

6.1.2.2 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA (RG)

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) = 0,682 \, \Omega$$

Donde:

- L: Longitud total de conductores, incluyendo las picas (si aplica).
- A: Área total de la malla.
- h: Profundidad de enterramiento de la malla.
- ρ : Resistividad promedio del terreno.

6.1.2.3 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA MÁXIMA QUE PUEDE CIRCULAR POR LA RED DE TIERRAS DE LA SUBESTACIÓN (IG)

Cálculo de la impedancia del hilo de guarda desde el pórtico hasta el primer apoyo (Z_s):

$$Z_s = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{72 \cdot 10^{-8} \cdot 55}{7,89 \cdot 10^{-5}} = 0,502 \, \Omega$$

Donde:

- ρ : Resistividad del acero ($\Omega \cdot m$).
- L: Longitud del vano de los pórticos (m).
- S: Sección (m²).

Por otra parte, el valor típico de la R_{pat} de un apoyo de alta tensión (R_t) es 60 Ω .

Cálculo de la impedancia equivalente de los hilos de guarda, de cada línea aérea (Z_L), según ITC-LAT-07:

$$Z_L = \frac{1}{2} \cdot (Z_s + \sqrt{Z_s \cdot (4 \cdot R_t + Z_s)}) = \frac{1}{2} \cdot (0,502 + \sqrt{0,502 \cdot (4 \cdot 60 + 0,502)}) = 5,74 \, \Omega$$

Cálculo de la impedancia de puesta a tierra total (Z_E):

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_g} + \frac{1}{Z_L}} = \frac{1}{\frac{1}{0,682} + \frac{1}{5,74}} = 0,610 \, \Omega$$

Se supone un factor de reducción ($r=0,3$), según figura C.3 del anexo C de la IEEE80 para 2/5, por lo que:

$$I_E = r \cdot 3I_o = 0,3 \cdot 14800 = 4440 \, A$$

Cálculo de la elevación del potencial de la malla de la subestación (U_E):

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 4440 \cdot 0,610 = 2709 \text{ V}$$

Cálculo de la intensidad que circula por la malla de tierra (I_g):

$$I_g = \frac{U_E}{R_g} = \frac{2709}{0,682} = 3972 \text{ A}$$

6.1.2.4 CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO PRESENTES EN LA SUBESTACIÓN (U'_P , U'_C)

Para calcular los valores de tensión de paso y de contacto debemos obtener los siguientes valores intermedios:

$$n = \frac{2 \cdot L_C}{L_P} \cdot \sqrt{\frac{L_P}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 15,47;$$

$$K_h = \sqrt{1 + h} = 1,265$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 2,934 ;$$

$$K_{ii} = \frac{1}{2n^2} = 0,642$$

Posteriormente hallamos los coeficientes, K_m y K_s , según las fórmulas siguientes:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16h \cdot d} + \frac{(D + 2h)^2}{8D \cdot d} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right] = 0,687$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,392$$

- L_C es la longitud total de la malla horizontal;
- L_P es la longitud total del perímetro de la malla horizontal;
- A es el área cubierta por la malla;
- L_x es la máxima longitud de la malla horizontal en el eje longitudinal;
- L_y es la máxima longitud de la malla horizontal en el eje transversal;
- D_m es la distancia máxima entre dos puntos de la malla;
- h es la profundidad del conductor enterrado;
- D es el espaciado medio entre conductores;
- d es el diámetro del conductor de tierra.

La fórmula que permite obtener la tensión de contacto:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M} = \frac{100 \cdot 0,687 \cdot 2,934 \cdot 3972}{2195} = 365 \text{ V}$$

La fórmula que permite obtener el valor de la tensión de paso es:

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_s} = \frac{100 \cdot 0,392 \cdot 2,934 \cdot 3972}{1646,25} = 278 \text{ V}$$

Finalmente, se comprueba que las tensiones de paso y de contacto presentes (U'_p y U'_c) son menores que las máximas admisibles (U_p y U_c):

$$U'_c < U_c = 365 < 1019 \text{ V}$$

$$U'_p < U_p = 278 < 34624 \text{ V}$$

6.1.2.5 COMPROBACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL ELECTRODO HORIZONTAL ENTERRADO Y DE LAS LÍNEAS DE PUESTA A TIERRA (LATIGUILLOS DE BAJADA A LA MALLA)

Según el ITC-RAT-13, considerando conductores de cobre y que la temperatura final de 300 °C no supone un riesgo de incendio, se pueden calcular las líneas de puesta tierra mediante la siguiente fórmula:

$$S_{min} = \frac{I_g (A)}{160 \left(\frac{A}{mm^2} \right)} = \frac{3972}{160} = 25 \text{ mm}^2$$

Por lo que la sección seleccionada (120 mm²) se considera correcta.

6.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES

6.2.1 EVALUACIÓN DE RIESGO Y SELECCIÓN DE MÉTODO DE PROTECCIÓN

La decisión de dotar a una estructura de un Sistema de Protección contra el Rayo, así como la selección del nivel de protección adecuado, se define en la sección SUA 8 "Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo" del Código Técnico de la Edificación, y se basa en la frecuencia esperada de impactos de rayo sobre la estructura o zona a proteger, N_e , y la frecuencia anual aceptable de rayos establecida para esa zona, N_a .

6.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .

La frecuencia esperada de impactos, N_e , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \text{ n}^\circ \text{ impactos/año}$$

siendo,

N_g la densidad de impactos sobre el terreno (n.º impactos/año, km²), obtenida según la siguiente figura:

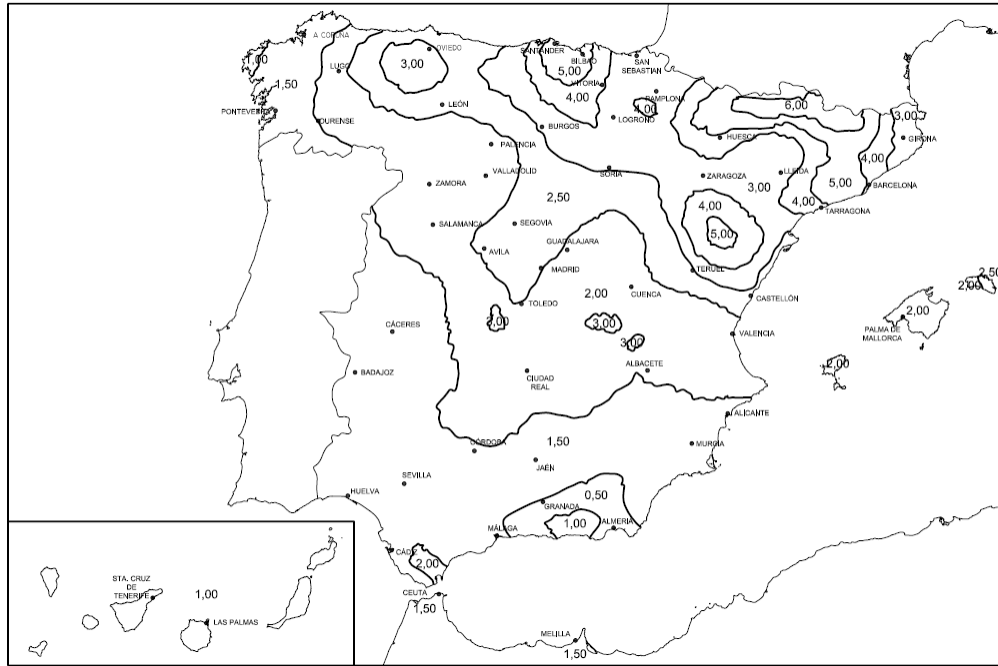


Ilustración 15. Mapa de densidad de impactos sobre el terreno

En la zona que nos afecta, la densidad de impactos sobre el terreno será de:

$$N_g = 2,50 \frac{\text{impactos}}{\text{año km}^2}$$

A_e es superficie de captura equivalente en m^2 . Para el caso de una subestación eléctrica, esta superficie la trataremos como una estructura aislada en terreno llano, según el DB-SUA 8, la cual se define como la intersección entre la superficie del terreno y una línea recta de pendiente 1/3 que pasa por la parte superior de la estructura (tocándola en ese punto y girándola alrededor de ella).

Para una estructura rectangular aislada de longitud L , anchura W y altura H , situada en un terreno llano, es igual a:

$$A_e = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9\pi \cdot H^2$$

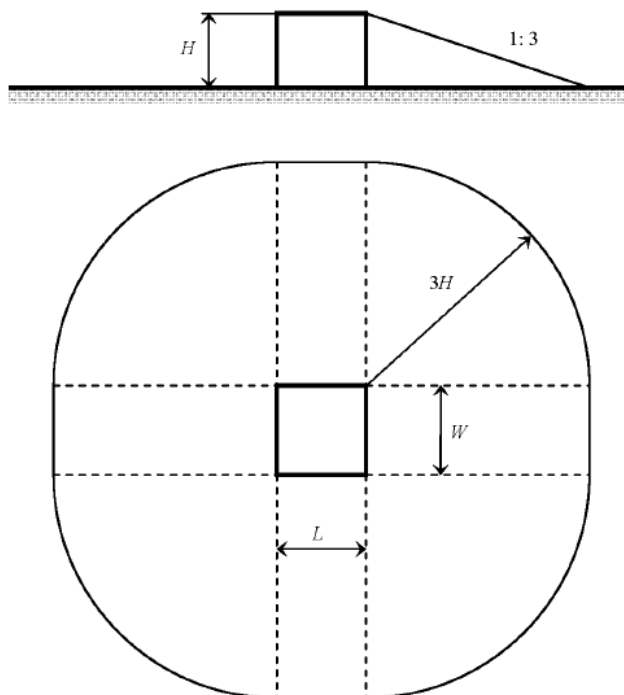


Ilustración 16. Superficie de captación de una estructura aislada

En nuestro caso:

$$A_e = 95 \cdot 47 + 6 \cdot 18,34 \cdot (95 + 47) + 9\pi \cdot 18,34^2 = 29601 \text{ m}^2$$

C_1 es un coeficiente relacionado con el entorno, según la siguiente tabla, que se corresponde con la Tabla 1.1 del CTE DB SUA 8:

| Situación del edificio | C_1 |
|--|-------|
| Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos | 0,5 |
| Rodeado de edificios más bajos | 0,75 |
| Aislado | 1 |
| Aislado sobre una colina o promontorio | 2 |

Tabla 8. Coeficiente C_1

Para nuestro caso, se considera la instalación aislada, y, por lo tanto:

$$C_1 = 1$$

En definitiva, se tendrá que la frecuencia esperada de impactos será de:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 29601 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,0740 \text{ n}^\circ \text{ impactos/año}$$

La frecuencia admisible de impactos, N_a , puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

siendo C_2 , C_3 , C_4 y C_5 unos coeficientes que dependen del tipo de construcción, contenido, uso de esta y necesidad de la continuidad de las actividades que se desarrollen en ella, respectivamente.

Estos coeficientes se obtienen de las siguientes tablas:

| Coeficiente C_2 | | | |
|------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | Cubierta metálica | Cubierta de hormigón | Cubierta de madera |
| Estructura metálica | 0,5 | 1 | 2 |
| Estructura de hormigón | 1 | 1 | 2,5 |
| Estructura de madera | 2 | 2,5 | 3 |

| Coeficiente C_3 | |
|-----------------------------------|---|
| Edificio con contenido inflamable | 3 |
| Otros contenidos | 1 |

| Coeficiente C_4 | |
|--|-----|
| Edificios no ocupados normalmente | 0,5 |
| Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente | 3 |
| Resto de edificios | 1 |

| Coeficiente C_5 | |
|--|---|
| Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave | 5 |
| Resto de edificios | 1 |

Tabla 9. Valores de los distintos coeficientes para el cálculo de la frecuencia admisible de impactos

En este caso:

- $C_2 = 0,5$
- $C_3 = 1$
- $C_4 = 0,5$
- $C_5 = 5$

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3} = 0,0044$$

De esta manera se tiene que la frecuencia de impactos esperada es superior a la frecuencia de impactos aceptable por la estructura:

$$N_e > N_a \rightarrow 0,0740 > 0,0044$$

Por lo que acorde al Código Técnico de la Edificación, sí es obligatoria la instalación de un Sistema de Protección Contra el Rayo.

6.2.1.2 SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN

Como N_e es mayor que N_a es necesario la instalación de un sistema de protección contra el rayo. Este sistema tendrá al menos una eficiencia E , definida como:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{0,0044}{0,0740} = 0,941$$

En la siguiente tabla se muestra el nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida. Estos niveles de protección son los encontrados en el Documento Básico correspondiente del Código Técnico de la Edificación.

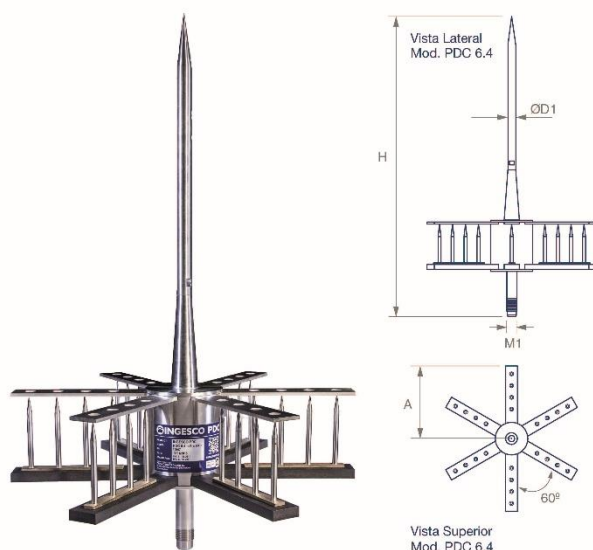
| Eficiencia requerida | Nivel de protección |
|----------------------|---------------------|
| $E \geq 0,98$ | I |
| $0,95 \leq E < 0,98$ | II |
| $0,80 \leq E < 0,95$ | III |
| $0 \leq E < 0,80$ | IV |

Tabla 10. Nivel de eficiencia requerida

Por lo tanto, el nivel de protección requerido es III, que deberá ser la clase del Sistema de Protección Contra el Rayo elegido (SPCR).

6.2.1.3 CONCLUSIÓN

Se protegerá la subestación mediante el pararrayos con dispositivo de cebado del fabricante Ingesco, modelo PDC 6.3, cuyo radio de protección para el nivel requerido, es de 95m.



PARARRAYOS INGESCO® PDC

Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según normas UNE 21.186:2011 NFC17-102:2011 y NP4426:2013

funcionamiento

El diseño del pararrayos INGESCO® PDC permite producir una ionización de las partículas de aire alrededor de la punta del captador, que genera un trazador ascendente dirigido hacia la nube. Esta corriente de iones intercepta y canaliza desde su origen la descarga eléctrica del rayo.

Entre el conjunto excitador (que se encuentra al mismo potencial que el aire circundante) y la punta y el conjunto deflector (que se hallan a igual potencial que la tierra) se

establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto más alto es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más inminente es la formación del rayo.

La obtención, mediante ensayos de laboratorio, del valor t (incremento del tiempo de cebado) permite establecer una correlación entre la velocidad de propagación de la corriente de iones y la distancia de impacto del rayo, a partir de la cual se calcula el radio de protección

para cada modelo de pararrayos (ver cuadro adjunto).

El conocimiento de estos radios de protección nos permite seleccionar el modelo de pararrayos más adecuado a las características de la estructura a proteger, de acuerdo con las normativas reguladoras UNE 21.186:2011, NFC17.102:2011 y NP4426:2013.

niveles de protección

| Model | PDC 3.1 | PDC 3.3 | PDC 4.3 | PDC 5.3 | PDC 6.3 | PDC 6.4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ref. | 101000 | 101001 | 101003 | 101005 | 101008 | 101009 |
| 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 |

Radios de protección calculados según: Normas UNE 21.186:2011 & NFC17.102:2011 (Estos radios de protección han sido calculados según una diferencia de altura entre la punta del pararrayos y el plano horizontal considerado de 20m).

especificaciones técnicas

| Mod. | Ref. | Mat. | H (mm) | D1 (mm) | M1 | A (mm) | Peso (g) |
|---------|--------|------|-----------|------------|------|-----------|-------------|
| PDC 3.1 | 101000 | Inox | 387 | 16 | M 20 | 95 | 2350 |
| PDC 3.3 | 101001 | Inox | 598 | 16 | M 20 | 156 | 3200 |
| PDC 4.3 | 101003 | Inox | 598 | 16 | M 20 | 156 | 3400 |
| PDC 5.3 | 101005 | Inox | 598 | 16 | M 20 | 156 | 3600 |
| PDC 6.3 | 101008 | Inox | 598 | 16 | M 20 | 156 | 3800 |
| PDC 6.4 | 101009 | Inox | 598 | 16 | M 20 | 186 | 4150 |

ingesco.com

Ilustración 17. Modelo Pararrayos

En la siguiente ilustración se muestra un croquis de la zona de protección que alcanzaría un pararrayos de dichas características. Dicho pararrayos cubrirá la totalidad de la superficie de la instalación.

En la siguiente ilustración se muestra un croquis de la zona de protección que alcanzaría el sistema de tierras superiores.

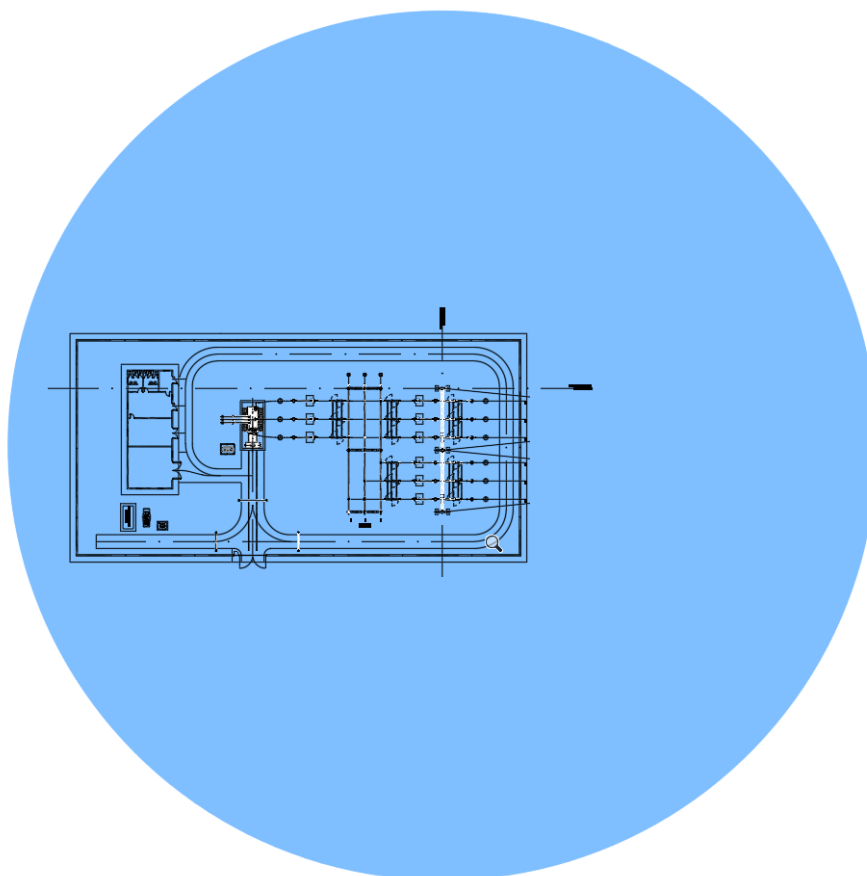


Ilustración 18. Área de protección de la red de tierras superior de la subestación



SUBESTACIÓN GUADARRAMA

220/30 kV

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Moraleja de Enmedio (Madrid)

Anexo 1.2: Memoria de cálculos luminotécnicos



Código de documento: I-20-060-C-002

| Revisión | Fecha | Realizado | Comprobado | Aprobado | Descripción |
|----------|-------|-----------|------------|----------|-----------------|
| 00 | 11-20 | J.M.R. | S.R.P. | D.S.C. | EDICIÓN INICIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |

ENERGÍA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, S.L. inscrita en el Registro Mercantil de Sevilla, al Tomo 6579, Libro 0, Folio 140, Hoja SE-118471,
Inscripción 1ª, provista del CIF B-90383779

CONTENIDO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | OBJETO | 3 |
| 2 | NORMATIVA | 3 |
| 3 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | 5 |
| 3.1 | JUSFICACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN | 5 |
| 3.1.1 | ILUMINACIÓN EXTERIOR | 5 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LUMINARIAS, LÁMPARAS Y EQUIPOS AUXILIARES | 8 |
| 3.2.1 | ILUMINACIÓN EXTERIOR | 8 |
| 3.3 | SISTEMAS DE CONTROL PROYECTADOS..... | 9 |
| 4 | ESTUDIO DIALUX..... | 10 |

1 OBJETO

La presente memoria tiene por objeto definir las características y los trabajos a efectuar para el montaje de la instalación de alumbrado exterior que se utilizará en la Subestación Guadarrama 220/30kV.

Dicha subestación se ubicará dentro del término municipal de Moraleja de Enmedio, provincia de Madrid, en las parcelas 176, 10174, 10177, 10178 y 20174, del polígono 1, con referencias catastrales 28089A001001760000OI, 28089A001101740000OW, 28089A001101770000OY, 28089A001101780000OG y 28089A001201740000OF, respectivamente.

2 NORMATIVA

El cálculo que se realiza a continuación para la Subestación Guadarrama 220/30 kV cumple con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- La Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-05 “VERIFICACIONES E INSPECCIONES”.
- La Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-09 “INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR”.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- CTE DB-SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.
- Anexo IV del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Norma UNE-EN 12464-2, Iluminación de los Lugares de Trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exteriores.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen de los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

En el documento anexo, fruto del cálculo del software empleado (Dialux) para la planta general de este proyecto, se justifican los cálculos luminotécnicos cuya información se detalla a continuación.

3.1 JUSFICACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

3.1.1 ILUMINACIÓN EXTERIOR

Se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc.)

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20 % los niveles medios de referencia establecidos en la ITC-EA-02 del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. Estos niveles medios de referencia están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de carreteras".

El objeto de este documento se enmarca en el punto 5 del Reglamento antes mencionado, dado que el objetivo principal de esta instalación es la vigilancia y seguridad nocturna de las áreas destinadas a los equipos eléctricos y mecánicos cuando se realicen trabajos de emergencia de carácter excepcional durante la noche.

En la siguiente tabla podemos ver los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones de este, en función de la reflectancia o factor de reflexión ρ de la fachada.

| Factor de reflexión Fachada Edificio | Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾ | |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| | Vertical en Fachada ⁽²⁾ | Horizontal en Inmediaciones |
| Muy clara $\rho=0,60$ | 1 | 1 |
| Normal $\rho=0,30$ | 2 | 2 |
| Oscura $\rho=0,15$ | 4 | 2 |
| Muy oscura $\rho=0,075$ | 8 | 4 |

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.
⁽²⁾ La iluminancia media vertical solo se considerará hasta una altura de 4 m desde el suelo

Tabla 1. Niveles de iluminancia media en alumbrado para vigilancia y seguridad nocturna

En las áreas destinadas a actividades industriales, supuesto que nos aplica a nosotros al tratarse de una instalación eléctrica esencial, los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Áreas de riesgo normal: 5 lux
- Áreas de riesgo elevado: 20 lux

- Áreas de alto riesgo: 50 lux

Al tratarse de una instalación eléctrica esencial, consideraremos como iluminancia media mínima la correspondiente a áreas de alto riesgo.

En cuanto al deslumbramiento, la evaluación de este se encuentra recogida en el apartado 8.3 “Otras instalaciones de alumbrado” del Reglamento antes mencionado.

Para evaluar el deslumbramiento en la iluminación de la instalación objeto de este proyecto, utilizamos el índice de deslumbramiento GR cuya escala de 0 a 100, en orden creciente de deslumbramiento se encuentra indicada en la tabla siguiente:

| Deslumbramiento | Índice GR |
|------------------|-----------|
| Insignificante | 10 |
| Ligero | 30 |
| Límite admisible | 50 |
| Molesto | 70 |
| Insoportable | 90 |

Tabla 2. Evaluación del deslumbramiento mediante el índice GR

Los límites de deslumbramiento para este tipo de instalaciones de alumbrado son los establecidos en la siguiente tabla:

| Destino del alumbrado | Tipo de Actividad | GR _{máx} |
|---|--------------------|-------------------|
| A la salvaguarda y seguridad | Riesgos bajos | 55 |
| | Riesgos medios | 50 |
| | Riesgos altos | 45 |
| Al movimiento y seguridad | Solamente peatones | 55 |
| | Tráfico lento | 50 |
| | Tráfico normal | 45 |
| Al trabajo | Basto | 55 |
| | Basto y medio | 50 |
| | Fino | 45 |
| Instalaciones deportivas | Entrenamiento | 55 |
| | Competición | 50 |
| Para tareas decisivas de visión en áreas de trabajo los valores de GR máx serán 5 unidades por debajo de las establecidas | | |

Tabla 3. Límites de deslumbramiento en recintos abiertos y, en general en la iluminación a gran altura

La luminaria utilizada cumple con los valores aquí marcados, como se puede comprobar en el Apartado 4. de este documento.

En cuanto al resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica nos deberemos de trasladar a la ITC-EA 03 del reglamento antes mencionado. El resplandor luminoso nocturno es la luminosidad

producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmosfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

En la siguiente tabla se clasifican las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de ellas:

| CLASIFICACIÓN DE ZONAS | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|---|
| E1 | ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar. |
| E2 | ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas. |
| E3 | ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas. |
| E4 | ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna. |

Tabla 4. Clasificación de zonas de protección contra la contaminación lumínica

Nuestra instalación se enmarcaría en la zona clasificada como E2 “Áreas de brillo o luminosidad baja: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas”.

Con objeto de no contaminar lumínicamente hablando, se limitarán las emisiones de luz hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior no superará los valores de la siguiente tabla:

| CLASIFICACIÓN DE ZONAS | FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST} |
|------------------------|--|
| E1 | $\leq 1\%$ |
| E2 | $\leq 5\%$ |
| E3 | $\leq 15\%$ |
| E4 | $\leq 25\%$ |

Tabla 5. Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

En nuestro caso, según este Reglamento:

$$FHS_{inst} \leq 5\%$$

El modelo de luminaria utilizado deberá tener un $FHS_{inst} \leq 5\%$, para cumplir con el requerimiento impuesto.

Según el apartado 2 de la ITC-EA-04, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

En nuestro caso, las lámparas tienen una eficacia luminosa superior a 40 lum/W, como se puede comprobar con el estudio del software utilizado, que se encuentra en el Apartado 4 de este documento

Las luminarias, incluyendo los proyectores que se instalen en las instalaciones de alumbrado, deberán cumplir con los requisitos de la Tabla 1 respecto a los valores de rendimiento de la luminaria y factor de utilización (η y f_u)

| PARÁMETROS | ALUMBRADO VIAL | | RESTO ALUMBRADOS (1) | |
|---|----------------|-------------|----------------------|-------------|
| | Funcional | Ambiental | Proyectores | Luminarias |
| Rendimiento | $\geq 65\%$ | $\geq 55\%$ | $\geq 55\%$ | $\geq 60\%$ |
| Factor de utilización | (2) | (2) | $\geq 0,25$ | $\geq 0,30$ |
| (1) A excepción de alumbrado festivo y navideño. (2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01. | | | | |

Tabla 6. Características de las luminarias y proyectores

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LUMINARIAS, LÁMPARAS Y EQUIPOS AUXILIARES

3.2.1 ILUMINACIÓN EXTERIOR

La instalación se compone de los siguientes elementos y tipo de alumbrado:

3.2.1.1 Alumbrado general

Luminaria LED del fabricante Disano, modelo 1723 Cripto big 135W asimétrico, tanto para la zona de aparcamiento, alumbrado perimetral y zona exterior del edificio, cuyas características se incluyen a continuación:

- Óptica asimétrica
- Temperatura Color: 4000 K (CRI>80)
- Potencia: 135 W
- Lúmenes Output: 12169 lm
- Protección contra el agua: IP66
- Resistencia a impactos: IK08
- Peso: 7,48 kg
- Mantenimiento flujo luminoso: 80000h (L80L10)

Se instalarán un total de 36 unidades, cuya disposición podemos encontrar en el Anexo del programa Dialux, abajo especificado.

3.2.1.2 Elementos de sujeción

Las luminarias de exterior tendrán varios tipos de sujeción:

- Sujeción mediante báculo: las dimensiones aproximadas y los elementos son los siguientes:
 - Altura: 3,00 m
 - Diámetro en punta: 0,250 m
 - Diámetro en pie: 0,350 m
 - Cruceta
- Fijadas al edificio: se fijarán las luminarias al edificio proyectado en la subestación mediante los herrajes necesarios.
- Sujeción mediante pórtico: se instalarán los herrajes necesarios para fijar la luminaria elegida a los pórticos de la subestación;

3.3 SISTEMAS DE CONTROL PROYECTADOS

Se utilizará un sistema combinado para el accionamiento en paralelo de forma manual, que contemplará la utilización de reloj astronómico reajutable por periodos y dos células fotoeléctricas dispuestas en paralelo (principal y redundante) para el control en ausencia de luminosidad ocasional o fallo del otro dispositivo, de forma que se optimiza el ahorro energético.

4 ESTUDIO DIALUX

A continuación, se anexa el estudio realizado con el programa de cálculo Dialux, para la Subestación Guadarrama 220/30 kV.

Subestación Guadarrama

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 18.11.2020
Proyecto elaborado por: Eydetec



Proyecto elaborado por Eydetec
Teléfono +34 654 96 71 06
Fax
e-Mail

Índice

| | |
|---|---|
| Subestación Guadarrama | |
| Portada del proyecto | 1 |
| Índice | 2 |
| Disano Illuminazione SpA 1723 LED 134W CLD CELL 1723 Cripto big - a... | |
| Hoja de datos de luminarias | 3 |
| Subestación Guadarrama | |
| Datos de planificación | 4 |
| Lista de luminarias | 5 |
| Rendering (procesado) en 3D | 6 |
| Rendering (procesado) de colores falsos | 7 |
| Superficies exteriores | |
| Nivel suelo | |
| Isolíneas (E, perpendicular) | 8 |

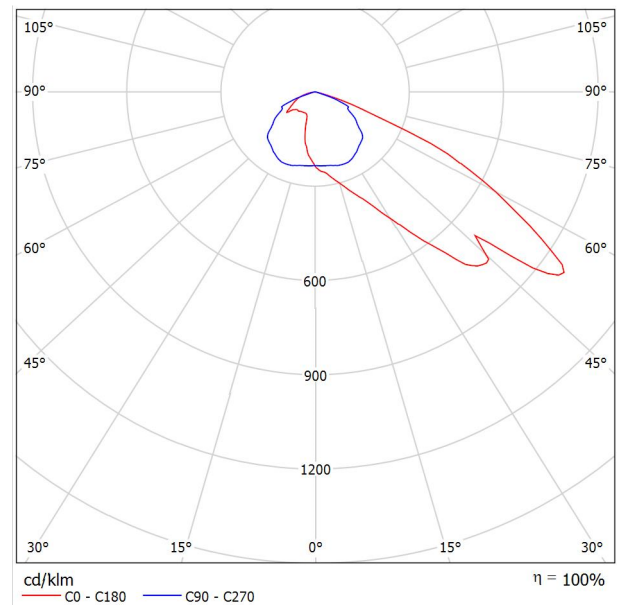


Proyecto elaborado por Eydetec
Teléfono +34 654 96 71 06
Fax
e-Mail

Disano Illuminazione SpA 1723 LED 134W CLD CELL 1723 Cripto big - asimmetrico FS / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



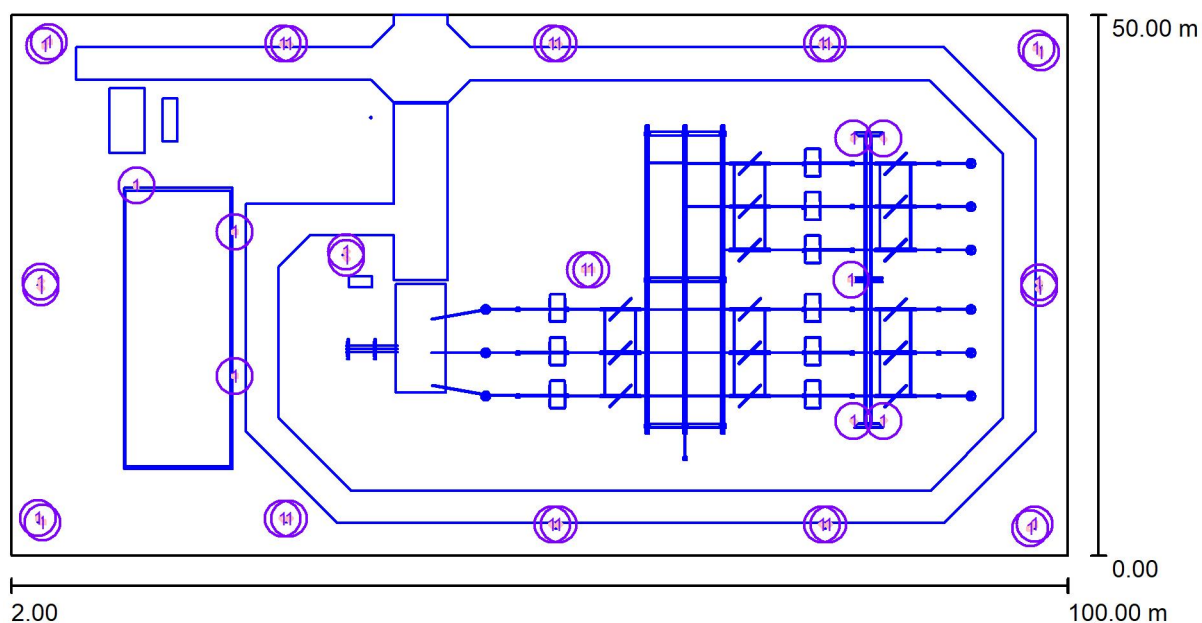
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 36 79 99 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por Eydetec
 Teléfono +34 654 96 71 06
 Fax
 e-Mail

Subestación Guadarrama / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 2.5%

Escala 1:701

Lista de piezas - Luminarias

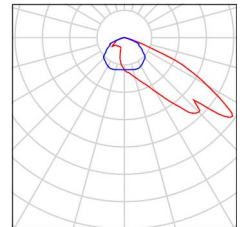
| Nº | Pieza | Designación (Factor de corrección) | Φ (Luminaria) [lm] | Φ (Lámparas) [lm] | P [W] |
|--------|-------|---|--------------------|-------------------|--------|
| 1 | 36 | Disano Illuminazione SpA 1723 LED 134W CLD CELL 1723 Cripto big - asimetrico FS (1.000) | 12169 | 12169 | 135.4 |
| Total: | | | 438076 | 438084 | 4874.4 |



Proyecto elaborado por Eydetec
Teléfono +34 654 96 71 06
Fax
e-Mail

Subestación Guadarrama / Lista de luminarias

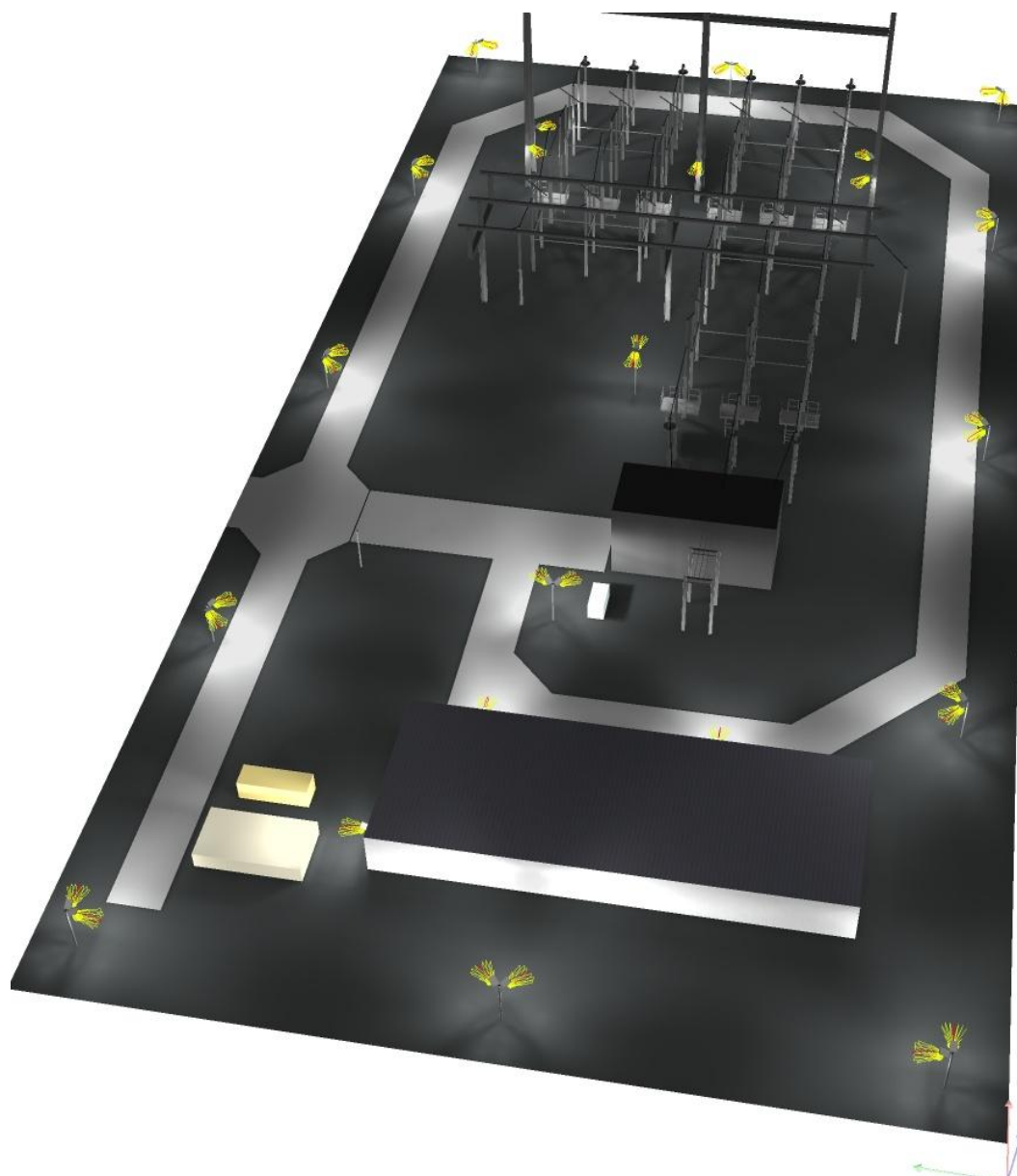
| | | |
|----------|---|---|
| 36 Pieza | Disano Illuminazione SpA 1723 LED 134W CLD CELL 1723 Cripto big - asimmetrico FS N° de artículo: 1723 LED 134W CLD CELL Flujo luminoso (Luminaria): 12169 lm Flujo luminoso (Lámparas): 12169 lm Potencia de las luminarias: 135.4 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 36 79 99 100 100 Lámpara: 1 x luxeonm_vt_1723 16 (Factor de corrección 1.000). | Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias. |
|----------|---|---|





Proyecto elaborado por Eydetec
Teléfono +34 654 96 71 06
Fax
e-Mail

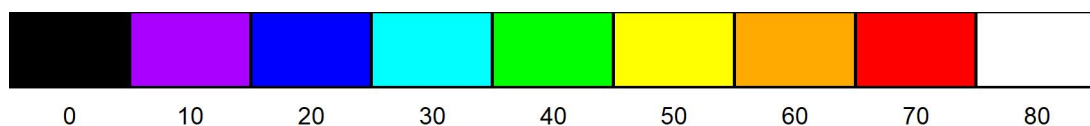
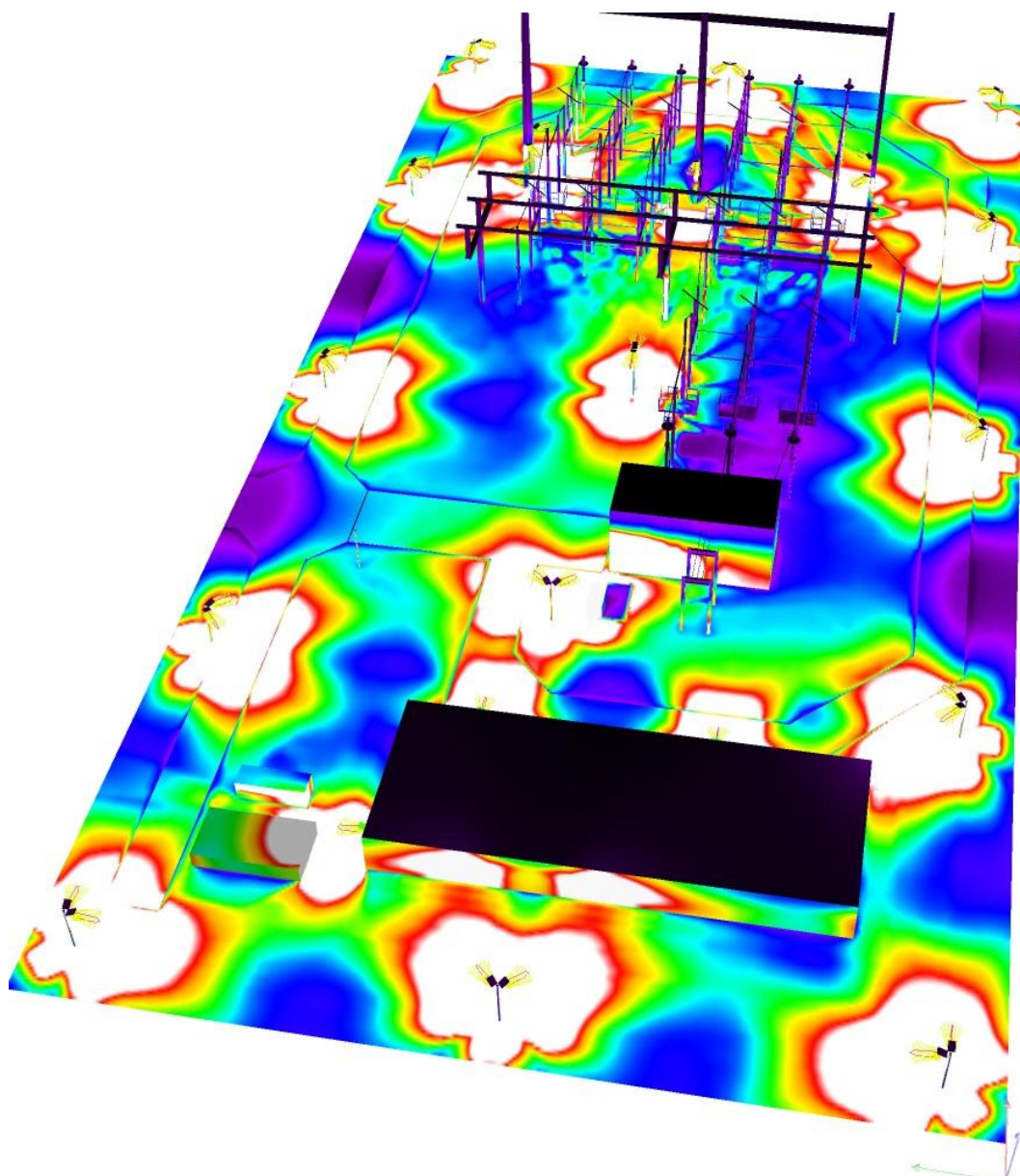
Subestación Guadarrama / Rendering (procesado) en 3D





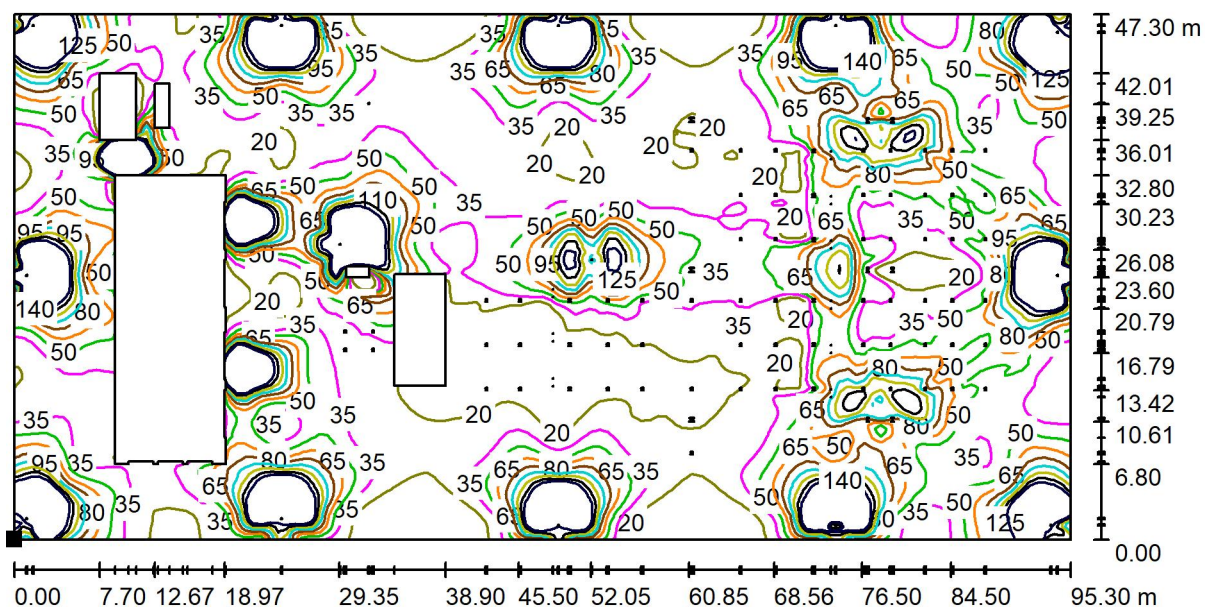
Proyecto elaborado por Eydetec
Teléfono +34 654 96 71 06
Fax
e-Mail

Subestación Guadarrama / Rendering (procesado) de colores falsos



Proyecto elaborado por Eydetec
 Teléfono +34 654 96 71 06
 Fax
 e-Mail

Subestación Guadarrama / Nivel suelo / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 682

Situación de la superficie en la
 escena exterior:
 Punto marcado:
 (3.400 m, 1.200 m, 0.011 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
61

E_{min} [lx]
5.42

E_{max} [lx]
424

E_{min} / E_m
0.089

E_{min} / E_{max}
0.013



SUBESTACIÓN GUADARRAMA

220/30 kV

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Moraleja de Enmedio (Madrid)

Anexo 1.3: Memoria de cálculos de campos magnéticos



Código de documento: I-20-060-C-003

| Revisión | Fecha | Realizado | Comprobado | Aprobado | Descripción |
|----------|-------|-----------|------------|----------|-----------------|
| 00 | 11-20 | J.M.R. | S.R.P. | D.S.C. | EDICIÓN INICIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |

ENERGÍA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, S.L. inscrita en el Registro Mercantil de Sevilla, al Tomo 6579, Libro 0, Folio 140, Hoja SE-118471, Inscripción 1ª, provista del CIF B-90383779

CONTENIDO

| | | |
|-------|---|---|
| 1 | OBJETO DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2 | NORMATIVA DE APLICACIÓN | 3 |
| 3 | REDUCCIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS | 5 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 3.2 | CONSIDERACIONES GENERALES..... | 5 |
| 3.3 | CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS..... | 6 |
| 3.3.1 | NIVELES DE REFERENCIA..... | 6 |
| 3.3.2 | CÁLCULO | 7 |

1 OBJETO DEL DOCUMENTO

La presente memoria tiene por objeto estudiar los niveles máximos de los campos electromagnéticos que se darán en la subestación, para compararlos con la normativa vigente y limitarlos en la medida de lo posible en caso de rebasarse dichos límites. Los campos electromagnéticos que se estudiarán serán los producidos en la Subestación Guadarrama 220/30 kV.

Dicha subestación se ubicará dentro del término municipal de Moraleja de Enmedio, provincia de Madrid, en las parcelas 176, 10174, 10177, 10178 y 20174, del polígono 1, con referencias catastrales 28089A001001760000OI, 28089A001101740000OW, 28089A001101770000OY, 28089A001101780000OG y 28089A001201740000OF, respectivamente.