instalación de puntas Franklin que de PDC. Hay que decir que la diferencia entre el precio de una punta Franklin y una PDC es bastante notable.

Sin embargo, como tenemos una amplia gama de pararrayos PDC con distintos radios de protección no será necesario instalar un número elevado de éstos. Escogiendo uno que abarque más radio será suficiente y disminuirá el precio.

9. TRABAJO FUTURO

A esta aplicación se le podrían añadir algunas mejoras pero que por falta de tiempo y otras por falta de experiencia no he podido llevar a cabo.

Estas serían:

- Que la aplicación genere automáticamente un informe del estudio y que se pueda imprimir.
- Poder guardar los estudios en una base de datos y que se puede acceder a ella mediante usuario y contraseña.
- En la parte de dibujo se podrían pensar otro tipo de patrones para optimizar al máximo el área que cubre la superficie.
- Pedir al usuario unas coordenadas en las que introducir los soportes.

ANEXO A

Cálculo de radio de protección para dispositivos PDC

En la Norma UNE 21186:1996 (apartado 2.2.3.2) se explica cómo se calcula el radio de protección de un PDC en función de su altura.

Esta ecuación se puede emplear para $h \geq 5\text{m}$

$$R_p = \sqrt{2Dh - h^2 + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

En caso de que la altura fuera menor a 5 metros, se utilizarían los gráficos que aparecen en las figuras 2.2.3.3 a, b y c.

R_p = radio de protección.

h = altura de la punta del PDC en relación al plano horizontal que pasa por el vértice del elemento a proteger.

$$\Delta L_{(m)} = v_{(m/\mu s)} \times \Delta t_{(\mu s)}$$

$v_{(m/\mu s)}$ = velocidad de propagación de los trazadores. Supondremos el valor medio que es de $1\text{m}/\mu\text{s}$

$\Delta t_{(\mu s)}$ = cada PDC se caracteriza por su avance de cebado que es determinado mediante pruebas de laboratorio.

D	Nivel I	20m
	Nivel II	45m
	Nivel III	60m

Ejemplo:







$$\Delta t = 25 \mu\text{s}; v = 1\text{m}/\mu\text{s} \longrightarrow \Delta L = 25 \times 1 = 25\text{m}$$

$$h = 20\text{m}; D(\text{nivel I}) = 20\text{m}$$

$$R_p = \sqrt{2Dh - h^2 + \Delta L(2D + \Delta L)} = \sqrt{2 \times 20 \times 20 - 20^2 + 25(2 \times 20 + 25)} = 45\text{m}$$

Si ahora miramos la tabla de Ingesco, podemos encontrar que para una altura de 20m, avance de cebado de 25 μs y Nivel I, nos da el mismo valor.

MODELOS / NIVELES DE PROTECCIÓN :

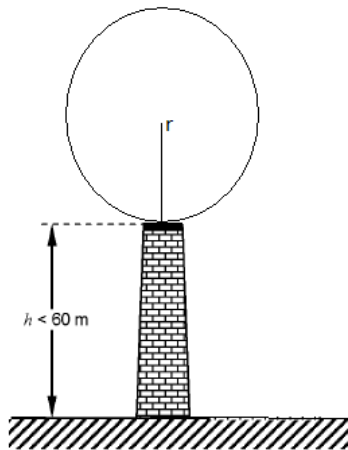
	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3	PDC 6.4
Pararrayos INGESCO Modelo						
Referencia	101000	101001	101003	101005	101008	101009
Peso	1.950 kg	2.900 kg	3.100 kg	3.200 kg	3.500 kg	3.900 kg
Δt	15 μs	25 μs	34 μs	43 μs	54 μs	60 μs
NIVEL I	35 m	45 m	54 m	63 m	74 m	80 m
NIVEL II	43 m	54 m	63 m	72 m	83 m	89 m
NIVEL III	54 m	65 m	74 m	84 m	95 m	102 m
NIVEL IV	63 m	75 m	85 m	95 m	106 m	113 m

Radio de protección calculados según: norma UNE 21.186:1996/1M:2009 y NFC 17.102 rectificatif Janvier 2009. (Estos radios de protección han sido calculados según una diferencia de altura entre la punta del pararrayos y el plano horizontal considerado, de 20 m).

ANEXO B

Método de la esfera rodante

El emplazamiento de la punta del pararrayos será adecuado si ningún punto de la estructura protegida está en contacto con una esfera de radio r (en función de la clase de SPCR) rodando alrededor y en la parte superior de la estructura.



En todas las estructura cuya altura sea superior al radio de la esfera rodante “ r ” se pueden producir descargas laterales pero en el caso de altura inferiores a 60m, como va a ser nuestro caso, son generalmente despreciables.

ANEXO C

Código HTML

```

<html>

  <head> <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8">
    <title> Evaluación Riesgo según UNE-EN 62305-2
    </title>
  </head>

  <script language="JavaScript" src ="dibujo_circulos.js"> </script>
  <script language="JavaScript" src ="ree.js"> </script>

  <style type="text/css">
    @import "estilos.css";
  </style>

  <body onload="init_botones()">

  <form name="form1">

  <hr>

  <center>
  <input class="button" name="bot1" value="Datos generales" onclick="boton1()">
  <input class="button" name="bot2" value="Parque" onclick="boton2()">
  <input class="button" name="bot3" value="Edificio de control" onclick="boton3()">
  <input class="button" name="bot4" value="Resultados" onclick="boton4()">
  <input class="button" name="bot5" value="Variables" onclick="boton5()">
  <input class="button" name="bot6" value="Gráficos" onclick="boton6()">

  </center>

  <hr>

  <div id="zona1">

  <br>
  <H3> Datos del proyecto </H3>
  <fieldset>
  <legend><b>Datos generales</b></legend>
  <table id="dat_gen" border="0">
    <tr>
      <td>Proyecto: </td>
      <td><input type="text" name="proy" text-align:left size="40"></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Dirección: </td>
      <td><input type="text" size="40"></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Población:</td>
      <td> <input type="text"></td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Provincia:</td>
      <td> <input type="text"></td>
    </tr>
  </table>
  <br>

  <!-- Icono de ayuda -->
  

  Índice isocerámico: <input type="text" name="Ng" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=3.961> (rayos / km<sup>2</sup>- año)

```

```

<br>
<a href="imag/mapa.jpg" target="_blank" onClick="window.open(this.href, this.target,
'width=812,height=512'); return false;"> Ver mapa isocerámico de España</a>

<br>
<br>
Zonas a proteger:
  <select name="Num_Zon" onChange="cambio_num_zonas();">
    <option value="1"> Sólo parque </option>
    <option value="2"> Parque y zona de control</option>
  </select> <br><br>
</fieldset>

<br>
<br>
<H3> Características de las estructuras </H3>
<fieldset>
<legend><b>Características de la estructura</b></legend>
<br>

<table border="0">
<tr>
  <td>
Dimensiones de la <b>zona parque</b> a proteger:
<br>

<table border="0" align="right">
  <tr>
    <td> Longitud de la estructura </td>
    <td> <input type="text" name="longitud" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=184> </td>
    <td> (m) </td>
  </tr>
  <tr>
    <td> Anchura de la estructura </td>
    <td> <input type="text" name="anchura" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=55> </td>
    <td> (m) </td>
  </tr>
  <tr>
    <td> Altura de la estructura </td>
    <td> <input type="text" name="altura" size="4" onkeypress="return validar(event)"
value=17> </td>
    <td> (m) </td>
  </tr>
</table>
</td>
<td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td>

<td>
¿Existe una estructura adyacente?
<input type="radio" name="adyacente" value="1" onChange="adya();" checked >No
<input type="radio" name="adyacente" value="0" onChange="adya();" >Sí

<br>

<table name="adyacente_b" border="0" align="right">
  <tr>
    <td> Longitud de la estructura </td>
    <td> <input type="text" name="longitudB" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=0> </td>
    <td> (m) </td>
  </tr>

```

```

        </tr>
        <tr>
            <td> Anchura de la estructura </td>
            <td> <input type="text" name="anchuraB" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=0> </td>
            <td> (m) </td>
        </tr>
        <tr>
            <td> Altura de la estructura </td>
            <td> <input type="text" name="alturaB" size="4" onkeypress="return validar(event)"
value=0> </td>
            <td> (m) </td>
        </tr>
    </table>
</td>
</table>

<table border="0">
<td>
<br>
Dimensiones de la <b>zona de control</b> a proteger:
<br>
<table border="0" align="right">
    <tr>
        <td> Longitud de la estructura </td>
        <td> <input type="text" name="longitud_control" size="4" onkeypress="return
validar(event)" value=20> </td>
        <td> (m) </td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Anchura de la estructura </td>
        <td> <input type="text" name="anchura_control" size="4" onkeypress="return
validar(event)" value=10> </td>
        <td> (m) </td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Altura de la estructura </td>
        <td> <input type="text" name="altura_control" size="4" onkeypress="return validar
(event)" value=10> </td>
        <td> (m) </td>
    </tr>
</table>
</td>
<td></td>
</table>

<br>
Tipo de medidas de protección:
<br>
    <select name="Pa">
        <option value="1"> Sin medidas de protección </option>
        <option value="1E-2"> Aislamiento eléctrico de los conductores expuestos (ej. al
menos 3mm de polietileno reticulado)</option>
        <option value="1E-2" selected='selected'> Equipotencialización efectiva del
terreno </option>
        <option value="1E-1"> Avisos </option>
    </select>

<br>
<br>

<fieldset>
<legend><i>Línea eléctrica</i></legend>

Existencia de transformador MT/BT: <!-- Esto es para saber Ct-->
    <select name="Ct">

```

```

        <option value="0.2"> Transformador</option>
        <option value="1"> Sin transformador</option>
    </select>

<br>
<br> Número de líneas conectadas: <input type="text" name="n_lineas" size="3"
onkeypress="return validar(event)" value="6">
<br>

<br> Tipo de cable externo:
<select name="apantall">
    <option value="1"> Apantallado</option>
</select>
</fieldset>
</fieldset>

<br>

<H3>Características de los sistemas de potencia y de las líneas de potencia conectadas</
H3>
<fieldset>
<legend><b>Línea de potencia aérea (BT)</b></legend>

<table border="0">
<tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio </td>
<td> <input type="text" name="alt_Ha_BT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=0> </td>
<td> (m) </td>
<td>

</td>
</tr>
<tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio </td>
<td> <input type="text" name="alt_Hb_BT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=17> </td>
<td> (m) </td>
<td>

</td>
<td align=center width=200px> <a href="imag/Superf_capt.jpg" target="_blank"
onClick="window.open(this.href, this.target,
'width=810,height=388'); return false;">Ver imagen </a>
</td>
</tr>
<tr>
<td> Altura de los conductores sobre el terreno </td>
<td> <input type="text" name="alt_Hc_BT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=9> </td>
<td> (m) </td>
</tr>
</table>

</fieldset>
<br>

<fieldset>
<legend><b>Línea de potencia aérea (AT)</b></legend>

<table border="0">
<tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio
</td>
<td> <input type="text" name="alt_Ha_AT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=0> </td>
<td> (m) </td>

```

```
</tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio
      </td>
<td>      <input type="text" name="alt_Hb_AT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=17>      </td>
<td> (m) </td>
</tr>
<td> Altura de los conductores sobre el terreno
      </td>
<td> <input type="text" name="alt_Hc_AT" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=30>      </td>
<td> (m) </td>
</tr>
</table>
</fieldset>

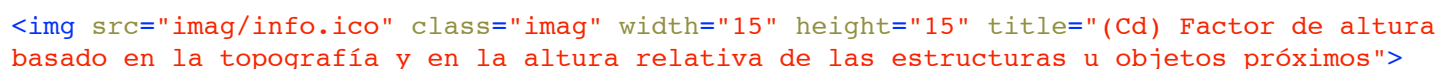
<br>
<br>
```

<H3> Características de los sistemas de telecomunicación y de las líneas de telecomunicación conectadas </H3>

```
<fieldset>
<legend><b>Línea de telecomunicaciones aérea</b></legend>
```

```
<table border="0">
<tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "a" del servicio
      </td>
<td>      <input type="text" name="alt_Ha_TL" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=0>      </td>
<td> (m) </td>
</tr>
<td> Altura estructura conectada al extremo "b" del servicio
      </td>
<td>      <input type="text" name="alt_Hb_TL" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=17>      </td>
<td> (m) </td>
</tr>
<td> Altura de los conductores sobre el terreno
      </td>
<td> <input type="text" name="alt_Hc_TL" size="3" onkeypress="return validar(event)"
value=6>      </td>
<td> (m) </td>
</tr>
</table>
</fieldset>
</div>
```

```
<div id="zona2">
<br>
<H3> Características de la zona PARQUE </H3>
<fieldset>
<legend><b>Características</b></legend>
```



Situación respecto a los alrededores: <!-- Esto es para saber Cd en parque-->

```
<br>
  <select name="situ_rela_parque">
    <option value="0.25"> Objeto rodeado por objetos más altos o por árboles</
option>
    <option value="0.5">Objeto rodeado por objetos o árboles de la misma altura o
más pequeños</option>
```



```
    <option value="1" selected='selected'>Objeto aislado: sin otros objetos en las
proximidades</option>
    <option value="2">Objeto aislado en la parte superior de una colina o de un
montículo</option>
</select> <br><br>
```

```

```

```
Riesgo de incendio:      <!-- Esto es para saber rf en parque-->
<br>
```

```
    <select name="rf_parque">
        <option value="1"> Explosión</option>
        <option value="1E-1" selected='selected'>Alto</option>
        <option value="1E-2">Normal</option>
        <option value="1E-3">Bajo</option>
        <option value="0">Ninguno</option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```
Tipos de daños especiales:      <!-- Esto es para saber hz en parque-->
<br>
```

```
    <select name="hz_parque">
        <option value="1"> Sin daño especial</option>
        <option value="2" selected='selected'> Nivel bajo de pánico (Ej. nº personas <
100)</option>
        <option value="5"> Nivel medio de pánico (Ej. Estructura para eventos <1000
pers.)</option>
        <option value="5"> Dificultad de evacuación (Ej. Estructuras con personas
inválidas, hospitales)</option>
        <option value="10" > Nivel alto de pánico (Ej. Estructura para eventos >1000
pers.)</option>
        <option value="20"> Riesgos para el ambiente o los alrededores</option>
        <option value="50"> Contaminación de los alrededores o del ambiente</option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```
Medidas tomadas para reducir los efectos del fuego:      <!-- Esto es para saber rp en
parque -->
<br>
```

```
    <select name="rp_parque">
        <option value="1"> Sin medidas </option>
        <option value="1"> Estructura con riesgo de explosión</option>
        <option value="0.5"> Medidas manuales: extintores, alarmas, tomas de agua, vía
de evacuación compartimentos a prueba de fuego </option>
        <option value="0.2" selected='selected'> Medidas automáticas: instalaciones
fijas de extinción automáticas; instalaciones automáticas de alarma </option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```
Tipo de estructura:      <!-- Esto es para saber Lt en parque -->
<br>
```

```
    <select name="Lt_parque">
        <option value="1E-4"> Personas en el interior del edificio </option>
        <option value="1E-2" selected='selected'> Personas en el exterior del edificio
</option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```

Tipo de terreno:  <!-- Esto es para saber ru en el parque (factor reductor)-->
<br>
    <select name="ru_parque">
        <option value="1E-2"> Agrícola, hormigón (Resistencia de contacto ≤ 1kΩ) </
option>
        <option value="1E-3"> Mármol, cerámica (Resistencia de contacto 1kΩ-10kΩ)</
option>
        <option value="1E-4" selected='selected'> Grava, moqueta, alfombra (Resistencia
de contacto 10kΩ-100kΩ) </option>
        <option value="1E-5"> Asfalto, linóleo, madera (Resistencia de contacto
≥100kΩ) </option>
    </select> <br><br>
</div>
</fieldset>

<div id="zona3">
<br>
<H3> Características de la zona EDIFICIO DE CONTROL </H3>
<fieldset>
<legend><b>Características</b></legend>


Situación respecto a los alrededores: <!-- Esto es para saber Cd en control-->
<br>
    <select name="situ_rela_control">
        <option value="0.25"> Objeto rodeado por objetos más altos o por árboles</
option>
        <option value="0.5">Objeto rodeado por objetos o árboles de la misma altura o
más pequeños</option>
        <option value="1" selected='selected'>Objeto aislado: sin otros objetos en las
proximidades</option>
        <option value="2">Objeto aislado en la parte superior de una colina o de un mont
&iacute;culo</option>
    </select> <br><br>


Riesgo de incendio:  <!-- Esto es para saber rf en control-->
<br>
    <select name="rf_control">
        <option value="1">Explosión</option>
        <option value="1E-1">Alto</option>
        <option value="1E-2">Normal</option>
        <option value="1E-3" selected='selected'>Bajo</option>
        <option value="0">Ninguno</option>
    </select> <br><br>



Tipos de daños especiales:  <!-- Esto es para saber hz en control-->
<br>
    <select name="hz_control">
        <option value="1"> Sin daño especial</option>
        <option value="2" selected='selected'>Nivel bajo de pánico (Ej. nº personas <
100)</option>
        <option value="5">Nivel medio de pánico (Ej. Estructura para eventos <1000
pers.)</option>
        <option value="5">Dificultad de evacuación (Ej. Estructuras con personas
inválidas, hospitales)</option>
        <option value="10">Nivel alto de pánico (Ej. Estructura para eventos >1000 pers.)
</option>
    </select>

```

```
    <option value="20">Riesgos para el ambiente o los alrededores</option>
    <option value="50">Contaminación de los alrededores o del ambiente</option>
</select> <br><br>
```

```

```

```
Medidas tomadas para reducir los efectos del fuego: <!-- Esto es para saber rp en
control -->
```

```
<br>
    <select name="rp_control">
        <option value="1"> Sin medidas </option>
        <option value="1"> Estructura con riesgo de explosión</option>
        <option value="0.5"> Medidas manuales: extintores, alarmas, tomas de agua, vía
de evacuación, compartimentos a prueba de fuego </option>
        <option value="0.2" selected='selected'> Medidas automáticas: instalaciones
fijas de extinción automáticas; instalaciones automáticas de alarma </option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```
Tipo de estructura: <!-- Esto es para saber Lt en control -->
```

```
<br>
    <select name="Lt_control">
        <option value="1E-4" selected='selected'> Personas en el interior del edificio
</option>
        <option value="1E-2"> Personas en el exterior del edificio </option>
    </select> <br><br>
```

```

```

```
Tipo de terreno: <!-- Esto es para saber ru en edif.control (factor reductor)-->
```

```
<br>
    <select name="ru_control">
        <option value="1E-2"> Agrícola, hormigón (Resistencia de contacto  $\leq 1k\Omega$ ) </
option>
        <option value="1E-3" selected='selected'> Mármol, cerámica (Resistencia de
contacto  $1k\Omega-10k\Omega$ )</option>
        <option value="1E-4"> Grava, moqueta, alfombra (Resistencia de contacto
 $10k\Omega-100k\Omega$ ) </option>
        <option value="1E-5"> Asfalto, linóleo, madera (Resistencia de contacto
 $\geq 100k\Omega$ ) </option>
    </select> <br><br>
</div>
</fieldset>
```

```
<div id="zona4">
```

```
<br>
<fieldset>
<legend><b>Nivel de protección</b></legend> <!-- Esto es para saber Pb -->
```

```
    <select name="Pb">
        <option value="1"> Estructura no protegida por un SPCR </option>
        <option value="0.02"> Estructura protegida por un SPCR (Nivel I) </option>
        <option value="0.05"> Estructura protegida por un SPCR (Nivel II) </option>
        <option value="0.1"> Estructura protegida por un SPCR (Nivel III) </option>
        <option value="0.2"> Estructura protegida por un SPCR (Nivel IV) </option>
```

```

</select>

<input class="botcalc" name="bot6" value="Calcular" onclick="boton4()">
</fieldset>

<br>
<table align=center>
<br>
<tr>
    <th id="cabecera_tabla_resultados"></th>
</tr>
</table>

<br>
<fieldset>
<legend><b>Riesgo R<sub>1</sub> "Pérdida de vidas humanas" </b></legend>
<br>

<div id="tabla_resul_R1">
<table border="1" bgcolor=white align=center bordercolor=#000000>
<tr>
    <td colspan="5" align=center> Composición del riesgo R<sub>1</sub> en relación con
    la estructura</td>
</tr>
<tr>
    <th width="200"> Símbolo </th>
    <th> Zona Parque </th>
    <th> Zona Edif. Control </th>
    <th> Estructura </th>
    <th> Porcentaje (%) </th>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños a seres vivos (Estructura)">
    R<sub>A</sub> </td>
    <td id="Ra_parque"> -- </td>
    <td id="Ra_control"> -- </td>
    <td id="Ra_estructura"> -- </td>
    <td id="Ra_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos (Estructura)">
    R<sub>B</sub> </td>
    <td id="Rb_parque"> -- </td>
    <td id="Rb_control"> -- </td>
    <td id="Rb_estructura"> -- </td>
    <td id="Rb_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos (Servicio conectado a
    la estructura)"> R<sub>U</sub> (línea potencia BT) </td>
    <td id="Ru_BT_parque"> -- </td>
    <td id="Ru_BT_control"> -- </td>
    <td id="Ru_BT_estructura"> -- </td>
    <td id="Ru_BT_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos (Servicio conectado a
    la estructura)"> R<sub>U</sub> (línea potencia AT) </td>
    <td id="Ru_AT_parque_total"> -- </td>
    <td id="Ru_AT_control_total"> -- </td>
    <td id="Ru_AT_estructura_total"> -- </td>
    <td id="Ru_AT_tot_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>

```

```

        <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos (Servicio conectado a
la estructura)"> R<sub>U</sub> (línea de telecom.) </td>
        <td id="Ru_TL_parque"> -- </td>
        <td id="Ru_TL_control"> -- </td>
        <td id="Ru_TL_estructura"> -- </td>
        <td id="Ru_TL_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura
(Servicio conectado a la estructura)"> R<sub>V</sub> (línea potencia BT) </td>
        <td id="Rv_BT_parque"> -- </td>
        <td id="Rv_BT_control"> -- </td>
        <td id="Rv_BT_estructura"> -- </td>
        <td id="Rv_BT_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura
(Servicio conectado a la estructura)"> R<sub>V</sub> (línea potencia AT) </td>
        <td id="Rv_AT_parque_total"> -- </td>
        <td id="Rv_AT_control_total"> -- </td>
        <td id="Rv_AT_estructura_total"> -- </td>
        <td id="Rv_AT_tot_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura
(Servicio conectado a la estructura)"> R<sub>V</sub> (línea de telecom.) </td>
        <td id="Rv_TL_parque"> -- </td>
        <td id="Rv_TL_control"> -- </td>
        <td id="Rv_TL_estructura"> -- </td>
        <td id="Rv_TL_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td bgcolor=#E6E6E6 title="Riesgo por la pérdida de vidas humanas"> TOTAL R<sub>1</sub></
sub> (10<sup>-5</sup>) </td>
        <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
        <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
        <td bgcolor=#E6E6E6 id="Total_R1"> -- </td>
        <td></td>
</tr>
</table>
</div>

```

```

<br>

<div id="tabla_composicion_R1_di">
<table border="1" align=center bgcolor=white bordercolor=#000000>
<tr>
        <td colspan="5" align=center> Composición del riesgo R<sub>1</sub> en función de la
fuente de daño </td>
</tr>
<tr>
        <th> Símbolo </th>
        <th> Zona Parque </th>
        <th> Zona Edif. Control </th>
        <th> Estructura </th>
        <th> Porcentaje (%) </th>
</tr>
<tr>
        <td width="150" title="Riesgo por descargas en la estructura. RD = RA + RB + RC ">
R<sub>D</sub> </td>
        <td id="Rd_parque"> -- </td>
        <td id="Rd_control"> -- </td>
        <td id="Rd"> -- </td>
        <td id="Rd1_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>

```

```

    <td title="Riesgo por descargas que aunque no impacten en la estructura tienen
influencia en ella. RI = RM + RU + RV + RW + RZ"> R<sub>I</sub> </td>
    <td id="Ri_parque"> -- </td>
    <td id="Ri_control"> -- </td>
    <td id="Ri"> -- </td>
    <td id="Ri1_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td bgcolor=#E6E6E6> TOTAL R<sub>1</sub> (10<sup>-5</sup>) </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id="Total_R1_di"> -- </td>
    <td></td>
</tr>
</table>
</div>
<br>

<div id="tabla_composicion_R1_sfo">
<table border="1" align=center bgcolor=white bordercolor=#000000>
<tr>
    <td colspan="5" align=center> Composición del riesgo R<sub>1</sub> en función del
tipo de daño </td>
</tr>
<tr>
    <th> Símbolo </th>
    <th> Zona Parque </th>
    <th> Zona Edif. Control </th>
    <th> Estructura </th>
    <th> Porcentaje (%) </th>
</tr>
<tr>
    <td title="Riesgo por daños a los seres vivos. Rs = RA + RU"> R<sub>S</sub> </td>
    <td id="Rs_parque"> -- </td>
    <td id="Rs_control"> -- </td>
    <td id="Rs"> -- </td>
    <td id="Rs1_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Riesgo por daños físicos. Rf = RB + RV "> R<sub>F</sub> </td>
    <td id="Rf_parque"> -- </td>
    <td id="Rf_control"> -- </td>
    <td id="Rf"> -- </td>
    <td id="Rf1_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Riesgo por fallo de los sistemas internos. Ro = RM + RC + RW + RZ">
R<sub>O</sub> </td>
    <td id="Ro_parque"> -- </td>
    <td id="Ro_control"> -- </td>
    <td id="Ro"> -- </td>
    <td id="Ro1_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td bgcolor=#E6E6E6> TOTAL R<sub>1</sub> (10<sup>-5</sup>) </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
    <td bgcolor=#E6E6E6 id="Total_R1_sfo"> -- </td>
    <td></td>
</tr>
</table>
</div>
</fieldset> <!-- fin recuadro R1 -->

<br>
<br>

```

```

<fieldset>
<legend><b>Riesgo R2 "Pérdida de servicio público"</b></legend>
<br>
<div id="tabla_resul_R2">
<table border="1" align=center bgcolor=white bordercolor=#000000>
<tr>
    <td colspan="5" align=center> Riesgo R<sub>2</sub> en relación con la estructura</
td>
</tr>
<tr>
    <th> Símbolo </th>
    <th> Zona Parque </th>
    <th> Zona Edif. Control </th>
    <th> Estructura </th>
    <th> Porcentaje (%) </th>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos (Estructura)">
R<sub>B</sub></td>
    <td id="Rb2_parque"> -- </td>
    <td id="Rb2_control"> -- </td>
    <td id="Rb2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rb2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno
(Estructura)"> R<sub>C</sub></td>
    <td id="Rc2_parque"> -- </td>
    <td id="Rc2_control"> -- </td>
    <td id="Rc2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rc2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera fallo de un servicio interno (Cerca
de la estructura)"> R<sub>M</sub></td>
    <td id="Rm2_parque"> -- </td>
    <td id="Rm2_control"> -- </td>
    <td id="Rm2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rm2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera daños físicos en la estructura
(Servicio conectado a la estructura)"> R<sub>V</sub></td>
    <td id="Rv2_parque"> -- </td>
    <td id="Rv2_control"> -- </td>
    <td id="Rv2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rv2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos (Servicio
conectado a la estructura)" > R<sub>W</sub></td>
    <td id="Rw2_parque"> -- </td>
    <td id="Rw2_control"> -- </td>
    <td id="Rw2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rw2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
    <td title="Componente del riesgo que considera fallo de sistemas internos (Cerca de
un servicio conectado a la estructura)"> R<sub>Z</sub></td>
    <td id="Rz2_parque"> -- </td>
    <td id="Rz2_control"> -- </td>
    <td id="Rz2_estructura"> -- </td>
    <td id="Rz2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>

```

```
  |
```

```

<br>
<div id="tabla_composicion_R2_di">
<table border="1" align=center bgcolor=white bordercolor=#000000>
<tr>
  | | | | |
```

```

<br>
<div id="tabla_composicion_R2_sfo">
<table border="1" align=center bgcolor=white bordercolor=#000000>
<tr>
  | | | | |
```



```

<tr>
  <td title="Riesgo por daños a los seres vivos. Rs = RA + RU"> R<sub>S</sub> </td>
  <td id="Rs2_parque"> -- </td>
  <td id="Rs2_control"> -- </td>
  <td id="Rs2"> -- </td>
  <td id="Rs2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td title="Riesgo por daños físicos. Rf = RB + RV "> R<sub>F</sub> </td>
  <td id="Rf2_parque"> -- </td>
  <td id="Rf2_control"> -- </td>
  <td id="Rf2"> -- </td>
  <td id="Rf2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td title="Riesgo por fallo de los sistemas internos. Ro = RM + RC + RW + RZ ">
R<sub>O</sub> </td>
  <td id="Ro2_parque"> -- </td>
  <td id="Ro2_control"> -- </td>
  <td id="Ro2"> -- </td>
  <td id="Ro2_estructura_porc"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td bgcolor=#E6E6E6> TOTAL R<sub>2</sub> (10<sup>-3</sup>) </td>
  <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
  <td bgcolor=#E6E6E6 id=""> -- </td>
  <td bgcolor=#E6E6E6 id="Total_R2_sfo"> -- </td>
  <td></td>
</tr>
</table>
</div> <!-- Fin tabla descomp. R2-->
</fieldset>

</div> <!-- Fin zona 4-->

<div id="zona5" > <!-- Inicio zona 5 "Calculos"-->

<H3>Constantes utilizadas:</H3>
<table border="3" align=center width="90%">
<tr>
  <th> Símbolo </th>
  <th> Definición </th>
  <th> Valor </th>
</tr>
<tr>
  <td> <b>L<sub>f</sub></b></td>
  <td> Pérdidas debidas a daños físicos en función del tipo de estructura (Véase TABLA C1 EN 62305-2) </td>
  <td id="Lf_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>L<sub>c</sub></b></td>
  <td> Longitud de la sección del servicio desde la estructura hasta el primer nudo (m) </td>
  <td id="Lc_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>C<sub>e</sub></b></td>
  <td> Factor ambiental. Este valor será constante siendo Ambiente Rural (Véase TABLA A.5 EN 62305-2) </td>
  <td id="Ce_mostrar"> -- </td>
</tr>
</table>

```

```

<br>
<H3>Impactos de rayo en las distintas superficies:</H3>
<table border="3" align=center width="90%">
<tr>
  <th> Símbolo </th>
  <th> Definición </th>
  <th> Valor (1/año) </th>
</tr>
<tr>
  <td> <b>A<sub>d</sub></b></td>
  <td> Superficie de captación de descargas directas en la estructura </td>
  <td id="Ad_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>A<sub>i</sub></b> (P; BT,AT,TL)</td>
  <td>Superficie de captación de descargas cerca de la línea de potencia aérea de BT</td>
  <td id="Ai_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>A<sub>l</sub></b> (P; BT)</td>
  <td>Superficie de captación de descargas en la línea de potencia aérea de BT</td>
  <td id="Al_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>A<sub>l</sub></b> (P; AT)</td>
  <td> Superficie de captación de descargas en la línea de potencia aérea de AT</td>
  <td id="Al_AT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>A<sub>l</sub></b> (T)</td>
  <td> Superficie de captación de descargas en la línea de telecomunicaciones aérea</td>
  <td id="Al_TL_mostrar"> -- </td>
</tr>
</table>

```

```

<br>
<H3>Número de posibles sucesos peligrosos al año:</H3>
<table border="3" align=center width="90%">
<tr>
  <th> Símbolo </th>
  <th> Definición </th>
  <th> Valor (m<sup>2</sup>) </th>
</tr>
<tr>
  <td> <b>N<sub>d</sub></b></td>
  <td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas en una estructura (extremo "b" del servicio) </td>
  <td id="Nd_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>N<sub>da</sub></b></td>
  <td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas en una estructura adyacente (extremo "a" del servicio) </td>
  <td id="Nda_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>N<sub>L</sub></b> (P; BT)</td>
  <td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas en la línea de potencia aérea de BT </td>
  <td id="Nl_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>N<sub>i</sub></b> (P; BT)</td>

```

<td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas cerca de la línea de potencia aérea de BT </td>	<td id="Ni_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>	</tr>
<td> N_L (P; AT)</td>	<td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas en la línea de potencia aérea de AT </td>
<td id="Nl_AT_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> N_i (P; BT)</td>	<td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas cerca de la línea de potencia aérea de AT </td>
<td id="Ni_AT_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> N_L (TL)</td>	<td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas en la línea de telecomunicaciones aérea </td>
<td id="NL_linea_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> N_i (TL)</td>	<td> Número de sucesos peligrosos al año por descargas cerca de la línea de telecomunicaciones aérea </td>
<td id="Ni_cerca_mostrar"> -- </td>	</tr>

<H3>Características zona parque:</H3>

<td> C_d</td>	<td> Factor de emplazamiento </td>
<td id="cd_p_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> r_f</td>	<td> Factor reductor de pérdidas asociado al riesgo de incendio </td>
<td id="rf_p_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> h_z</td>	<td> Factor amplificador de pérdidas por riesgo especial </td>
<td id="hz_p_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> r_p</td>	<td> Factor reductor de las pérdidas por medidas contra incendios </td>
<td id="rp_p_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> L_t</td>	<td> Pérdidas por daños causador por tensiones de paso y de contacto </td>
<td id="Lt_p_mostrar"> -- </td>	</tr>
<td> r_u</td>	<td> Factor reductor asociado con el tipo de superficie del suelo </td>
<td id="ru_p_mostrar"> -- </td>	</tr>

```
</tr>
</table>
```

<H3>Características zona control:</H3>

```
<table border="3" align=center width="90%">
```

```
<tr>
  <th> Símbolo </th>
  <th> Definición </th>
  <th> Valor </th>
</tr>
<tr>
  <td> <b>C<sub>d</sub></b></td>
  <td> Factor de emplazamiento </td>
  <td id="cd_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>r<sub>f</sub></b></td>
  <td> Factor reductor de pérdidas asociado al riesgo de incendio </td>
  <td id="rf_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>h<sub>z</sub></b></td>
  <td> Factor amplificador de pérdidas por riesgo especial </td>
  <td id="hz_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>r<sub>p</sub></b></td>
  <td> Factor reductor de las pérdidas por medidas contra incendios </td>
  <td id="rp_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>L<sub>t</sub></b></td>
  <td> Pérdidas por daños causador por tensiones de paso y de contacto </td>
  <td id="Lt_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>r<sub>u</sub></b></td>
  <td> Factor reductor asociado con el tipo de superficie del suelo </td>
  <td id="ru_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
</table>
```

```
<br>
<H3>Evaluación de la probabilidad de daños en la estructura:</H3>
<table border="3" align=center width="90%">
<tr>
  <th> Símbolo </th>
  <th> Definición </th>
  <th> Valor </th>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>a</sub></b></td>
  <td> Probabilidad de daños a seres vivos por descargas en la estructura </td>
  <td id="Pa_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>b</sub></b></td>
  <td> Probabilidad de daños físicos en una estructura por descargas en ella </td>
  <td id="Pb_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>c</sub></b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas en la estructura
  <td id="Pc_mostrar"> -- </td>
</tr>
```

```
<tr>
  <td> <b>P<sub>m</sub>(AT)</b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de la
estructura </td>
  <td id="Pm_AT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>m</sub>(BT)</b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de la
estructura </td>
  <td id="Pm_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>m</sub>(TL)</b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de la
estructura </td>
  <td id="Pm_TL_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>u</sub>(AT)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños a seres vivos por descargas en un servicio conectado </
td>
  <td id="Pu_AT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>u</sub>(BT)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños a seres vivos por descargas en un servicio conectado </
td>
  <td id="Pu_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>u</sub>(TL)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños a seres vivos por descargas en un servicio conectado </
td>
  <td id="Pu_TL_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>v</sub>(AT)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños físicos en una estructura por descargas en un servicio
conectado </td>
  <td id="Pv_AT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>v</sub>(BT)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños físicos en una estructura por descargas en un servicio
conectado </td>
  <td id="Pv_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>v</sub>(TL)</b></td>
  <td> Probabilidad de daños físicos en una estructura por descargas en un servicio
conectado </td>
  <td id="Pv_TL_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>w</sub>(AT)</b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas en un servicio
conectado </td>
  <td id="Pw_AT_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
  <td> <b>P<sub>w</sub>(BT)</b></td>
  <td> Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas en un servicio
conectado </td>
  <td id="Pw_BT_mostrar"> -- </td>
</tr>
```

P_w(TL)	Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas en un servicio conectado
P_z(AT)	Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de un servicio conectado
P_z(BT)	Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de un servicio conectado
P_z(TL)	Probabilidad de fallo de los sistemas internos por descargas cerca de un servicio conectado

Evaluación de pérdidas en una estructura:</H3>

Símbolo	Definición	Valor
L_A	Pérdidas relacionadas con los seres vivos	
L_B	L_B parque	Pérdidas en una estructura relacionadas con los daños físicos por descargas en la estructura
L_B	L_B control	Pérdidas en una estructura relacionadas con los daños físicos por descargas en la estructura
L_C	L_C	Pérdidas relacionadas con el fallo de los servicios internos por descargas en la estructura
L_M	L_M	Pérdidas relacionadas con el fallo de los servicios internos por descargas cerca de la estructura
L_U	L_U parque	

```

        <td> Pérdidas relacionadas con los daños en seres vivos por descargas en un servicio
</td>
        <td id="Lu_p_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td> <b>L<sub>U</sub> control</b></td>
        <td> Pérdidas relacionadas con los daños en seres vivos por descargas en un servicio
</td>
        <td id="Lu_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td> <b>L<sub>V</sub> parque</b></td>
        <td> Pérdidas en una estructura por daños físicos por descargas en un servicio</td>
        <td id="Lv_p_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td> <b>L<sub>V</sub> control</b></td>
        <td> Pérdidas en una estructura por daños físicos por descargas en un servicio</td>
        <td id="Lv_c_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td> <b>L<sub>W</sub></b></td>
        <td> Pérdidas relacionadas con el fallo de los sistemas internos por descargas en un
servicio</td>
        <td id="Lw_mostrar"> -- </td>
</tr>
<tr>
        <td> <b>L<sub>Z</sub></b></td>
        <td> Pérdidas relacionadas con el fallo de los sistemas internos por descargas cerca
de un servicio</td>
        <td id="Lz_mostrar"> -- </td>
</tr>
</table>
</div>

```

```

<div id="zona6" > <!-- Inicio zona 6 "Gráficos"-->

```

```

<H3> Listado de pararrayos y planta de la estructura </H3>

```

```

<fieldset>
<legend><b>Listado de pararrayos</b></legend>

```

```

<font size=3>Indique el porcentaje máximo sin cubrir que quiere mostrar:</font> <input
type="text" name="max_sin_cubrir" size="4" onkeypress="return validar(event)" value=40>
<br>

```

```

<font size=3>Indique el nivel de protección que quiere mostrar (1, 2, 3 ó 4):</font>
<input type="text" name="niv_mostrar" size="4" onkeypress="return validar(event)"
value=1>

```

```

<input class="botcalc" name="bot7" value="Mostrar" onclick="boton6()">
<br>
<br>

```

```

<b><center><font size=3 color=#FF0000> Nota: debe pasar el cursor por encima de la
columna "Casos" para mostrar las imagenes</font></center></b>
<br>

```

```

<table border=1 id="tabla" align="center">

```

```

<tr>
<th> Caso </th>
<th> Niv. Prot. </th>
<th> Modelo </th>
<th> Radio (m) </th>
<th> Patrón </th>
<th> N°Pararrayos </th>
<th> Area sin cubrir (m<sup>2</sup>) </th>
<th> Sin cubrir (%) </th>
<th> Superpuesto (%) </th>

```

```
<th> Malgastado (%) </th>
<th> Precio (€)</th>
<th> Precio Total (€)</th>
```

```
</tr>
</table>
```

```
<br>
<br>
<table border=0 id="precio">
  <tr >
    <b>Nota:</b> el precio total incluye los siguientes elementos por cada instalación
de pararrayos:
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Precio de las puntas</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Piezas de adaptación cabezal-mástil 1 1/2'' para cable</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Mástiles de 3m en acero inoxidable 1' 1/2''</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Juegos de fijación mástil-estructura</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Contadores de rayos</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
  <td>- Tarjetas PCS</td>
```

```
</tr>
```

```
  <tr>
```

```
    <td>- Tubos de protección</td>
```

```
</tr>
```

```
  <tr>
```

```
    <td>- Arquetas de registro</td>
```

```
</tr>
```

```
</table>
```

```
</fieldset>
```

```
<canvas id="graf0" width="600" height="400"></canvas>
```

```
</div> <!-- Fin zona 6 -->
```

```
</form>
```

```
<input type="hidden" id="indice_gbl">
```

```
</body>
```

```
</html>
```


ANEXO D

Código JAVASCRIPT

“ree.js”

```

// CONSTANTES
const PI=3.1416;
const Lf=1E-2; //Calculo de Rb (red de potencia siempre)
const Lc=1000; //longitud máxima de la norma
const Ce=1; //Factor ambiental siempre será Rural

//----- DATOS GENERALES
function boton1()
{
document.getElementById('zona1').style.display="";
document.getElementById('zona2').style.display="none";
document.getElementById('zona3').style.display="none";
document.getElementById('zona4').style.display="none";
document.getElementById('zona5').style.display="none";
document.getElementById('zona6').style.display="none";
document.form1.bot1.disabled=true;
document.form1.bot2.disabled=false;
if (document.form1.Num_Zon.value==2) document.form1.bot3.disabled=false;
document.form1.bot4.disabled=false;
document.form1.bot5.disabled=true;
document.form1.bot6.disabled=true;

document.form1.proy.focus();

}

//----- PARQUE
function boton2()
{
document.getElementById('zona1').style.display="none";
document.getElementById('zona2').style.display="";
document.getElementById('zona3').style.display="none";
document.getElementById('zona4').style.display="none";
document.getElementById('zona5').style.display="none";
document.getElementById('zona6').style.display="none";
document.form1.bot1.disabled=false;
document.form1.bot2.disabled=true;
if (document.form1.Num_Zon.value==2) document.form1.bot3.disabled=false;
document.form1.bot4.disabled=false;
document.form1.bot5.disabled=true;
document.form1.bot6.disabled=true;
}

//----- ZONA CONTROL
function boton3()
{
document.getElementById('zona1').style.display="none";
document.getElementById('zona2').style.display="none";
document.getElementById('zona3').style.display="";
document.getElementById('zona4').style.display="none";
document.getElementById('zona5').style.display="none";
document.getElementById('zona6').style.display="none";
document.form1.bot1.disabled=false;
document.form1.bot2.disabled=false;
document.form1.bot3.disabled=true;
document.form1.bot4.disabled=false;
document.form1.bot5.disabled=true;
document.form1.bot6.disabled=true;
}

//----- RESULTADOS
function boton4()
{
document.getElementById('zona1').style.display="none";

```

```

document.getElementById('zona2').style.display="none";
document.getElementById('zona3').style.display="none";
document.getElementById('zona4').style.display="";
document.getElementById('zona5').style.display="none";
document.getElementById('zona6').style.display="none";
document.form1.bot1.disabled=false;
document.form1.bot2.disabled=false;
if (document.form1.Num_Zon.value==2)    document.form1.bot3.disabled=false;
document.form1.bot4.disabled=true;
document.form1.bot5.disabled=false;
document.form1.bot6.disabled=false;

with(document.form1) {

// ----- CALCULOS PARA RIESGO PERDIDA DE VIDAS HUMANAS
-----

//***** CALCULO RIESGO Ra en parque (seres vivos)

//Calculamos Nd [Nd=Ng*Ad*Cd*1E-6]
    //Ng=Densidad de descargas a tierra
    //Ad=Superficie de captación descargas de una estructura aislada

    //Cd=Factor emplazamiento (situ_rela_parque)

// Hacemos los cálculos

var Ad=longitud.value*anchura.value+6*altura.value*(parseInt(longitud.value)+parseInt(
(anchura.value))+9*PI*Math.pow(altura.value,2);
var Cd=situ_rela_parque.value;
var Nd=Ng.value*Ad*Cd*1E-6;

    //Nd=valor medio anual de sucesos peligrosos debidos a descargas en la estructura
    //Pa=Probabilidad de danos en seres vivos
    //La=Perdidas relacionadas con los danos en seres vivos
    //Ng=rayos/año km^2 lo cojo del formulario

var La=ru_parque.value*Lt_parque.value;
    //ra=factor reductor
    //Lt=perd. por danos tensiones paso/contacto

var Ra_parque=Nd*Pa.value*La;

//***** CALCULO RIESGO Rb en parque (daños fisicos)=>    Rb=Nd*Pb*Lb;

    //Pb=probabilidad de danos fisicos en una estructura
    //Lb=perdidas en la estructura relacionadas con danos fisicos

    //Lb=rp*rf*Lf*hz

var Lb_parque=Lb(rp_parque.value,rf_parque.value,Lf,hz_parque.value);
var Rb_parque=Nd*Pb.value*Lb_parque;

//***** CALCULO RIESGO Rb en edif.control (daños fisicos)=>
Rb=Nd*Pb*Lb;

    //Pb=probabilidad de danos fisicos en una estructura
    //Lb=perdidas en la estructura relacionadas con danos fisicos

    //Lb=rp*rf*Lf*hz

```

```

var Lb_control=Lb(rp_control.value,rf_control.value,Lf,hz_control.value);

if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rb_control=0;
else
    var Rb_control=Nd*Pb.value*Lb_control;

/***** CALCULO RIESGO Ru (descargas en una línea conectada a la
estructura: seres vivos)
//Ru=(Nl+Nd)*Pu*Lu

    // Nl= nº de sucesos peligrosos por descargas (calcular en AT, BT y
telecomunicaciones)
    // Pu=probabilidad de daños a seres vivos (descargas en servicio conectado)
    // Lu=perdidas relacionadas con los daños en seres vivos (descargas en serv.
conectado)

//Calculamos Nl
//En las líneas de potencia
// Nl=Ng.value*Al.value*Cd*Ct.value*1E-6;

    //Al=superficie de captacion de las descargas que impactan en el servicio
    //Lc=longitud de la sección del servicio desde la estructura hasta el primer nudo.
Debe considerarse valor max Lc=1000m

var Al_BT=area_linea(Lc,alt_Ha_BT.value,alt_Hb_BT.value,alt_Hc_BT.value);
var Al_AT=area_linea(Lc,alt_Ha_AT.value,alt_Hb_AT.value,alt_Hc_AT.value);
var Al_TL=area_linea(Lc,alt_Ha_TL.value,alt_Hb_TL.value,alt_Hc_TL.value);
var Ai=area_cerca(Lc);
var Nl_BT=N_linea(Ng.value,Al_BT,Cd,Ct.value);
var Nl_AT=N_linea(Ng.value,Al_AT,Cd,Ct.value);
var Ni_AT_BT=N_cerca(Ng.value,Ai,Ct.value,Ce);
var Nl_TL=N_linea_telec(Ng.value,Al_TL,Cd);
var Ni_TL=N_cerca_telec(Ng.value,Ai,Ce);

//Calculo de Ru en función de AT en parque

var Nda; // si existe estructura adyacente Nda no vale 0
if (alt_Ha_BT.value==0)
    {
        Nda=0;
    }
else
    {
        var Adb=longitudB.value*anchuraB.value+6*alturaB.value*(parseInt
(longitudB.value)+parseInt(anchuraB.value))+9*PI*Math.pow(alturaB.value,2);
        Nda=Ng.value*Adb*Cd*Ct.value*1E-6;
    }

var Pu=0.01*Pa.value; //Cuando se preveen medidas de protección (restricciones físicas,
avisos) Pu se reduce multiplicandolo por Pa

var Lu_parque=ru_parque.value*Lt_parque.value;

//Para AT
var Ru_AT=(parseFloat(Nl_AT)+parseFloat(Nda))*Pu*Lu_parque;
var Ru_AT_tot=n_lineas.value*Ru_AT;

//Calculo de Ru en función de BT y TL en edif. control

//Para BT

```

```

var Lu_control=ru_control.value*Lt_control.value;
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Ru_BT=0;
else
    var Ru_BT=(Nl_BT+Nda)*Pu*Lu_control;

//Para TL
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Ru_TL=0;
else
    var Ru_TL=(parseFloat(Nl_TL)+parseFloat(Nda))*Pu*Lu_control;

//***** CALCULO RIESGO Rv (daños físicos en el servicio conectado)
//*****
//Rv=(Nl+Nd)*Pv*Lv

//Calculo de Rv en función de AT en parque

Pv=0.01; //Como están previstos disp. protecc. contra sobretensiones vale el menor valor
de Pspd

var Lv_AT=rp_parque.value*rf_parque.value*hz_parque.value*Lf;
var Rv_AT=(parseFloat(Nl_AT)+parseFloat(Nda))*Pv*Lv_AT;

var Rv_AT_tot=n_lineas.value*Rv_AT;

//Calculo de Rv en función de BT y TL en edif. control

//Para BT
Lv_BT=Lv_AT;
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rv_BT=0;
else
    var Rv_BT=(Nl_BT+Nda)*Pv*Lv_BT;

//Para TL
var Lv_control=hz_control.value*rp_control.value*rf_control.value*Lf;
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rv_TL=0;
else
    var Rv_TL=(Nl_TL+Nda)*Pv*Lv_control;

// Fin trozo calcular riesgo vidas humanas

// COMPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL RIESGO EN RELACION AL TIPO DE DAÑO PARA R1
// Rd= Ra + Rb + Rc;
// Ri= Rm + Ru + Rv + Rw + Rz; Sólo Ru y Rv , los demás valen 0
var Rd_parque= parseFloat(Ra_parque) + parseFloat(Rb_parque) ; //obviamos + Rc_parque +
Rc_control porque siempre será 0 en subestación
var Rd_control= Rb_control;
var Rd= parseFloat(Ra_parque) + parseFloat(Rb_parque) + parseFloat(Rb_control); //
obviamos + Rc_parque + Rc_control porque siempre será 0 en subestación

var Ri_parque=parseFloat(Ru_AT_tot) + parseFloat(Rv_AT_tot);
var Ri_control=parseFloat(Ru_BT) + parseFloat(Ru_TL) + parseFloat(Rv_BT) + parseFloat
(Rv_TL);
var Ri= parseFloat(Ru_AT_tot) + parseFloat(Rv_AT_tot) + parseFloat(Ru_BT) + parseFloat
(Ru_TL) + parseFloat(Rv_BT) + parseFloat(Rv_TL);

```

```

var Total_R1_di=(parseFloat(Rd) + parseFloat(Ri))/1E-5;

//También los descompongo por el tipo de pérdida
//Rs=Ra+Ru
//Rf=Rb+Rv
//Ro=Rm + Rc + Rw + Rz

var Rs_parque=parseFloat(Ra_parque) + parseFloat(Ru_AT_tot);
var Rs_control= parseFloat(Ru_BT) + parseFloat(Ru_TL);
var Rs= parseFloat(Ra_parque) + parseFloat(Ru_AT_tot) + parseFloat(Ru_BT) + parseFloat
(Ru_TL);

var Rf_parque=parseFloat(Rb_parque) + parseFloat(Rv_AT_tot);
var Rf_control=parseFloat(Rb_control) + parseFloat(Rv_BT) + parseFloat(Rv_TL);
var Rf= parseFloat(Rb_parque) + parseFloat(Rb_control) + parseFloat(Rv_AT_tot) +
parseFloat(Rv_BT) + parseFloat(Rv_TL);

var Ro_parque=0;
var Ro_control=0;
var Ro=0;

var Total_R1_sfo=(parseFloat(Rs) + parseFloat(Rf)+ parseFloat(Ro))/1E-5;

// ----- CALCULOS PARA RIESGO PERDIDA DE SERVICIO PUBLICO (R2)
-----
// R2= Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz
// Lb=Lv=rp x rf x Lf
// Lc=Lm=Lw=Lz=Lo
// En las subestaciones siempre Lf=10E-2 y Lo=10E-3 (Tabla C.6)
// Lf coincide con el Lf en caso de perdida de vidas humanas (10E-2) por lo que para no
repetir cálculos y al ser siempre el caso de una
// subestación divido por hz el valor de Lb

//***** CALCULO RIESGO Rb en parque y control(daños fisicos)=>
Rb=Nd*Pb*Lb;

//Pb=probabilidad de daños fisicos en una estructura
//Lb=perdidas en la estructura relacionadas con daños fisicos

//Lb=rp*rf*Lf Sólo cambia que se le quita la ganancia "hz" por lo que divido
por ella para el resultado correcto
var Rb2_parque=Rb_parque/hz_parque.value;
var Rb2_control=Rb_control/hz_control.value;
var Rb2_estructura=parseFloat(Rb2_parque)+parseFloat(Rb2_control);

//***** CALCULO RIESGO Rc en parque y control (fallo sistema interno
por IEMR en la estructura)

//Rc=Nd*Pc*Lc;
//Pc=Pspd (tabla B.3) Depende del nivel de protección Pspd tiene distinto valor

var Pspd;
var LC=1E-3;

if (document.form1.Pb.value==1)
    {Pspd=1;}
if (document.form1.Pb.value==0.2)
    {Pspd=0.03;}
if (document.form1.Pb.value==0.1)
    {Pspd=0.03;}
if (document.form1.Pb.value==0.05)
    {Pspd=0.02;}
if (document.form1.Pb.value==0.02)
    {Pspd=0.01;}

```

```

var Pc=Pspd;
var Rc2_parque=Nd*Pc*1E-3;

if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rc2_control=0;
else
    var Rc2_control=Nd*Pc*LC;

var Rc2_estructura=parseFloat(Rc2_parque)+parseFloat(Rc2_control);

//***** CALCULO RIESGO Rm en parque y control (fallo sistema interno
por IEMR cerca de la estructura)

//Pm=> cuando existe SPD, Pm es el valor más bajo entre Pspd y Pms (tabla B.4)

var Lm=1E-3;

if (document.form1.Pb.value==1)
    {Pm_BT=0.9;
    Pm_AT=0.9;}
else
    {Pm_BT=Pspd;
    Pm_AT=Pspd;}

var Pm_TL=Pspd;

var Am=longitud.value*anchura.value+2*(250*anchura.value)+2*(250*longitud.value)
+PI*Math.pow(250,2);
var Nm=Ng.value*(Am-Ad*Cd)*1E-6;

if (Nm<0) //lo indica la norma (pág. 51)
    Nm=0;

var Rm2_parque=Nm*Pm_AT*1E-3;

if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rm2_control=0;
else
    var Rm2_control=Nm*Pm_BT*Lm;

var Rm2_estructura=parseFloat(Rm2_parque)+parseFloat(Rm2_control);

//***** CALCULO RIESGO Rv en parque y control (daños físicos en una
línea conectada a la estructura)
//Pv=probabilidad de daños físicos en una estructura
//Lv=perdidas en la estructura relacionadas con daños físicos

//Lv=rp*rf*Lf Sólo cambia que se le quita la ganancia "hz" por lo que divido por ella
para el resultado correcto

var Rv2_AT=Rv_AT_tot/hz_control.value;
var Rv2_BT=Rv_BT/hz_parque.value;
var Rv2_TL=Rv_TL/hz_control.value;

var Rv2_parque=Rv2_AT;
var Rv2_control=parseFloat(Rv2_BT)+parseFloat(Rv2_TL);
var Rv2_estructura=parseFloat(Rv2_parque)+parseFloat(Rv2_control);

//***** CALCULO RIESGO Rw en BT, AT y TL (fallo sistemas internos por
descarga en una línea conectada a la estructura)
//Rw=(Nl+Nda)*Pw*Lw;
//Pw: si está presvisto SPD será el menor valor entre Pspd y Pld; Como ya la tenemos de

```

```

antes, Pw=Pspd
//En AT lo multiplico por el nº de líneas

var Pw=Pspd;
var Lw=1E-3;

var Rw2_AT=(Nl_AT+Nda)*Pw*Lw*n_lineas.value;
var Rw2_BT=(Nl_BT+Nda)*Pw*Lw;
var Rw2_TL=(Nl_TL+Nda)*Pw*Lw;

var Rw2_parque=Rw2_AT;
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rw2_control=0;
else
    var Rw2_control=parseFloat(Rw2_BT)+parseFloat(Rw2_TL);
var Rw2_estructura=parseFloat(Rw2_parque)+parseFloat(Rw2_control);

//***** CALCULO RIESGO Rz en BT, AT y TL (fallo sistemas internos por
descarga en una línea conectada a la estructura)
//Rz=(Ni-Nl)*Pz*Lz;
//Pz menor valor entre Pspd y Pli (tabla B.7) Tomo para TL Uw=1.5 y BT,AT=4 en tabla
//La diferencia según UNE no puede ser menor que 0. En ese caso valdría 0 el total de Rz
//El Pspd ya lo tenemos de antes

if (Ni_AT_BT-Nl_AT<0)
    Rz2_AT=0;
if (Ni_AT_BT-Nl_BT<0)
    Rz2_BT=0;
if (Ni_TL-Nl_TL<0)
    Rz2_TL=0;

var Pli_TL=1;
var Pli_BT_AT=0.2;

if (Pspd==1)
    {
        Pz_AT=Pli_BT_AT;
        Pz_BT=Pli_BT_AT;
        Pz_TL=Pli_TL;
    }
else
    {
        Pz_AT=Pspd;
        Pz_BT=Pspd;
        Pz_TL=Pspd;
    }

var Lz=1E-3;

var Rz2_AT=(Ni_AT_BT-Nl_AT)*Pz_AT*Lz;
var Rz2_BT=(Ni_AT_BT-Nl_BT)*Pz_BT*Lz;
var Rz2_TL=(Ni_TL-Nl_TL)*Pz_TL*Lz;

var Rz2_parque=Rz2_AT;
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    Rz2_control=0;
else
    var Rz2_control=parseFloat(Rz2_BT)+parseFloat(Rz2_TL);
var Rz2_estructura=parseFloat(Rz2_parque)+parseFloat(Rz2_control);

// COMPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL RIESGO EN RELACION AL TIPO DE DAÑO PARA R2
// Rd= Ra + Rb + Rc;
// Ri= Rm + Ru + Rv + Rw + Rz; Sólo Ru y Rv , los demás valen 0

```



```

var Rd2_parque= parseFloat(Rb2_parque) + parseFloat(Rc2_parque);
var Rd2_control= parseFloat(Rb2_control) + parseFloat(Rc2_control);
var Rd2= parseFloat(Rb2_parque) + parseFloat(Rb2_control) + parseFloat(Rc2_parque) +
parseFloat(Rc2_control);

var Ri2_parque=parseFloat(Rm2_parque) + parseFloat(Rv2_parque) + parseFloat(Rw2_parque) +
parseFloat(Rz2_parque);
var Ri2_control=parseFloat(Rm2_control) + parseFloat(Rv2_control) + parseFloat
(Rw2_control) + parseFloat(Rz2_control);
var Ri2= parseFloat(Rm2_parque) + parseFloat(Rm2_control) + parseFloat(Rv2_parque) +
parseFloat(Rv2_control) + parseFloat(Rw2_parque)
+ parseFloat(Rw2_control) + parseFloat(Rz2_parque) + parseFloat(Rz2_control);

var Total_R2_di=(parseFloat(Rd2) + parseFloat(Ri2))/1E-3;

//También los descompongo por el tipo de pérdida
//Rs=Ra+Ru
//Rf=Rb+Rv
//Ro=Rc + Rm + Rw + Rz

var Rs2_parque=0;
var Rs2_control=0;
var Rs2=0;

var Rf2_parque=parseFloat(Rb2_parque) + parseFloat(Rv2_parque);
var Rf2_control=parseFloat(Rb2_control) + parseFloat(Rv2_control);
var Rf2= parseFloat(Rb2_parque) + parseFloat(Rb2_control) + parseFloat(Rv2_parque) +
parseFloat(Rv2_control);

var Ro2_parque=parseFloat(Rc2_parque) + parseFloat(Rm2_parque) + parseFloat(Rw2_parque) +
parseFloat(Rz2_parque);
var Ro2_control=parseFloat(Rc2_control) + parseFloat(Rm2_control) + parseFloat
(Rw2_control) + parseFloat(Rz2_control);
var Ro2= parseFloat(Rc2_parque) + parseFloat(Rc2_control) + parseFloat(Rm2_parque) +
parseFloat(Rm2_control) + parseFloat(Rw2_parque) + parseFloat(Rw2_control) + parseFloat
(Rz2_parque) + parseFloat(Rz2_control);

var Total_R2_sfo=(parseFloat(Rs2) + parseFloat(Rf2)+ parseFloat(Ro2))/1E-3;

//Relleno campos en table html
var selNum = Pb.selectedIndex; //Leo el texto del combobox
var selText = Pb.options[selNum].text

var el = document.getElementById('cabecera_tabla_resultados');
el.innerHTML = "Estudio realizado con el nivel de protección: " + selText + " ";

var el = document.getElementById('Ra_parque');
el.innerHTML = Ra_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ra_control');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Ra_estructura');
el.innerHTML = Ra_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rb_parque');
el.innerHTML = Rb_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rb_control');
el.innerHTML = Rb_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rb_estructura');
el.innerHTML = (parseFloat(Rb_parque)+parseFloat(Rb_control)).toExponential(2);

```

```

var el = document.getElementById('Ru_BT_parque');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Ru_BT_control');
el.innerHTML = Ru_BT.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ru_BT_estructura');
el.innerHTML = Ru_BT.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_BT_parque');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Rv_BT_control');
el.innerHTML = Rv_BT.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_BT_estructura');
el.innerHTML = Rv_BT.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ru_AT_parque_total');
el.innerHTML = Ru_AT_tot.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ru_AT_control_total');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Ru_AT_estructura_total');
el.innerHTML = Ru_AT_tot.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_AT_parque_total');
el.innerHTML = Rv_AT_tot.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_AT_control_total');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Rv_AT_estructura_total');
el.innerHTML = Rv_AT_tot.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ru_TL_parque');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Ru_TL_control');
el.innerHTML = Ru_TL.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ru_TL_estructura');
el.innerHTML = Ru_TL.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_TL_parque');
el.innerHTML = "0.00e+0";

var el = document.getElementById('Rv_TL_control');
el.innerHTML = Rv_TL.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv_TL_estructura');
el.innerHTML = Rv_TL.toExponential(2);

//-----VALORES QUE MUESTRO EN LA ZONA DE VARIABLES -----
var el = document.getElementById('Ad_mostrar');
el.innerHTML = Ad;

var el = document.getElementById('Ai_mostrar');
el.innerHTML = Ai;

var el = document.getElementById('Al_BT_mostrar');
el.innerHTML = Al_BT;

var el = document.getElementById('Al_AT_mostrar');
el.innerHTML = Al_AT;

```

```

var el = document.getElementById('Al_TL_mostrar');
el.innerHTML = Al_TL;

var el = document.getElementById('Nd_mostrar');
el.innerHTML = Nd;

var el = document.getElementById('Nda_mostrar');
el.innerHTML = Nda;

var el = document.getElementById('Nl_BT_mostrar');
el.innerHTML = Nl_BT;

var el = document.getElementById('Ni_BT_mostrar');
el.innerHTML = Ni_AT_BT;

var el = document.getElementById('Nl_AT_mostrar');
el.innerHTML = Nl_AT;

var el = document.getElementById('Ni_AT_mostrar');
el.innerHTML = Ni_AT_BT;

var el = document.getElementById('NL_linea_mostrar');
el.innerHTML = Nl_TL;

var el = document.getElementById('Ni_cerca_mostrar');
el.innerHTML = Ni_TL;

//Muestro las constantes
var el = document.getElementById('Lf_mostrar');
el.innerHTML = Lf ;

var el = document.getElementById('Lc_mostrar');
el.innerHTML = Lc+ " m";

var el = document.getElementById('Ce_mostrar');
el.innerHTML = Ce;

//Valores de la zona parque en zona Variables
var el = document.getElementById('cd_p_mostrar');
el.innerHTML = situ_rela_parque.value;

var el = document.getElementById('rf_p_mostrar');
el.innerHTML = rf_parque.value;

var el = document.getElementById('hz_p_mostrar');
el.innerHTML = hz_parque.value;

var el = document.getElementById('rp_p_mostrar');
el.innerHTML = rp_parque.value;

var el = document.getElementById('Lt_p_mostrar');
el.innerHTML = Lt_parque.value;

var el = document.getElementById('ru_p_mostrar');
el.innerHTML = ru_parque.value;

//Valores de la zona control en zona Variables
var el = document.getElementById('cd_c_mostrar');
el.innerHTML = situ_rela_control.value;

var el = document.getElementById('rf_c_mostrar');
el.innerHTML = rf_control.value;

var el = document.getElementById('hz_c_mostrar');

```

```
el.innerHTML = hz_control.value;

var el = document.getElementById('rp_c_mostrar');
el.innerHTML = rp_control.value;

var el = document.getElementById('Lt_c_mostrar');
el.innerHTML = Lt_control.value;

var el = document.getElementById('ru_c_mostrar');
el.innerHTML = ru_control.value;

//Muestro las probabilidades
var el = document.getElementById('Pa_mostrar');
el.innerHTML = Pa.value ;

var el = document.getElementById('Pb_mostrar');
el.innerHTML = Pb.value ;

var el = document.getElementById('Pc_mostrar');
el.innerHTML = Pc ;

var el = document.getElementById('Pm_AT_mostrar');
el.innerHTML = Pm_AT;

var el = document.getElementById('Pm_BT_mostrar');
el.innerHTML = Pm_BT;

var el = document.getElementById('Pm_TL_mostrar');
el.innerHTML = Pm_TL;

var el = document.getElementById('Pu_AT_mostrar');
el.innerHTML = Pu;

var el = document.getElementById('Pu_BT_mostrar');
el.innerHTML = Pu;

var el = document.getElementById('Pu_TL_mostrar');
el.innerHTML = Pu;

var el = document.getElementById('Pv_AT_mostrar');
el.innerHTML = Pv;

var el = document.getElementById('Pv_BT_mostrar');
el.innerHTML = Pv;

var el = document.getElementById('Pv_TL_mostrar');
el.innerHTML = Pv;

var el = document.getElementById('Pw_AT_mostrar');
el.innerHTML = Pw;

var el = document.getElementById('Pw_BT_mostrar');
el.innerHTML = Pw;

var el = document.getElementById('Pw_TL_mostrar');
el.innerHTML = Pw;

var el = document.getElementById('Pz_AT_mostrar');
el.innerHTML = Pz_AT;

var el = document.getElementById('Pz_BT_mostrar');
el.innerHTML = Pz_BT;

var el = document.getElementById('Pz_TL_mostrar');
el.innerHTML = Pz_TL;
```

```

//Muestro pérdidas
var el = document.getElementById('La_mostrar');
el.innerHTML = La.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lb_p_mostrar');
el.innerHTML = Lb_parque.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lb_c_mostrar');
el.innerHTML = Lb_control.toExponential(1);

var el = document.getElementById('LC_mostrar');
el.innerHTML = LC;

var el = document.getElementById('Lm_mostrar');
el.innerHTML = Lm;

var el = document.getElementById('Lu_p_mostrar');
el.innerHTML = Lu_parque.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lu_c_mostrar');
el.innerHTML = Lu_control.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lv_p_mostrar');
el.innerHTML = Lv_AT.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lv_c_mostrar');
el.innerHTML = Lv_BT.toExponential(1);

var el = document.getElementById('Lw_mostrar');
el.innerHTML = Lw;

var el = document.getElementById('Lz_mostrar');
el.innerHTML = Lz;

//Cargo composición R1
var el = document.getElementById('Rd_parque');
el.innerHTML = Rd_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rd_control');
el.innerHTML = Rd_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rd');
el.innerHTML = Rd.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri_parque');
el.innerHTML = Ri_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri_control');
el.innerHTML = Ri_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri');
el.innerHTML = Ri.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Total_R1_di');
el.innerHTML = Total_R1_di.toFixed(2);

if (Total_R1_di >= 1)
    el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R1_di.toFixed(2) + "</font>";

var el = document.getElementById('Rs_parque');
el.innerHTML = Rs_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rs_control');
el.innerHTML = Rs_control.toExponential(2);

```

```

var el = document.getElementById('Rs');
el.innerHTML = Rs.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf_parque');
el.innerHTML = Rf_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf_control');
el.innerHTML = Rf_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf');
el.innerHTML = Rf.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro_parque');
el.innerHTML = Ro_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro_control');
el.innerHTML = Ro_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro');
el.innerHTML = Ro.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Total_R1_sfo');
el.innerHTML = Total_R1_sfo.toFixed(2);

if (Total_R1_sfo >= 1)
    el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R1_sfo.toFixed(2) + "</font>";

//Para el cálculo R2 de riesgo de pérdida de serv. público
var el = document.getElementById('Rb2_parque');
el.innerHTML = Rb2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rb2_control');
el.innerHTML = Rb2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rb2_estructura');
el.innerHTML = Rb2_estructura.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rc2_parque');
el.innerHTML = Rc2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rc2_control');
el.innerHTML = Rc2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rc2_estructura');
el.innerHTML = Rc2_estructura.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rm2_parque');
el.innerHTML = Rm2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rm2_control');
el.innerHTML = Rm2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rm2_estructura');
el.innerHTML = Rm2_estructura.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv2_parque');
el.innerHTML = Rv2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv2_control');
el.innerHTML = Rv2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rv2_estructura');
el.innerHTML = Rv2_estructura.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rw2_parque');
el.innerHTML = Rw2_parque.toExponential(2);

```

```

var el = document.getElementById('Rw2_control');
el.innerHTML = Rw2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rw2_estructura');
el.innerHTML = Rw2_estructura.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rz2_parque');
el.innerHTML = Rz2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rz2_control');
el.innerHTML = Rz2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rz2_estructura');
el.innerHTML = Rz2_estructura.toExponential(2);

//Cargo composición R2
var el = document.getElementById('Rd2_parque');
el.innerHTML = Rd2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rd2_control');
el.innerHTML = Rd2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rd2');
el.innerHTML = Rd2.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri2_parque');
el.innerHTML = Ri2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri2_control');
el.innerHTML = Ri2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ri2');
el.innerHTML = Ri2.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Total_R2_di');
el.innerHTML = Total_R2_di.toFixed(2);

if (Total_R2_di >= 1)
    el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R2_di.toFixed(2) + "</font>";

var el = document.getElementById('Rs2_parque');
el.innerHTML = Rs2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rs2_control');
el.innerHTML = Rs2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rs2');
el.innerHTML = Rs2.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf2_parque');
el.innerHTML = Rf2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf2_control');
el.innerHTML = Rf2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Rf2');
el.innerHTML = Rf2.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro2_parque');
el.innerHTML = Ro2_parque.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro2_control');
el.innerHTML = Ro2_control.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Ro2');

```

```

el.innerHTML = Ro2.toExponential(2);

var el = document.getElementById('Total_R2_sfo');
el.innerHTML = Total_R2_sfo.toFixed(2);

if (Total_R2_sfo >= 1)
    el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R2_sfo.toFixed(2) + "</font>";

//Total R1 lo guardo en variable para compararlo con 10E-5
var Total_R1= (parseFloat(Ra_parque) + parseFloat(Rb_parque) + parseFloat(Rb_control)+
parseFloat(Ru_BT) + parseFloat(Rv_BT) + parseFloat(Ru_AT_tot) + parseFloat(Rv_AT_tot)+
parseFloat(Ru_TL) + parseFloat(Rv_TL))/1E-5;

var el = document.getElementById('Total_R1');
el.innerHTML = Total_R1.toFixed(2);

if (Total_R1 >= 1)
    el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R1.toFixed(2) + "</font>";

//Total R2 lo guardo en variable para compararlo con 10E-3
var Total_R2= (parseFloat(Rb2_parque) + parseFloat(Rb2_control) + parseFloat(Rc2_parque)
+ parseFloat(Rc2_control) +
parseFloat(Rm2_parque) + parseFloat(Rm2_control) + parseFloat(Rv2_parque) + parseFloat
(Rv2_control) +
parseFloat(Rw2_parque) + parseFloat(Rw2_control) + parseFloat(Rz2_parque) + parseFloat
(Rz2_control))/1E-3;

var el = document.getElementById('Total_R2');
el.innerHTML = Total_R2.toFixed(2);

if (Total_R2 >= 1)
el.innerHTML = "<font color=RED>" + Total_R2.toFixed(2) + "</font>";

//Porcentajes
//Riesgo R1 (estructura)
var el = document.getElementById('Ra_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Ra_parque*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rb_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = (((parseFloat(Rb_parque)+parseFloat(Rb_control))*100)/
(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ru_BT_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Ru_BT*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rv_BT_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Rv_BT*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ru_AT_tot_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Ru_AT_tot*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rv_AT_tot_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Rv_AT_tot*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ru_TL_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Ru_TL*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rv_TL_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Rv_TL*100)/(Total_R1*1E-5)).toFixed(4);

//Riesgo R1 (fuente de daño)
var el = document.getElementById('Rd1_estructura_porcentaje');
el.innerHTML = ((Rd*100)/(Total_R1_di*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ril_estructura_porcentaje');

```



```

el.innerHTML = ((Ri*100)/(Total_R1_di*1E-5)).toFixed(4);

//Riesgo R1 (tipo de daño)
var el = document.getElementById('Rs1_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rs*100)/(Total_R1_sfo*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rf1_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rf*100)/(Total_R1_sfo*1E-5)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ro1_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Ro*100)/(Total_R1_sfo*1E-5)).toFixed(4);

//Riesgo R2 (estructura)
var el = document.getElementById('Rb2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rb2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rc2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rc2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rm2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rm2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rv2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rv2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rw2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rw2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rz2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rz2_estructura*100)/(Total_R2*1E-3)).toFixed(4);

//Riesgo R2 (fuente de daño)
var el = document.getElementById('Rd2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rd2*100)/(Total_R2_di*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ri2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Ri2*100)/(Total_R2_di*1E-3)).toFixed(4);

//Riesgo R2 (tipo de daño)
var el = document.getElementById('Rs2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rs2*100)/(Total_R2_sfo*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Rf2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Rf2*100)/(Total_R2_sfo*1E-3)).toFixed(4);

var el = document.getElementById('Ro2_estructura_porc');
el.innerHTML = ((Ro2*100)/(Total_R2_sfo*1E-3)).toFixed(4);
} //Fin with

} // fin func bot4

//----- CALCULOS
function boton5()
{
document.getElementById('zona1').style.display="none";
document.getElementById('zona2').style.display="none";
document.getElementById('zona3').style.display="none";
document.getElementById('zona4').style.display="none";
document.getElementById('zona5').style.display="";
document.getElementById('zona6').style.display="none";
document.form1.bot1.disabled=false;
document.form1.bot2.disabled=false;
if (document.form1.Num_Zon.value==2) document.form1.bot3.disabled=false;

```

```
document.form1.bot4.disabled=false;
document.form1.bot5.disabled=false;
document.form1.bot6.disabled=false;
```

```
} //fin func bot5
```

```
//-----GRAFICOS
```

```
function boton6()
```

```
{
document.getElementById('zona1').style.display="none";
document.getElementById('zona2').style.display="none";
document.getElementById('zona3').style.display="none";
document.getElementById('zona4').style.display="none";
document.getElementById('zona5').style.display="none";
document.getElementById('zona6').style.display="";
document.form1.bot1.disabled=false;
document.form1.bot2.disabled=false;
if (document.form1.Num_Zon.value==2) document.form1.bot3.disabled=false;
document.form1.bot4.disabled=false;
document.form1.bot5.disabled=false;
document.form1.bot6.disabled=false;
```

```
dibuja();
```

```
} //fin func bot6
```

```
//-----FUNCIONES
```

```
function cambio_num_zonas()
```

```
{
if (document.form1.Num_Zon.value==2)
    {document.form1.bot3.disabled=false;
    show_hide_column(0,1);
    }
else
    {document.form1.bot3.disabled=true;
    }
}
```

```
//-----
```

```
function init_botones()
```

```
{
boton1();
//Desactivo pestaña control porque inicialmente solo hay parque activado
cambio_num_zonas();
```

```
document.form1.longitudB.disabled=true;
document.form1.anchuraB.disabled=true;
document.form1.alturaB.disabled=true;
```

```
//document.getElementById('zona7').style.display="none";
```

```
}
```

```
// FUNCIONES AUXILIARES
```

```
//Función que calcula Lb (perdidas en la estructura relacionadas con daños físicos) en parques o edif.control
```

```
function Lb(rp,rf,Lf,hz)
```

```
{
return rp*rf*Lf*hz;
}
```

```

//función que calcula la superficie de captación en las líneas
function area_linea(Lc,Ha,Hb,Hc)
{
return (Lc-3*(Ha+Hb))*6*Hc;
}

//función que calcula la superficie de captación cerca de la línea
function area_cerca(Lc)
{
return 1000*Lc;
}

//función que calcula el numero de posibles sucesos peligros al año en las líneas de
potencia aereas
function N_linea(Ng,Al,Cd,Ct)
{
return Ng*Al*Cd*Ct*1E-6;
}

//función que calcula el numero de posibles sucesos peligros al año cerca de las líneas
de pot. aerea
function N_cerca(Ng,Ai,Ct,Ce)
{
return Ng*Ai*Ct*Ce*1E-6;
}

//función que calcula el numero de posibles sucesos peligros al año en las líneas de
telecomunicaciones aéreas
function N_linea_telec(Ng,Ai,Cd)
{
return Ng*Ai*Cd*1E-6;
}

//función que calcula el numero de posibles sucesos peligros al año cerca de las líneas
de telecomunicaciones aéreas
function N_cerca_telec(Ng,Ai,Ce)
{
return Ng*Ai*Ce*1E-6;
}

//función para mostrar sólo dos decimales
function redo(valor)
{
return (Math.floor(valor*100)/100);
}

function adya()
{
document.form1.longitudB.disabled=!document.form1.longitudB.disabled;
document.form1.anchuraB.disabled=!document.form1.anchuraB.disabled;
document.form1.alturaB.disabled=!document.form1.alturaB.disabled;
}

function validar(e) { // 1
tecla = (document.all) ? e.keyCode : e.which; // 2
if (tecla==8) return true; // 3
patron = /[0-9.]/; // Solo acepta números
te = String.fromCharCode(tecla); // 5
return patron.test(te); // 6
}

```

Código JAVASCRIPT

“dibuja_circulos.js”

```

// Variables globales
var radio, nsopo, anchura, longitud, esca, dx, dy, xoff, yoff, npara, ndiv_x, ndiv_y;
var nrad, modelo, nivpro, precio_indi, nfilas, width, heigth, max_sin_cubrir, niv_mostrar, abi_p;
var xoff1, yoff1, xoff2, yoff2, dx1, dy1, dx2, dy2;
var x = new Array();
var y = new Array();
var activo = new Array();
var hori = new Array();

var rad = new Array();
var mod = new Array(); //esto es lo que he creado junto con la var modelo
var niv = new Array();
var fac = new Array();
var pre = new Array();
var precio_fijo;

var fill1 = new Array();
var fil2 = new Array();

var imagen = new Array();

// ----- CARGA_DATOS
function carga_datos()
{
longitud=parseInt(document.form1.longitud.value);
anchura=parseInt(document.form1.anchura.value);

max_sin_cubrir=document.form1.max_sin_cubrir.value;
niv_mostrar=document.form1.niv_mostrar.value;

// El 1 es cuadrado peq (fijo) y el 2 el edif. control (de formulario)
dx1=5; dy1=5;
dx2=27; dy2=14;

// Radios y precios de los pararrayos xxx
precio_fijo=1015; //Suma de todos los accesorios necesarios

var ii=0;
//-----MODELOS PDC-----
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco PDC 3.1';
rad[ii]=35;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=713;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco PDC 3.1';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=713;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco PDC 3.1';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=713;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco PDC 3.1';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;

```

```
pre[ii]=713;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescio PDC 3.3';
rad[ii]=45;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=952;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingescio PDC 3.3';
rad[ii]=55;
fac[ii]=1;
pre[ii]=952;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescio PDC 3.3';
rad[ii]=70;
fac[ii]=1;
pre[ii]=952;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingescio PDC 3.3';
rad[ii]=85;
fac[ii]=1;
pre[ii]=952;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescio PDC 4.3';
rad[ii]=54;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1119;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingescio PDC 4.3';
rad[ii]=64;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1119;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescio PDC 4.3';
rad[ii]=79;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1119;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingescio PDC 4.3';
rad[ii]=94;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1119;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescio PDC 5.3';
rad[ii]=63;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1285;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingescio PDC 5.3';
rad[ii]=73;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1285;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescio PDC 5.3';
rad[ii]=88;
fac[ii]=1;
```

```

pre[ii]=1285;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco PDC 5.3';
rad[ii]=103;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1285;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.3';
rad[ii]=74;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1428;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.3';
rad[ii]=84;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1428;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.3';
rad[ii]=99;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1428;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.3';
rad[ii]=99;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1428;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.4';
rad[ii]=80;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1578;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.4';
rad[ii]=89;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1578;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.4';
rad[ii]=102;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1578;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco PDC 6.4';
rad[ii]=113;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1578;
ii++;
//-----MODELOS PDC-E-----
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco PDC-E 15';
rad[ii]=35;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco PDC-E 15';
rad[ii]=45;

```

```
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 15';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 15';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 30';
rad[ii]=50;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 30';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 30';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 30';
rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=756;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 45';
rad[ii]=65;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1134;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 45';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1134;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 45';
rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1134;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 45';
rad[ii]=105;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1134;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingescos PDC-E 60';
rad[ii]=80;
```



```

fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1260;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco PDC-E 60';
rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1260;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco PDC-E 60';
rad[ii]=105;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1260;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco PDC-E 60';
rad[ii]=120;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1260;
ii++;
//-----MODELOS STREAM-----
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco Stream-15';
rad[ii]=35;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=982;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco Stream-15';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=982;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco Stream-15';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=982;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco Stream-15';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=982;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco Stream-30';
rad[ii]=50;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1150;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco Stream-30';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1150;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco Stream-30';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1150;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco Stream-30';

```

```

rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1150;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco Stream-45';
rad[ii]=65;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1323;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco Stream-45';
rad[ii]=75;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1323;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco Stream-45';
rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1323;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco Stream-45';
rad[ii]=105;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1323;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Ingesco Stream-60';
rad[ii]=80;
fac[ii]=0.6;
pre[ii]=1542;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Ingesco Stream-60';
rad[ii]=90;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1542;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Ingesco Stream-60';
rad[ii]=105;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1542;
ii++;
niv[ii]=4;
mod[ii]='Ingesco Stream-60';
rad[ii]=120;
fac[ii]=1;
pre[ii]=1542;
ii++;
//-----MODELOS PUNTAS FRANKLIN-----
niv[ii]=1;
mod[ii]='Franklin Simple acero inox.';
rad[ii]=20;
fac[ii]=1;
pre[ii]=78;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Franklin Simple cobre';
rad[ii]=20;
fac[ii]=1;
pre[ii]=60;
ii++;
niv[ii]=1;

```

```

mod[ii]='Franklin Multiple acero inox.';
rad[ii]=20;
fac[ii]=1;
pre[ii]=156;
ii++;
niv[ii]=1;
mod[ii]='Franklin Multiple cobre';
rad[ii]=20;
fac[ii]=1;
pre[ii]=149;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Franklin Simple acero inox.';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=78;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Franklin Simple cobre';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=60;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Franklin Multiple acero inox.';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=156;
ii++;
niv[ii]=2;
mod[ii]='Franklin Multiple cobre';
rad[ii]=45;
fac[ii]=1;
pre[ii]=149;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Franklin Simple acero inox.';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=78;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Franklin Simple cobre';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=60;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Franklin Multiple acero inox.';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=156;
ii++;
niv[ii]=3;
mod[ii]='Franklin Multiple cobre';
rad[ii]=60;
fac[ii]=1;
pre[ii]=149;
ii++;

nrad=ii;

var max_rad;
for(ii=0;ii<nrad;ii++) if (ii==0 || rad[ii]>max_rad) max_rad=rad[ii];

```

```

// Datos a calcular automáticamente
var margen=max_rad*1.2; // Un valor máximo para escalar
var anchu_pix=document.getElementById("graf0").width;
var altu_pix=document.getElementById("graf0").height;
var escal=anchu_pix/(longitud+2*margen); // Píxeles por metro
var esca2=altu_pix/(anchura+1.5*margen+3*dy2);
esca=Math.min(escal,esca2);
xoff=margen*esca;
yoff=esca*(3*dy2+0.5*margen);
xoff2=xoff+esca*(longitud*3/4-dx2/2);
yoff2=yoff-esca*(2*dy2);
xoff1=xoff+esca*(longitud/2-dx1/2);
yoff1=yoff-esca*(1.5*dy2+dy1/2);

// Calculo separación de soportes (dx,dy) (máximo 20 m)
ndiv_x=Math.floor(longitud/20)+1;
// Debe haber un num. impar de soportes; es decir, un número par de divisiones
if (ndiv_x % 2 != 0) ndiv_x++;
dx=longitud/ndiv_x;

ndiv_y=Math.floor(anchura/20)+1;
dy=anchura/ndiv_y;

// Calculo las coordenadas de los soportes
nsopo=0;
nfilas=0;

// La primera fila es la de los dos edificios pequeños
fill[nfilas]=nsopo;
x[nsopo]=xoff1; y[nsopo]=yoff1+esca*dy1/2; hori[nsopo]=0;
nsopo++;

x[nsopo]=xoff2; y[nsopo]=yoff2+esca*dy2/2; hori[nsopo]=0;
nsopo++;
x[nsopo]=xoff2+dx2*esca; y[nsopo]=yoff2+esca*dy2/2; hori[nsopo]=0;
nsopo++;
fil2[nfilas]=nsopo-1; nfilas++;

fill[nfilas]=nsopo;
for(i=0;i<=ndiv_x;i++)
    {x[nsopo+i]=xoff+dx*esca*i; y[nsopo+i]=yoff; hori[nsopo+i]=0;}
nsopo+=ndiv_x+1;
fil2[nfilas]=nsopo-1; nfilas++;

fill[nfilas]=nsopo;
for(i=0;i<=ndiv_x/2;i++)
    {x[nsopo+i]=xoff+dx*esca*2*i; y[nsopo+i]=yoff+dy*esca; hori[nsopo+i]=1;}
nsopo+=ndiv_x/2+1;
fil2[nfilas]=nsopo-1; nfilas++;

fill[nfilas]=nsopo;
for(i=0;i<=ndiv_x/2;i++)
    {x[nsopo+i]=xoff+esca*dx*i*2; y[nsopo+i]=yoff+esca*2*dy; hori[nsopo+i]=1;}
nsopo+=ndiv_x/2+1;
fil2[nfilas]=nsopo-1; nfilas++;

fill[nfilas]=nsopo;
for(i=0;i<=ndiv_x;i++)
    {x[nsopo+i]=xoff+esca*dx*i; y[nsopo+i]=yoff+esca*3*dy; hori[nsopo+i]=0;}

```

```

nsopo+=ndiv_x+1;
fil2[nfilas]=nsopo-1;  nfilas++;

for(i=0;i<nsopo;i++)
    activo[i]=1;
}

// ----- ACTIVA_SOPORTES
function activa_soportes(tipo)
{
// 0 = todos
// 1 = alternos empezando por el primero
// 2 = alternos empezando por el segundo
// 3 = 2ª fila en blanco salvo extremos (ingesco)

var ifil,ii,i,activar,i0;

for(i=0;i<nsopo;i++)
    activo[i]=1;

//Si no está activado control no dibujo en fila 0
if (document.form1.Num_Zon.value==1)
    for(ii=fil1[0];ii<=fil2[0];ii++)
        activo[ii]=0;

// TIPO 0
if (tipo==0) return;

// TIPO 3
if (tipo==3) {
for(ifil=0;ifil<nfilas;ifil++)
    {
    for(ii=fil1[ifil];ii<=fil2[ifil];ii++)
        {
        activar=1;
        // Fila 0 (edificio control)
        // Sin zona de control: desactivamos primera fila siempre
        if (ifil==0 && document.form1.Num_Zon.value==1)
            activar=0;
        // Con zona de control: activamos primera fila siempre
        else if (ifil==0 && document.form1.Num_Zon.value==2)
            activar=1;
        // 2ª fila: sólo activos los extremos
        else if (ifil==2)
            {if (ii!=fil1[ifil] && ii!=fil2[ifil]) activar=0;}
        else if (ifil==3)
            activar=1;
        // Resto de filas: activo los 2, 4, 6, ...
        else
            {if ( (ii-fil1[ifil])%2==0) activar=0;}

        activo[ii]=activar;
        }
    }
i0=1-i0;
}
return;
}

```

```

// TIPOS 1 y 2
i0=tipo-1;

for(ifil=0;ifil<nfilas;ifil++)
{
for(ii=fil1[ifil];ii<=fil2[ifil];ii++)
{
activar=1;
// Sin zona de control: desactivamos primera fila siempre
if (ifil==0 && document.form1.Num_Zon.value==1)
activar=0;
// Con zona de control: activamos primera fila siempre
else if (ifil==0 && document.form1.Num_Zon.value==2)
activar=1;
// Resto de las filas
else
if ( (ii+i0)%2 ) activar=0;

activo[ii]=activar;
}
i0=1-i0;
}

}

// ----- RECTANG
function rectang(ctx,x,y,anchu,altu)
{
ctx.strokeStyle = "rgb(100,0,0)"; //'#f00'; // red
ctx.strokeRect(x,y,anchu,altu);
}

// ----- CIRCULO
function circulo(ctx,x,y,radio)
{
ctx.strokeStyle = "rgb(192,192,192)";
// '#f00'; // black es '#000'
ctx.beginPath();
ctx.arc(x,y,radio,0,Math.PI*2,true);
ctx.fillStyle=ctx.strokeStyle;
ctx.fill();
ctx.stroke();
}

// ----- CIRCULO OSCURO
function circulo_oscuro(ctx,x,y,radio)
{
ctx.strokeStyle = "rgb(100,100,100)";
ctx.beginPath();
ctx.arc(x,y,radio,0,Math.PI*2,true);
ctx.stroke();
}

// ----- DIBUJA_SOPORTES
function dibuja_soportes(ctx)
{
corto=2*esca;
largo=4*esca;

for(i=0;i<nsopo;i++)

```

```

{
if (hori[i]==1)
    {anchu=largo; altu=corto;}
else
    {anchu=corto; altu=largo;}
xx=x[i]-anchu/2;
yy=y[i]-altu/2;
rectang(ctx,xx,yy,anchu,altu);
} // Fin bucle por nsopo
}

// ----- DIBUJA_PARQUE
function dibuja_parque(ctx)
{
rectang(ctx,1,1,width-1,height-1);

// Dos cuadrados de arriba
rectang(ctx,xoff1,yoff1,dx1*esca,dy1*esca);
rectang(ctx,xoff2,yoff2,dx2*esca,dy2*esca);

// Línea superior
rectang(ctx,-1*esca+xoff,-1*esca+yoff,esca*(longitud+2),2*esca);

// Línea inferior
rectang(ctx,-1*esca+xoff,esca*(3*dy-1)+yoff,esca*(longitud+2),2*esca);

// Transversales
for(i=0;i<=ndiv_x;i+=2)
    rectang(ctx,esca*(i*dx-1)+xoff,esca*(dy-1)+yoff,esca*2,esca*2*dy);
}

// ----- DIBUJA_CIRCULOS
function dibuja_circulos(ctx)
{
npara=0;
for(i=0;i<nsopo;i++)
    {
    if (activo[i]==1)
        {circulo(ctx,x[i],y[i],radio*esca); npara++;}
    }
}

// ----- DIBUJA_CIRCULOS_OSCUROS
function dibuja_circulos_oscuros(ctx)
{
for(i=0;i<nsopo;i++)
    {
    if (activo[i]==1)
        circulo_oscuro(ctx,x[i],y[i],radio*esca);
    }
}

// ----- COMPRUEBA SI ES INTERIOR
function interior(xx,yy)
{

```

```

    if (
        xx>=xoff-3*esca && xx<xoff+(longitud+3)*esca &&
            yy>=yoff-3*esca && yy<yoff+(anchura+3)*esca
        ||
        xx>=xoff1-3*esca && xx<xoff1+(dx1+3)*esca &&
            yy>=yoff1-3*esca && yy<yoff1+(dy1+3)*esca
        ||
        xx>=xoff2-3*esca && xx<xoff2+(dx2+3)*esca &&
            yy>=yoff2-3*esca && yy<yoff2+(dy2+3)*esca
    )
        return 1;
    else
        return 0;
}

// ----- CALCULA AREA BLANCA INTERIOR
function area_blanca_interior(ctx,indice,tipo)
{
var imgd = ctx.getImageData(0,0,width,height);
var pix = imgd.data;

var abi=0;
var ane=0;
for (var i = 0, n = pix.length; i < n; i += 4)
    {
    // Orden píxeles: de izda. a dcha. y de arriba a abajo
    var interno=0;
    var y = Math.floor(i/4/width);
    var x = i/4 - y*width;
    if (interior(x,y)==1) interno=1;
    if (interno==1 && pix[i] == 255 && pix[i+1] == 255 && pix[i+2] == 255) abi++;
    if (interno==0 && pix[i] == 192 && pix[i+1] == 192 && pix[i+2] == 192) ane++;
    //if (interno==1) {imgd.data[i]=100; imgd.data[i+1]=100; imgd.data[i+2]=100;}
    }

//ctx.putImageData(imgd,0,0,width,height);

var total_int=longitud*esca*anchura*esca + dx1*dy1*esca*esca +
    dx2*dy2*esca*esca;
var ani=total_int-abi;
var ac=Math.PI*radio*esca*radio*esca;
var as=npara*ac-ani-ane;
if (as<0) as=0;

// Añado las filas a la tabla
var theTable = document.getElementById("tabla");

abi_p=abi/total_int*100;

if (abi_p<=max_sin_cubrir && nivpro==niv_mostrar) // Decido si añadir la fila (% area
blanca interior < % máxima superficie sin cubrir)) // Decido si añadir la fila (% area
blanca interior < % máxima superficie sin cubrir)
{
var newRow = theTable.insertRow(theTable.rows.length);
var newCell;

newRow.innerHTML="<td class=difcursor onmouseover='elige_imagen("+indice+");'>"+ "<u> " +
indice + "</u>" + "</td>";

newCell= newRow.insertCell(1);
newCell.innerHTML = nivpro;

newCell= newRow.insertCell(2);

```



```

newCell.innerHTML = modelo;

newCell= newRow.insertCell(3);
newCell.innerHTML = radio;

newCell= newRow.insertCell(4);
newCell.innerHTML = tipo;

newCell= newRow.insertCell(5);
newCell.innerHTML = npara;

newCell= newRow.insertCell(6);
newCell.innerHTML = Math.round(10*abi/(esca*esca))/10;

newCell= newRow.insertCell(7);
newCell.innerHTML = Math.round(10*abi/total_int*100)/10;

newCell= newRow.insertCell(8);
newCell.innerHTML = Math.round(10*as/total_int*100)/10;

newCell= newRow.insertCell(9);
newCell.innerHTML = Math.round(10*(as+ane)/total_int*100)/10;

newCell= newRow.insertCell(10);
newCell.innerHTML = precio_indi*npara+precio_fijo;

newCell= newRow.insertCell(11);
newCell.innerHTML = precio_indi*npara+precio_fijo*npara;

} // fin if

}

// ----- DIBUJA
function dibuja()
{
// https://developer.mozilla.org/en/Canvas_tutorial/Basic_usage
// ctx.fillStyle = "rgb(200,0,0)";
// ctx.fillRect (10, 10, 55, 50);

// Leo los soportes
carga_datos();

// Borro filas tabla

var theTable = document.getElementById("tabla");
var nfilas=theTable.rows.length;
for(i=1;i<nfilas;i++)
    theTable.deleteRow(1);

var indice=0;

// - - - - - BUCLE PARA TODOS LOS RADIOS

var tipo;

for(ii=0;ii<nrad;ii++)

```

```

{
radio=rad[ii]*fac[ii];
modelo=mod[ii];
nivpro=niv[ii];
precio_indi=pre[ii];

// # # # # # # # # # # BUCLE POR LOS TRES TIPOS
for(tipo=0;tipo<=3;tipo++)
{
activa_soportes(tipo);

var ctx = document.getElementById("graf0").getContext("2d");
width=document.getElementById("graf0").width;
height=document.getElementById("graf0").height;

// Rectángulo blanco para todo el canvas
ctx.fillStyle = "rgb(255,255,255)";
ctx.fillRect(0,0,width,height);

// Dibuja círculos
dibuja_circulos(ctx);

// Calcula zona cubierta por círculos
area_blanca_interior(ctx,indice,tipo);

// Dibuja el perímetro y soportes
dibuja_parque(ctx);
dibuja_soportes(ctx);

// Dibuja círculos oscuros
dibuja_circulos_oscuros(ctx);

// Pone el número de dibujo
ctx.font = "20pt Arial";
ctx.fillStyle="red";
ctx.fillText(indice,10,height/2);

// Guarda imagen en matriz e incrementa el índice
if (abi_p<=max_sin_cubrir)
{
imagen[indice] = ctx.getImageData(0,0,width,height);
indice++;
}

// Rectángulo blanco para todo el canvas
ctx.fillStyle = "rgb(255,255,255)";
ctx.fillRect(0,0,width,height);

} // # # # # # # # # # # FIN BUCLE TIPOS

} // - - - - - FIN BUCLE RADIOS

}

var popup;

// ----- ELIJE IMAGEN

```

ANEXO E

Código CSS

```

/* Estilos generales */
input {text-align:center;}

H3{
    border: 1px solid #190707;
    background-color: #FFFFFF;
    color: #190707;
    text-align:center;
}

.button
{
font-family: Verdana, sans-serif;
font-size: 11px;
color: #333333;
border: 2px #666666 solid;
font-weight: bold;
cursor:pointer;
}

.botcalc
{
font-family: Verdana, sans-serif;
font-size: 10px;
color: #333333;
border: 1px #666666 solid;
font-weight: bold;
cursor:pointer;
width: 60px;
}

.difcursor
{
    cursor:pointer;
}

.imag
{
    cursor:help;
}

/* Estilos de las distintas zonas */
Div#zonal{
    background-color:#E0E0F8;
    font: 15px Times New Roman;
    padding-left:80px;
    padding-right:80px;
    padding-bottom:50px;
    margin-left:40px;
    margin-right:40px;
}

Div#zona2{
    width:700px;
    background-color:#E0E0F8;
    font: 15px Times New Roman;
    padding-left:100px;
    padding-right:100px;
    padding-bottom:100px;
    margin-left:40px;
    margin-right:40px;
}

Div#zona3{
    background-color:#E0E0F8;

```

```

        font: 15px Times New Roman;
        padding-left:100px;
        padding-right:100px;
        padding-bottom:100px;
        margin-left:40px;
        margin-right:40px;
    }

Div#zona4{
    background-color:#E0E0F8;
    font: 15px Times New Roman;
    margin-left:10px;
    margin-right:10px;
    padding-left:80px;
    padding-right:80px;
}

Div#zona5
    background-color:#E0E0F8;
    H3 {
        background-color:#EFFBFB;
        text-align:left;
        margin-left:20px
    }
    td {text-align:center;}

#precio
    td {text-align:left;}

/* --- Estilos de las tablas de resultados */
th#cabecera_tabla_resultados{
    width:680px;
    border: 1px solid #190707;
    background-color: #FFFFFF;
    color: #190707;
    text-align:center;
}

#tabla_resul_R1
    td {text-align:center;}
    th {background-color: #A4A4A4;}

#tabla_composicion_R1_di
    td {text-align:center;}

#tabla_composicion_R1_sfo
    td {text-align:center;}

#tabla_resul_R2
    td {text-align:center;}

#tabla_composicion_R2_di
    td {text-align:center;}

#tabla_composicion_R2_sfo
    td {text-align:center;}

```