

## ANEJO Nº 9. CÁLCULOS ELÉCTRICOS



## ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2 LEGISLACIÓN APLICABLE .....</b>	<b>2</b>
<b>3 RESUMEN DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS.....</b>	<b>3</b>
<b>4 INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4.1 Cuadros eléctricos .....</b>	<b>4</b>
4.1.1 Esquema de cálculo .....	4
4.1.2 Cálculo de los interruptores .....	4
4.1.3 Cuadro de control.....	5
4.1.4 Cuadro eléctrico de baja tensión.....	6
<b>4.2 Conductores y canalizaciones de fuerza y maniobra .....</b>	<b>7</b>
4.2.1 Justificación teórica del cálculo eléctrico de las secciones de los conductores en líneas de baja tensión.....	7
4.2.2 Cálculo de las conducciones eléctricas en baja tensión .....	12
<b>4.3 Coordinación de protecciones .....</b>	<b>13</b>
4.3.1 Protecciones contra sobreintensidad.....	13
4.3.2 Protecciones contra sobretensión.....	14
4.3.3 Protecciones contra directos e indirectos.....	14
<b>4.4 Red general de puesta a tierra .....</b>	<b>14</b>
4.4.1 Justificación teórica de los cálculos .....	14
4.4.2 Cálculo de la red general de tierras.....	19
4.4.3 Resultados obtenidos .....	21
<b>4.5 Protección contra el rayo .....</b>	<b>21</b>
4.5.1 Evaluación de los riesgos de daños según NORMA UNE 21.186.....	21
4.5.2 Evaluación del riesgo de impacto de rayo según CTE .....	24
<b>4.6 Instalación de alumbrado .....</b>	<b>27</b>



---

4.6.1 Instalación de alumbrado interior.....	27
<b>ANEXO I: ESTUDIO DE ALUMBRADO INTERIOR .....</b>	<b>32</b>



## **1 INTRODUCCIÓN**

En el presente documento se definen las actuaciones previstas en la instalación eléctrica que engloba desde el depósito hasta el punto de conexión con la tubería de Refuerzo Sur.

## **2 LEGISLACIÓN APLICABLE**

En la redacción del presente anejo se ha tenido en cuenta el Pliego de Prescripciones Técnicas y las Especificaciones Técnicas de Canal de Isabel II, además de los siguientes reglamentos y normas:

### **Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión:**

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto de 2002, publicado en el B.O.E. nº 224 de 18 de Septiembre de 2002).
- Todas las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) adjuntas a dicho Reglamento.
- Todas las Normas UNE definidas como “Normas de Referencia” en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-02 del mencionado Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en sus revisiones vigentes.

### **Seguridad y Salud:**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril de 1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril de 1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio de 1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo de 1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- En general, cuantas Reglamentaciones vigentes afecten a este tipo de actividad, así como las normas de uso general que se han estimado oportunas.



### **3 RESUMEN DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS**

Se resumen a continuación las actuaciones previstas sobre las instalaciones eléctricas:

- Instalación de un nuevo Cuadro de Control en la caseta de válvulas alimentado con paneles solares fotovoltaicos.
- Instalación de un nuevo Cuadro Eléctrico de Baja Tensión en la caseta de válvulas alimentado por un eventual grupo electrógeno portátil.

No se dotará de suministro eléctrico desde la red eléctrica. Estas actuaciones se detallan en los siguientes apartados.

## 4 INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

### 4.1 Cuadros eléctricos

#### 4.1.1 Esquema de cálculo

Los cuadros eléctricos de baja tensión se han proyectado conforme a lo exigido según los criterios de diseño de los apartados anteriores y las especificaciones técnicas de Canal de Isabel II. A continuación se resumen los esquemas de cálculo utilizados para determinar las características de los interruptores principales.

#### 4.1.2 Cálculo de los interruptores

##### 4.1.2.1 Interruptores de acometida

El valor de la **intensidad nominal** de cada interruptor se obtiene a través de la **potencia máxima simultánea demandada**, correspondiente mediante la expresión:

$$I_N = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U}$$

donde:

- $P_a$ : potencia nominal (VA)
- $U$ : tensión nominal (V) en baja tensión
- $I_N$ : intensidad nominal (A)

Seguidamente, la potencia de cortocircuito se calcula como:

$$P_{CCBT} = P_{cc} / Z_t$$

Y el valor eficaz de la intensidad de cortocircuito en baja tensión resultará:

$$I_{cc} = P_{CCBT} / (\sqrt{3} \times U), \text{ que se expresa en kA}$$

##### 4.1.2.2 Interruptores de salida

El valor de la **intensidad nominal** de cada interruptor de salida se obtiene a través de la potencia aparente total de las cargas aguas debajo de cada salida mediante la expresión:

$$I_N = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot U}$$

donde:

- $P_a$ : potencia total de las cargas alimentadas (VA)
- $U$ : tensión nominal (V) en baja tensión
- $I_N$ : intensidad nominal (A)

Seguidamente, la potencia de cortocircuito se calcula como:

$$P_{CCBT} = P_{cc} / Z_{eq}$$

Y el valor eficaz de la intensidad de cortocircuito en baja tensión resultará:

$$I_{cc} = P_{CCBT} / (\sqrt{3} \times U), \text{ que se expresa en kA}$$

#### 4.1.3 Cuadro de control

En la caseta de válvulas se instalará un cuadro eléctrico de control para monitorizar las señales provenientes del depósito. Este cuadro será de material plástico de ejecución fija sobre placa de montaje, y se alimentará desde 2 paneles fotovoltaicos policristalinos de 23 W a 12 V situados sobre la cubierta de la caseta, dotados de tornillos antivandálicos.

Los dos paneles se conectarán a un regulador de carga que optimiza la carga de la batería de plomo ácido tipo AGM, la cual estará ubicada en un cubeto y sus bornes estarán protegidos.

Las regleteras para entradas de instrumentación de campo estarán protegidas contra sobretensiones.

El cuadro incluye un módem GSM/GPRS para transmisión de señales y un "Expansion Head" para conectar equipos de radio, compatibles.

##### 4.1.3.1 Cálculo de la instalación solar

Los 2 paneles de 23 W a 12 V se conectarán en paralelo para dar 12 V de tensión en el regulador y batería, es decir 3,83 A. Tienen un rendimiento aproximado en verano de 184 Wh/d, lo que supone una capacidad de 15,3 Ah máxima en verano. La batería tendrá pues una capacidad de 22 Ah a 12 V de plomo ácido tipo AGM.

El regulador solar será tipo MPPT (Seguidor de Punto de Máxima Potencia - Maximum Power Point Tracker). Tendrá una entrada solar de 4,5 A. Administra las tensiones e intensidades y suministra la corriente adecuada para cargar la batería. Con este regulador de carga, la instalación solar puede prescindir del inversor y se distribuye en corriente continua a 12 V.

#### 4.1.4 Cuadro eléctrico de baja tensión

En la caseta de válvulas se instalará un cuadro eléctrico que no se alimentará desde la red eléctrica, sino desde un eventual grupo electrógeno portátil

El cuadro se dota de una entrada para un grupo electrógeno portátil. Consta de una base mural acodada para fijación de enchufe, base de enchufe de 50 A, conector para cables de 50 A, empuñadura recta de elastómero negra y prensaestopas.



*Enchufe para conexión de grupo electrógeno*

Dicho cuadro alimentará un cuadro de bases de enchufe trifásico de 32 A según ET 3325 y 8 luminarias fluorescentes de 2x36 W además de tres emergencias.

#### 4.1.4.1 Cálculo del cuadro eléctrico de baja tensión

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección	I.Cálculo	I.Admi..	C.T.Parc.	C.T.Total	Dim (mm)
	(W)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo.
ACOMETIDA	22000	6	4x16+TTx16Cu	39.69	51.2	0.18	0.18	38
CUADRO BASES DE ENCHUFE	17500	15	4x10+TTx10Cu	31.57	33.3	0.29	0.47	32
ALUMBRADO FLUORESCENTE	576	35	2x1.5+TTx1.5Cu	2.50	13.5	0.98	1.17	16
ALUMBRADO EMERGENCIA	24	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.11	13.5	0.03	0.21	16

#### 4.2 Conductores y canalizaciones de fuerza y maniobra

##### 4.2.1 Justificación teórica del cálculo eléctrico de las secciones de los conductores en líneas de baja tensión

###### 4.2.1.1 Esquema de cálculo

Los métodos de cálculo empleados en la determinación de los conductores, se han aplicado conforme a los valores determinados en cada caso por las Instrucciones Técnicas Complementarias del REBT correspondientes:

- Cálculo según la corriente máxima admitida
- Cálculo según la caída de tensión máxima permitida
- Cálculo según las corrientes de cortocircuito

###### Cálculo según la corriente máxima admitida

La densidad de corriente en el conductor debe ser limitada para disminuir el calentamiento producido al circular la corriente eléctrica.

###### Determinación de la corriente máxima admisible

Al circular una corriente por un conductor se produce una pérdida por efecto Joule que va elevando la temperatura del mismo hasta que se llega a un equilibrio entre el calor desarrollado y el calor emitido por radiación. En los cables aislados las máximas temperaturas admisibles dependen de los materiales aislantes.

La energía calorífica desarrollada vendrá expresada por:

$$Calor\_desarrollado = 0,24 * R * I^2 * t = 0,24 * \rho \frac{L}{S} I^2 * t = 0,24 * \rho \frac{4 * L}{\pi * d^2} I^2 * t$$

Siendo:

- R: Resistencia de línea en ohmios.
- I: Corriente de línea en amperios.
- t: Tiempo en segundos.
- $\rho$ : Resistividad en  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ .
- L: Longitud del conductor en metros.
- S: Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .
- d: Diámetro del conductor en mm.

La cantidad de calor emitida será:

$$Calor\_emitido = M * \pi * d * L * t * (\theta_c - \theta_a)$$

Siendo:

- M: Coeficiente de radiación del conductor en  $\text{Cal}/\text{mm}^2 \text{ } ^\circ\text{C s}$ .
- $\theta_c$ : Temperatura del conductor en grados centígrados.
- $\theta_a$ : Temperatura ambiente en grados centígrados.

Se llegará a un equilibrio cuando las dos expresiones anteriores se igualen, es decir, se deberá cumplir:

$$0,24 * \rho \frac{4 * L}{\pi * d^2} I^2 * t = M * \pi * d * L * t * (\theta_c - \theta_a)$$

de donde se deduce que:

$$0,96 * \rho * I^2 = M * \pi^2 * d^3 * (\theta_c - \theta_a)$$

En consecuencia, una vez fijada la diferencia de temperaturas, se podrá determinar el diámetro mínimo para una corriente determinada o la corriente máxima que soportará un conductor de un diámetro conocido.

### Intensidad de corriente admitida

El cálculo de la corriente absorbida por los distintos receptores de la planta, en función de su potencia, se basa en las siguientes fórmulas:

$$\text{Cargas trifásicas: } P = \sqrt{3} * V_l * I_l * \cos \phi$$

$$\text{Cargas monofásicas: } P = V_f * I_f * \cos \phi$$

Siendo:

- P: Potencia del receptor en W.
- $V_l$ : Tensión de línea en V.
- $I_l$ : Corriente de línea en A.
- $\cos \phi$ : Factor de potencia.
- $V_f$ : Tensión de fase en V.
- $I_f$ : Corriente de fase en A.

Con el valor de la intensidad obtenida en cada caso a partir de las expresiones anteriores, se determina la sección del conductor, teniendo en cuenta los factores de corrección establecidos en la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para conducciones subterráneas (ITC-BT-07), y que son función del tipo de instalación, material del conductor, resistividad térmica del terreno, profundidad de instalación, temperatura ambiente y agrupamiento de cables, tal como se ha detallado en el apartado anterior.

Así mismo, las potencias de cálculo se verán mayoradas por las Instrucciones Técnicas correspondientes según el tipo de receptor en cada caso (ITC-BT-40, ITC-BT-44, ITC-BT-47, ITC-BT-48).

### Cálculo según la caída de tensión máxima admitida

La caída de tensión, que expresa la diferencia entre la tensión al principio y final de la línea, se limita para evitar el efecto que la disminución de la tensión de utilización tiene sobre el funcionamiento de los receptores, los cuales deben estar conectados a la tensión nominal para su correcto funcionamiento.

### Determinación de la caída de tensión

La caída de tensión se determina a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{Líneas monofásicas: } \Delta V_{fase} = R * I * \cos \varphi + X * I * \sin \varphi$$

$$\text{Líneas trifásicas: } \Delta V_{línea} = \sqrt{3} (R * I * \cos \varphi + X * I * \sin \varphi)$$

Siendo:

- $\Delta V_{fase}$ : Caída de tensión de fase en V.
- $\Delta V_{línea}$ : Caída de tensión de línea en V.
- R: Resistencia de la línea por fase en  $\Omega$ .
- X: Reactancia de la línea por fase en  $\Omega$ .
- $\cos \phi$ : Factor de potencia.

Y porcentualmente, la caída de tensión resultante es:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

#### Caída de tensión admitida

La sección de los conductores viene impuesta por el máximo de caída de tensión admisible en la red. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor de la indicada en cada caso por la Instrucción Técnica correspondiente (ITC-BT-19) o el Real Decreto 1955/2000 en su artículo 104. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de operar en funcionamiento simultáneo.

#### Cálculo según las corrientes de cortocircuito

Debe limitarse la intensidad de corriente de cortocircuito pues su valor muy elevado produce un excesivo calentamiento del conductor, y puede originar que las fuerzas que tienden a separar o juntar conductores próximos recorridos por esa corriente tomen un valor excesivo. Las líneas deben poder soportar estas corrientes de cortocircuito durante intervalos de corta duración, ya que actuarán los elementos de protección al cabo de poco tiempo de producirse el cortocircuito.

En las instalaciones de interiores o receptoras de baja tensión, alejadas del centro de transformación que las alimenta, no se suele tener en cuenta este criterio para el cálculo de la sección pues se considera que la intensidad de corriente y el calentamiento producido no



llegan a valores peligrosos antes de que actúen las correspondientes protecciones contra cortocircuitos.

#### Determinación de las corrientes de cortocircuito

Para un tiempo de cortocircuito del orden de 1,5 segundos, se considera la intensidad de línea en régimen permanente para cortocircuito tripolar, cuyo valor eficaz es:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * V_L}$$

Siendo:

- $I_{cc}$ : intensidad eficaz de corriente de fase en el cortocircuito (A).
- $S_{cc}$ : potencia aparente de cortocircuito (VA).
- $V_L$ : tensión de línea (V).

La sección del conductor en función de la intensidad permanente de cortocircuito se calcula teniendo en cuenta que el cortocircuito es de muy corta duración, que la temperatura es la máxima admisible por el aislamiento, y que el calor producido se utiliza en incrementar la temperatura del conductor, sin transmitir calor alguno al exterior, con lo que resulta:

$$s = \frac{I_{cc} * \sqrt{t}}{K}$$

Siendo:

- $s$ : sección del conductor (mm<sup>2</sup>).
- $t$ : tiempo de duración del cortocircuito (s).
- $K$ : constante que depende del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

#### Corrientes de cortocircuito admitidas

El valor de  $K$ , para duraciones de cortocircuito inferiores a 5 segundos, resulta para conductores de cobre en 143 y 115 para aislamientos de XLPE-EPR y PVC respectivamente. En el caso de conductores de aluminio, estos valores serían 94 y 76 respectivamente para los mismos tipos de aislamientos.

Las Compañías Suministradoras deberán facilitar el valor máximo previsible de las intensidades de cortocircuito de sus redes de distribución, en virtud del artículo 15 del REBT.

Además, las intensidades máximas de cortocircuito en redes aéreas y subterráneas de baja tensión están indicadas en las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes (ITC-BT-06 e ITC-BT-07).

#### 4.2.2 Cálculo de las conducciones eléctricas en baja tensión

Criterios de diseño adoptados

A continuación se enumeran los criterios de diseño adoptados en función de lo expuesto anteriormente en este capítulo.

Los materiales de los cables se adoptarán según su tensión:

- Cables aéreos y/o subterráneos de baja tensión: cobre, con aislamiento de polietileno reticulado.

Las secciones mínimas de los conductores de baja tensión adoptados son:

- Cables de alimentación a cuadros locales de fuerza y alumbrado: 6 mm<sup>2</sup>.
- Cables de alimentación a equipos con cuadro local: 6 mm<sup>2</sup>.
- Cables de alimentación a motores: 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Cables de alimentación a puntos de alumbrado interior: 1,5 mm<sup>2</sup>.
- Cables de alimentación a alumbrado exterior: 6 mm<sup>2</sup>.
- Cables de mando y control: 1,5 mm<sup>2</sup>.

Los cables se dimensionarán para limitar las caídas de tensión hasta los siguientes valores máximos, teniendo en cuenta que se trata de una instalación en baja tensión alimentada desde un centro de transformación propio:

- Cables de alimentación a receptores: 6,5 %.
- Cable de alimentación a luminarias: 4,5 %.

Los factores de corrección globales considerados en la acometida a los receptores debido a la instalación son los siguientes:

- Cables enterrados en zanja bajo tubo, ya sea para acometidas a cuadros locales o alimentaciones a motores: **0,50**.
- Cables al aire sobre bandejas perforadas, en cualquiera de los dos casos anteriores (cuadros locales o motores): **0,70**.
- Si los sistemas de instalación finales fuesen distintos a la hora de realizar la ejecución de la obra, estos factores de corrección deberán ser revisados conforme a la instalación real.

Los valores de las potencias de cálculo adoptados en el cálculo de los cables de fuerza serán como mínimo:

- Acometida a cuadros: 125 % de la potencia eléctrica absorbida por el cuadro.
- Acometida individual a motores: 125 % de su potencia unitaria.
- Acometida a receptores de alumbrado: 180 % de la potencia total junto a un factor de potencia igual a la unidad.
- Resto de casos: 100 % de la potencia a plena carga.

Los tipos de cables adoptados en cada caso son los siguientes:

- Acometidas a cuadros: RV-K 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado.
- Resto de instalaciones de fuerza y mando: RV-K 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado.
- Instrumentación: VC4V-K, con aislamiento de PVC flexible.

#### **4.3 Coordinación de protecciones**

##### **4.3.1 Protecciones contra sobreintensidad**

El cálculo y el dimensionamiento de los elementos de protección se detallan en las Tablas del Anexo. Éstas cumplen con la ITC-BT-022, con la norma UNE-EN 60947 vigente, y con los apartados correspondientes de la norma UNE 20460-4-43 y su norma correspondiente vigente UNE 60364-4-43:2013.

###### **4.3.1.1 Protección contra sobrecargas**

La intensidad demandada por la carga, la intensidad máxima admisible de la línea y la intensidad de corte del elemento de protección cumplirán con la siguiente relación:

*$I_{\text{diseño de línea}} \leq I_{\text{asignada a dispositivo de protección}} \leq I_{\text{admisible de línea}}$*

#### **4.3.1.2 Protección contra cortocircuitos**

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Para realizar la protección contra cortocircuitos se dispondrán de los interruptores automáticos con sistema de corte onipolar y con poder de corte adecuado calculados en base a la serie normativa UNE EN 60909.

#### **4.3.2 Protecciones contra sobretensión**

Se instalarán según indicaciones de ITC-BT-23.

#### **4.3.3 Protecciones contra directos e indirectos**

Se dimensionarán y diseñarán los cuadros y se instalarán diferenciales adecuados siguiendo medidas generales señaladas en la ITC-BT-24, normas UNE que correspondan y recomendaciones de fabricante.

En el pliego se indican las especificaciones, medidas mínimas requeridas y normativa a aplicar en la instalación, para evitar los contactos directos.

En el anexo de baja tensión y en planos de esquemas unifilares se indican las protecciones diferenciales.

### **4.4 Red general de puesta a tierra**

#### **4.4.1 Justificación teórica de los cálculos**

Se establecerá un sistema de puesta a tierra según el esquema TT, en el que cada alimentación se conectará a tierra mediante un conductor de protección; además, cada masa receptora dispondrá de una toma de tierra separada, diseñándose según las prescripciones de la

Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-18 "Instalaciones de puesta a tierra" del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

En general, las puestas a tierra se establecen con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados. Por ello, todas las masas de los aparatos eléctricos de la instalación deberán estar eléctricamente unidas entre ellas. Los circuitos equipotenciales de las masas así constituidos se unirán al sistema de tierras de la planta.

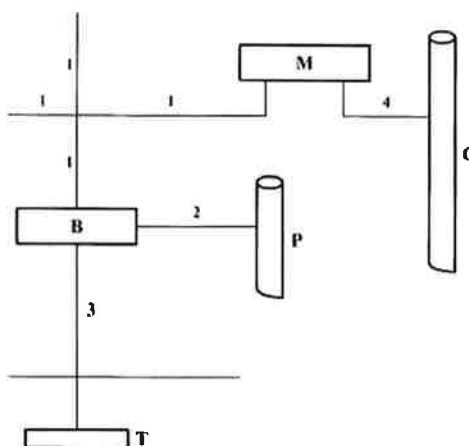
Igualmente, se realizará una red equipotencial de masas metálicas no eléctricas, como tuberías, bancadas, pasarelas, barandillas, cercas, etc., con el fin de evitar accidentes por corriente de fugas.

La denominación "puesta a tierra" comprende toda la ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la de descarga de origen atmosférico.

La red de tierras se diseña bajo los siguientes requisitos:

- Puesta a tierra por razones de seguridad personal: los elementos metálicos de todas las estructuras y edificios que alberguen o soporten equipos eléctricos y todas las partes metálicas del equipo eléctrico, tales como motores, cubas de transformadores, cuadros, etc., que normalmente no están sometidos a tensión, se conectarán a la red de tierra.
- Protección contra electricidad estática: todos los equipos de las unidades y las estructuras capaces de cargarse electrostáticamente se conectarán a tierra a menos que ya estén en contacto íntimo con ella.

La representación esquemática de una instalación de puesta a tierra se muestra en el siguiente esquema:



#### Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra.
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

Seguidamente se pasa a describir brevemente cada uno de los componentes de esta instalación.

#### Tomas de tierra

Están formadas por electrodos, que son masas metálicas en contacto con el terreno. Si están colocados para otros fines se llaman naturales, y si están colocados exclusivamente para toma de tierra, se llaman artificiales. Habitualmente se utilizan artificiales, aunque los electrodos naturales que existan en una zona se pueden utilizar bien solos, bien en conjunto con electrodos artificiales.

Los electrodos pueden estar formados por:

- Electrodos simples constituidos por barras, tubos, placas, cables, pletinas u otros perfiles.
- Anillos o mallas metálicas constituidas por elementos indicados anteriormente o por combinación de ellos.

- Armaduras de hormigón enterradas, salvo que estén pretensadas, u otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.
- En ningún caso se podrán utilizar las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc).

El tipo y profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 metros.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

#### Conductores de tierra

Los conductores de tierra son los que partirán del punto de puesta a tierra y a las que estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas, generalmente a través de los conductores de protección, y que une solidariamente a todos los electrodos con la barra de tierra de los cuadros, haciendo entrada y salida en cada uno de ellos.

Sus secciones mínimas no deben ser inferiores a las exigidas para los conductores de protección, y cuando estén enterrados, deberán cumplir con los valores de la siguiente tabla:

TIPO	PROTEGIDO MECÁNICAMENTE	NO PROTEGIDO MECÁNICAMENTE
Protegido contra la corrosión*	Según tabla Conductores de protección	16 mm <sup>2</sup> Cobre  16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm <sup>2</sup> Cobre  50 mm <sup>2</sup> Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

### Bornes de puesta a tierra

El borne principal de tierra es al que deben unirse los conductores de tierra, los de protección, los de unión equipotencial principal, y si son necesarios, los de puesta a tierra funcional.

### Conductores de protección

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra. En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas al neutro de la red o a un relé de protección.

La sección de estos conductores será la indicada en la siguiente tabla, o la obtenida por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54 en su apartado 543.1.1.:

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE DE LA INSTALACIÓN $S$ (mm <sup>2</sup> )	SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Si la aplicación de esta tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima. Además, los valores de esta tabla son válidos si los conductores han sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, sus secciones se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la resultante aplicando dicha tabla.

Como conductores de protección pueden utilizarse conductores en los cables multiconductores, conductores aislados o desnudos que posean envolvente común con los activos, o conductores separados desnudos o aislados.



#### 4.4.2 Cálculo de la red general de tierras

El cálculo de la resistencia de tierra, según el tipo de electrodo escogido, se puede estimar a partir del siguiente esquema:

ELECTRODO	RESISTENCIA DE TIERRA EN OHM
Placa enterrada	$R = 0,8 r / P$
Pica vertical	$R = r / L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 r / L$
r, resistividad del terreno (Ohm.m)	
P, perímetro de la placa (m)	

La resistividad del terreno se estima a partir de la siguiente tabla:

NATURALEZA TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM.M
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000

NATURALEZA TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM.M
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Aplicando las tablas anteriores, considerando una resistividad de **150 Ohm.m** y picas verticales de cobre como electrodo, se tiene:

- Resistencia de las picas:  $R1 = \rho / n \cdot L1$ .
- Resistencia del cable:  $R2 = 2\rho / L2$

La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo es:

- $Req = (R1 \times R2) / (R1 + R2)$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

- $Ud = Is \times Req$

donde:

- $Ud$ : tensión en voltios
- $Is$ : intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de la protección diferencial, en amperios.

#### 4.4.3 Resultados obtenidos

Con todo ello, se obtienen los siguientes resultados, para un esquema de conexión (régimen de neutro) TT:

RED DE TIERRAS GENERAL NUEVA	
Tipo de electrodo	Pica vertical
Número de electrodos	2 ud
Longitud de la pica	2,5 m
Longitud de cable desnudo de sección 35 mm <sup>2</sup>	115 m
Sensibilidad del diferencial	300 mA
Resistividad del terreno	150 $\Omega \cdot m$
Resistencia de las picas	30 $\Omega$
Resistencia del cable	2.61 $\Omega$
Resistencia equivalente del sistema	2.40 $\Omega$
<b>Tensión en caso de defecto</b>	<b>0,72 V</b>

Como se puede apreciar, estas tensiones son perfectamente admisibles, inferiores a los 24 V permitidos por la Instrucción ITC-BT-24 "Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos" en su apartado 4.1., y no constituye peligro alguno para las personas.

El contratista realizará la medición final de tierras instaladas, tantas veces como sean necesarias hasta que el valor de éstas sea aceptable reglamentariamente.

#### 4.5 Protección contra el rayo

##### 4.5.1 Evaluación de los riesgos de daños según NORMA UNE 21.186

###### 4.5.1.1 Introducción

El objetivo de este análisis es, en primer lugar, evaluar los riesgos de daños según NORMA UNE 21.186 debido a la descarga que se produce entre nube y tierra, en segundo, el determinar la mejor protección y el nivel requerido, y finalmente justificar el modelo de pararrayos elegido. Únicamente se trata aquí los daños causados por el impacto directo del rayo sobre la estructura a proteger y el paso de la corriente del rayo por el SPCR (Sistema de Protección Contra Rayo).

En numerosos casos, la necesidad de protección es evidente, tal como la agrupación de personas, la necesidad de continuidad de los servicios públicos o de producción, zonas de gran densidad de impactos de rayo, etc.

En el siguiente análisis se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Entorno del edificio.
- Naturaleza de la estructura del edificio.
- Valor de su contenido.
- Ocupación humana y riesgo de pánico.
- Consecuencia que tendría sobre el entorno los daños al edificio.

#### 4.5.1.2 Evaluación del riesgo de impacto de rayo.

La selección de un nivel de protección adecuado para la colocación de una IEPR (Instalación Exterior de Protección contra el Rayo) en un lugar, se basa en la frecuencia de impacto de rayo,  $N_d$ , prevista sobre la estructura o la zona a proteger, y en la frecuencia anual aceptable de rayo,  $N_c$ , establecida para esta zona. Para calcular estos parámetros se han compilado los siguientes datos:

- Superficie de captura equivalente. 1.942 m<sup>2</sup>
- Zona de España donde se encuentra el recinto a proteger. MADRID
- Situación relativa de la estructura. Estructura aislada.
- Material de la estructura en general. Común
- Material del tejado del edificio. Común
- Contenido del área a proteger. Sin valor o no inflamable
- Ocupación del área a proteger. Ocupada normalmente
- Consecuencia sobre el entorno. Necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno
- Según la norma UNE 21186:1996 las expresiones utilizadas para el cálculo de  $N_d$ ,  $N_c$  y  $A_e$  son [2.1], [2.2] y [2.3] respectivamente.
  - o [2.1]  $N_d = N_g \cdot 1,1 \cdot A_e \cdot C_i \cdot 10^6$
  - o [2.2]  $N_c = (5,5 \cdot 10 \cdot \exp(-3)) / (C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5)$
  - o [2.3]  $A_e = L \cdot l + 6 \cdot H \cdot (L + l) + 9 \cdot \pi \cdot H^2$

Las definiciones de las variables para la expresión [2.1] son las siguientes:

- Densidad de impacto de rayo sobre el terreno,  $N_g$ , expresado en número de rayos por  $Km^2$  y por año.
- Frecuencia anual media de impactos directos sobre una estructura,  $N_d$  expresado en impactos por año.
- Coeficiente de seguridad, con un valor de 1,1.
- Superficie de captura equivalente de la estructura aislada,  $A_c$ , expresada en metros cuadrados.
- Coeficiente relacionado con la situación relativa de la estructura,  $C_1$ .
- Las definiciones de las variables para la expresión [2.2] son las siguientes:
- Frecuencia aceptable de rayos sobre la estructura,  $N_c$ . expresado en impactos por año.
- Coeficiente de la estructura a proteger,  $C_2$ .
- Coeficiente del contenido de la zona a proteger,  $C_3$ .
- Coeficiente de la densidad de ocupación de la zona,  $C_4$ .
- Coeficiente de las consecuencias sobre el terreno,  $C_5$ .

Supongamos que el edificio a proteger es un paralelepípedo perfecto, tal y como se muestra en la figura 2.1.a. La superficie de captura equivalente es la indicada en la figura 2.1 .b. Las definiciones de las variables para la expresión [2.3] son las siguientes:

- Altura del edificio,  $H$ , largo,  $L$  y ancho  $I$ .

Aplicando los datos anteriores según indica la Norma UNE 21186:1996 a las ecuaciones nombradas obtenemos los siguientes resultados:

#### 4.5.1.3 Cálculos de la necesidad de protección contra impactos directo de rayos

Nota Los valores de  $N_q$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_5$  se encuentran en la Norma UNE 21.186:1996

- $A_e$  (Superficie de captura equivalente en  $m^2$ ): 1.942
- $N_g$  (Densidad de impacto de rayo sobre el terreno) 2.05
- $C_1$  (Coeficiente de la situación relativa a la estructura) 1
- $N_d$  (Frecuencia establecida de impactos directos sobre una es: 0,004379
- $C_2$  (Coeficiente de estructura) 1
- $C_3$  (Coeficiente del contenido de la estructura) 0,5
- $C_4$  (Coeficiente de la ocupación de la estructura) 3
- $C_5$  (Coeficiente sobre las consecuencias en el entorno) 5

- Nc (Frecuencia establecida de impactos sobre una estructura) 0,0004

Como podemos observar la frecuencia de impactos tolerable, según el nivel de protección que perseguimos, para las condiciones de la estructura a proteger, (Nc) es mucho menor que el número de impactos que por estadística perciba la estructura, por ello la protección contra descargas atmosféricas es NECESARIA.

#### 4.5.1.4 Selección del nivel de protección.

Si  $N_d > N_c$  se debe de instalar un SPCR de eficacia E, cuyo valor se obtiene de la expresión [3.1] y el nivel de protección, la corriente de cresta máxima y la distancia de cebado se extraen de la tabla B.10, presente en la Norma UNE 21.186:1996.

$$[3.1] \quad E = 1 - (N_c / N_d)$$

#### 4.5.1.5 Cálculos de nivel de protección

- Nd (Frec establecida de impactos directos sobre una estructura) 0,004379
- Nc (Densidad de impacto de rayo sobre el terreno) 0,0004
- E (Eficacia del SPCR) 0,908655

#### 4.5.1.6 Nivel de protección

- Resulta un nivel II.

### 4.5.2 Evaluación del riesgo de impacto de rayo según CTE

#### 4.5.2.1 Introducción

El objetivo de este análisis es, en primer lugar, evaluar los riesgos de daños según el CTE RD 31-4/2006 debido a la descarga que se produce entre nube y tierra, en segundo, el determinar la mejor protección y el nivel requerido, y finalmente justificar el modelo de pararrayos elegido. Únicamente se trata aquí los daños causados por el impacto directo del rayo sobre la estructura a proteger y el paso de la corriente del rayo por el SPCR (Sistema de Protección Contra Rayo).

En numerosos casos, la necesidad de protección es evidente, tal como la agrupación de personas, la necesidad de continuidad de los servicios públicos o de producción, zonas de gran densidad de impactos de rayo, etc.

En el siguiente análisis se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Entorno del edificio.
- Naturaleza de la estructura del edificio.
- Valor de su contenido.
- Ocupación humana.
- Consecuencia que tendría sobre el entorno los daños al edificio.

#### 4.5.2.2 Evaluación del riesgo de impacto de rayo

La selección de un nivel de protección adecuado para la colocación de una IEPR (Instalación Exterior de Protección contra el Rayo) en un lugar, se basa en la frecuencia esperada de impacto de rayo,  $N_e$ , prevista sobre la estructura o la zona a proteger, y en la riesgo admisible,  $N_a$ , establecida para esta zona. Para calcular estos parámetros se han compilado los siguientes datos:



- Superficie de captura equivalente: 2985,44 m<sup>2</sup>
- Zona de España donde se encuentra el recinto a proteger: MADRID
- Situación relativa de la estructura: Aislado.
- Material de la estructura en general: Hormigón
- Material del tejado del edificio: Hormigón
- Contenido del área a proteger: Otros contenidos
- Ocupación del área a proteger: Resto de edificios
- Consecuencia sobre el entorno: Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos,...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave.

Según el CTE RD 31-4/2006 las expresiones utilizadas para el cálculo de Ne, Na y Ae son [1.1], [1.2] y [1.3] respectivamente.

- $Ne = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10^6$  [1.1]
- $Na = (5,5 \cdot 10 \cdot \exp(-3)) / (C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot C5)$  [1.2]
- $Ae = L \cdot I + 6 \cdot H \cdot (L + I) + 9 \cdot \pi \cdot H^2$  [1.3]

Las definiciones de las variables para la expresión [1.1] son las siguientes:

- Densidad de impacto de rayo sobre el terreno, Ng, expresado en número de rayos por Km<sup>2</sup> y por año.
- Frecuencia esperada de impactos directos sobre una estructura, Ne expresado en impactos por año.
- Superficie de captura equivalente de la estructura aislada, Ae, expresado en metros cuadrados.
- Coeficiente relacionado el entorno, C1.

Las definiciones de las variables para la expresión [1.2] son las siguientes:

- Riesgo admisible de impactos sobre la estructura, Na. expresado en impactos por año.
- Coeficiente en función del tipo de construcción, C2.
- Coeficiente en función del contenido del edificio, C3.
- Coeficiente en función del uso del edificio, C4.
- Coeficiente en función de la necesidad e continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, C5.

Supongamos que el edificio a proteger es un paralelepípedo perfecto, tal y como se muestra en la figura. La superficie de captura equivalente es la indicada en la figura. Las definiciones de las variables para la expresión [1.3] son las siguientes:

- Altura del edificio, H, largo, L y ancho I.
- Aplicando los datos anteriores según indica el CTE RD 31-4/2006 a las ecuaciones nombradas obtenemos los siguientes resultados:

#### 4.5.2.3 Cálculos de la necesidad de protección contra impactos directo de rayos

Nota Los valores de Ng, C1, C2, C3, C4 y C5 se encuentran en el CTE RD 31-4/2006



- Ae (Superficie de captura equivalente en m<sup>2</sup>): 2985,44 m<sup>2</sup>
- Ng (Densidad de impacto de rayo sobre el terreno): 2.5 impactos/año/km<sup>2</sup>
- C1 (Coeficiente relacionado el entorno): 1
- Ne (Frecuencia esperada de impactos directos sobre una estructura es: 0,007464
- C2 (Coeficiente en función del tipo de construcción): 1
- C3 (Coeficiente en función del contenido del edificio): 1
- C4 (Coeficiente en función del uso del edificio): 1
- C5 (Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio): 5
- Na (Riesgo admisible): 0,0011

Como podemos observar la frecuencia de impactos tolerable, según el nivel de protección que perseguimos, para las condiciones de la estructura a proteger, (Na) es mucho menor que el número de impactos que por estadística perciba la estructura, por ello la protección contra descargas atmosféricas es necesaria.

#### 4.5.2.4 Selección del nivel de protección

Si  $Ne > Na$  se debe de instalar un SPCR de eficacia E, cuyo valor se obtiene de la expresión [2.1] y el nivel de protección, la corriente de cresta máxima y la distancia de cebado se extraen de la tabla B.4, presente en el CTE RD 31-4/2006.

- $E = 1 - (Na/Ne)$  [2.1]

Cálculos de nivel de protección

- E (Eficacia del SPCR): 0,85
- Nivel de protección: 3

#### 4.6 Instalación de alumbrado

##### 4.6.1 Instalación de alumbrado interior

###### 4.6.1.1 Justificación teórica

La instalación de alumbrado interior se ha diseñado conforme a la Instrucción ITC-BT-44 "Instalación de receptores. Receptores para alumbrado", del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, de la que se extraen las siguientes conclusiones principales.

La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación, y nunca inferior a 450/750 V.

Además, las partes metálicas accesibles (según el volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24) de las iluminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra. Además, dichas partes metálicas deberán conectarse de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los portalámparas deberán ser de alguno de los tipos, formas y dimensiones especificados en la norma UNE-EN 60.061-2.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribución monofásica, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

En caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación conjunta de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 segundos desde la desconexión del receptor.

Cualquier circuito deberá ir provisto de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de baja tensión. Queda prohibido colocar interruptor, conmutador, seccionador o cortacircuito en la parte de instalación comprendida entre las lámparas y su dispositivo de alimentación.

#### 4.6.1.2 Cálculo de la instalación de alumbrado interior

Estos cálculos se realizan a partir de las dimensiones del local y de la forma de montaje de las luminarias, calculando el índice del local por la fórmula:

$$k = a \cdot b / h(a + b)$$

donde:

- k: índice del local
- a: longitud
- b: anchura
- h: altura útil de la luminaria (distancia de la luminaria al plano de trabajo)

En función del índice del local, factores de reflexión en techo, paredes y suelo, tipo de luminaria y factor de depreciación, se obtiene el rendimiento lumínico en el local, extraído de las curvas o tablas del fabricante de la luminaria.

Seguidamente se calcula el flujo luminoso necesario a partir de la fórmula:

$$\Phi = Em \bullet S/V \bullet A$$

donde:

- $\Phi$ : flujo luminoso necesario en lúmenes
- $Em$ : nivel de iluminación proyectado en lux
- $S$ : superficie de local en metros cuadrados
- $V$ : factor de depreciación de la luminaria
- $A$ : rendimiento lumínico

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en voltiamperios se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

El factor de potencia de cada punto de luz deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación será menor o igual que el 3 %.

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreintensidades como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen. La intensidad de

defecto para desconexión de los diferenciales será como máximo de 300 mA, y la resistencia de puesta a tierra será como máximo de 30 ohmios.

Los cables de alimentación serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV. El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

En caso de alimentación subterránea se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los tubos para las canalizaciones deben ser los indicados en la ITC-BT-21 y el grado de protección mecánica el indicado en dicha Instrucción, pudiendo ir hormigonados en zanja o no.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 metros del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

La sección mínima a emplear en los conductores de los cables subterráneos de alimentación, incluido el neutro, será de 6 mm<sup>2</sup>. En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será conforme a lo indicado en la ITC-BT-07.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 metros sobre el nivel del suelo, o en una arqueta registrable.

En el caso de redes aéreas, como pueden ser posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos, la sección mínima para todos los conductores, incluido el neutro, será de 4 mm<sup>2</sup>.

Los soportes, y sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup>, y de tensión asignada 0,6/1 kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.

Las luminarias utilizadas serán conforme a las normas UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; así mismo, deberá estar protegido contra sobreintensidades.

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que en ningún momento se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación.

En el Anexo I se muestra el estudio de alumbrado interior



## **ANEXO I: ESTUDIO DE ALUMBRADO INTERIOR**





**P. ABASTECIMIENTO A TALAMANCA DE JARAMA (MADRID) Canal de Isabel II**

Contacto:  
Nº de encargo:  
Empresa:  
Nº de cliente:

Fecha: 22.03.2017  
Proyecto elaborado por:

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

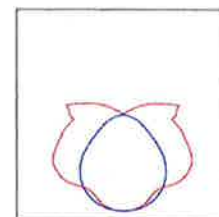
## Índice

<b>P. ABASTECIMIENTO A TALAMANCA DE JARAMA (MADRID) Canal de Isabel II</b>	
Portada del proyecto	1
Índice	2
<b>CÁMARA DE VÁLVULAS</b>	
Lista de luminarias	3
Luminarias (ubicación)	4
Superficie de cálculo (lista de coordenadas)	5
<b>Grupos de control</b>	
<b>Cámara válvulas - Encendido total</b>	
Datos de planificación	6
<b>Escenas de luz</b>	
<b>Escena de luz 1 - Encendido total</b>	
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	8
Rendering (procesado) en 3D	9
<b>Superficies del local</b>	
<b>Superficie de cálculo 1</b>	
Isolíneas (E, perpendicular)	10

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

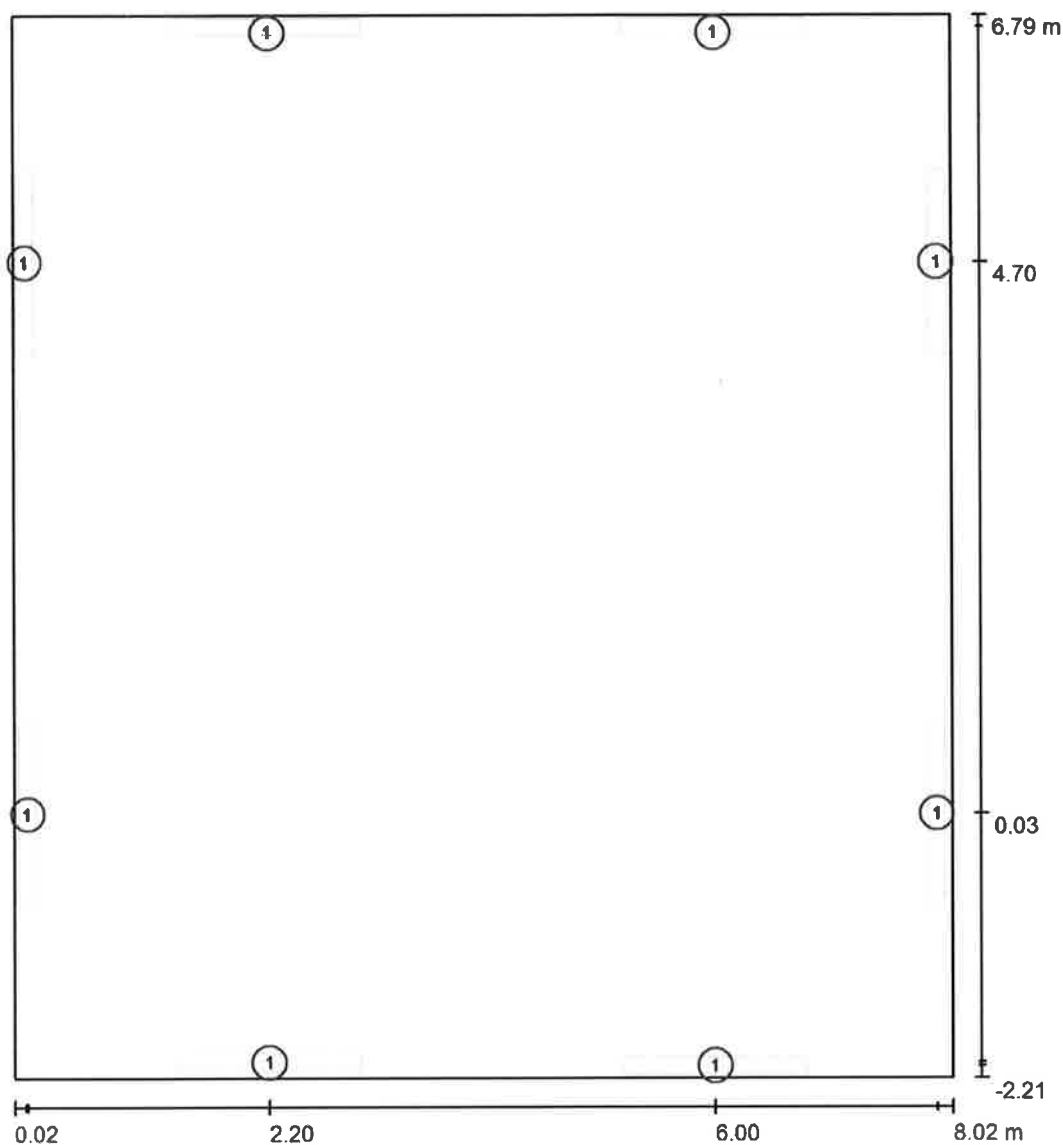
## CÁMARA DE VÁLVULAS / Lista de luminarias

8 Pieza LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W  
Nº de artículo: Oleveon 235 PC E  
Flujo luminoso (Luminaria): 5299 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6600 lm  
Potencia de las luminarias: 78.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 82 Código  
CIE Flux: 36 65 86 82 80 Lámpara: 2 x 2 x T5  
35 W E (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## CÁMARA DE VÁLVULAS / Luminarias (ubicación)

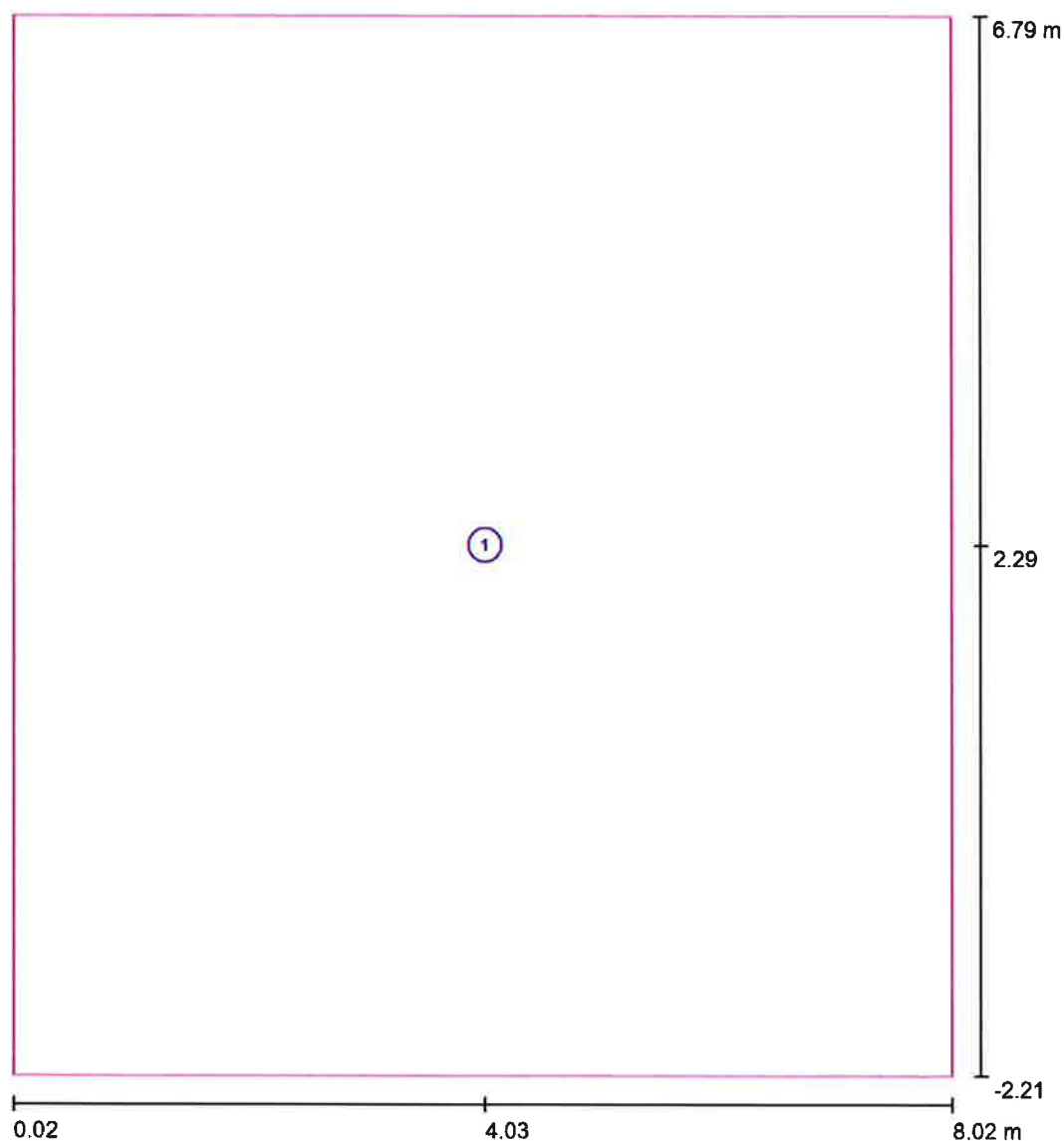


Escala 1 : 61

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	8	TRILUX Oleveon 235 PC E Oleveon

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CÁMARA DE VÁLVULAS / Superficie de cálculo (lista de coordenadas)**

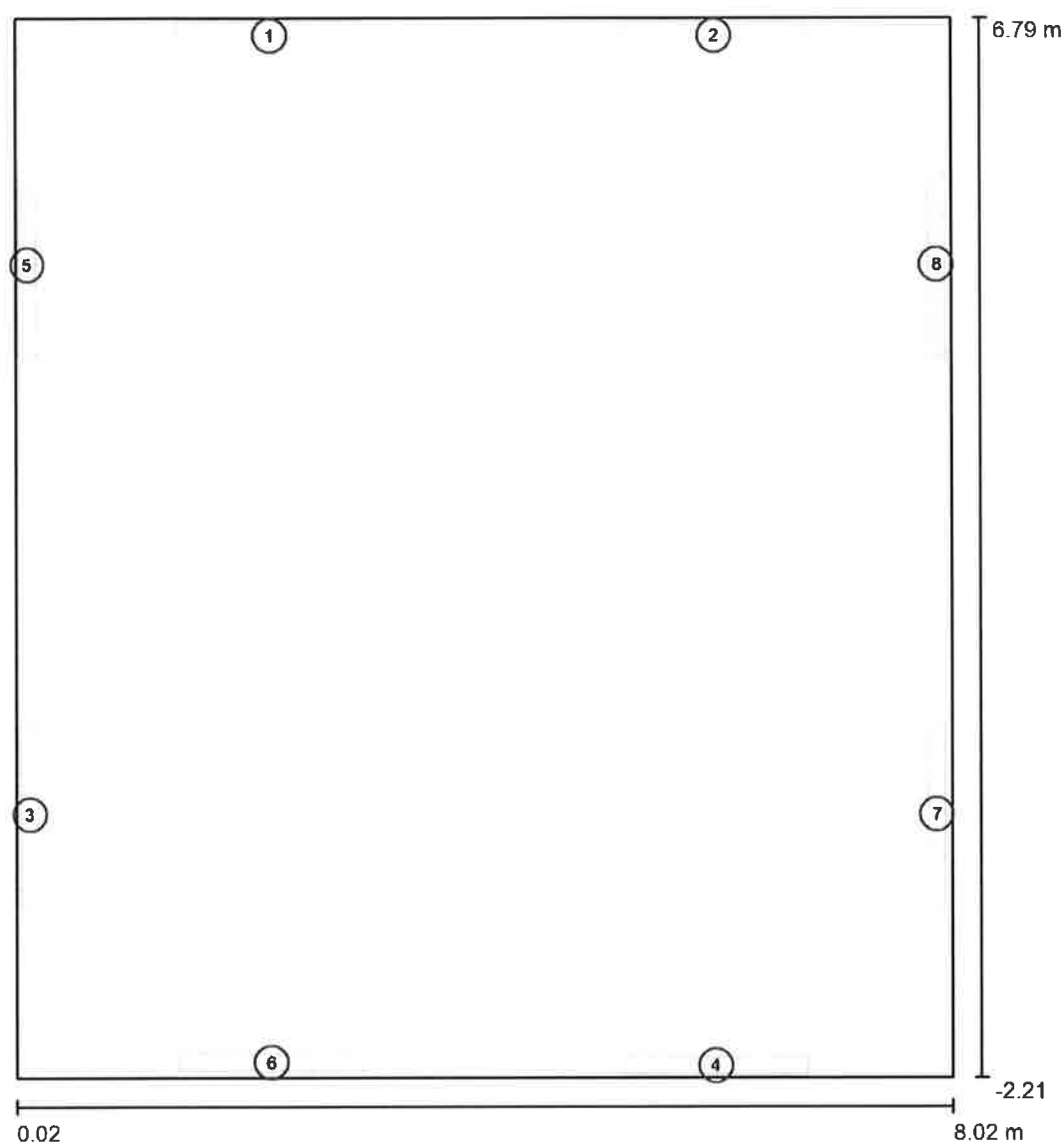
Escala 1 : 61

**Lista de superficies de cálculo**

Nº	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	Superficie de cálculo 1	4.030	2.293	0.850	7.994	9.000	0.000	0.000	0.000

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## CÁMARA DE VÁLVULAS / Cámara válvulas - Encendido total / Datos de planificación



Escala 1 : 61

Nº	Luminaria	Posición [m]			Rotación [°]		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	2.200	6.696	3.000	0.0	0.0	90.0
2	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	6.000	6.699	3.000	0.0	0.0	90.0
3	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	0.142	0.028	3.000	0.0	0.0	180.0
4	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	6.000	-2.104	3.000	0.0	0.0	90.0
5	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	0.126	4.700	3.000	0.0	0.0	180.0
6	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	2.200	-2.073	3.000	0.0	0.0	90.0
7	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	7.888	0.028	4.100	0.0	0.0	180.0

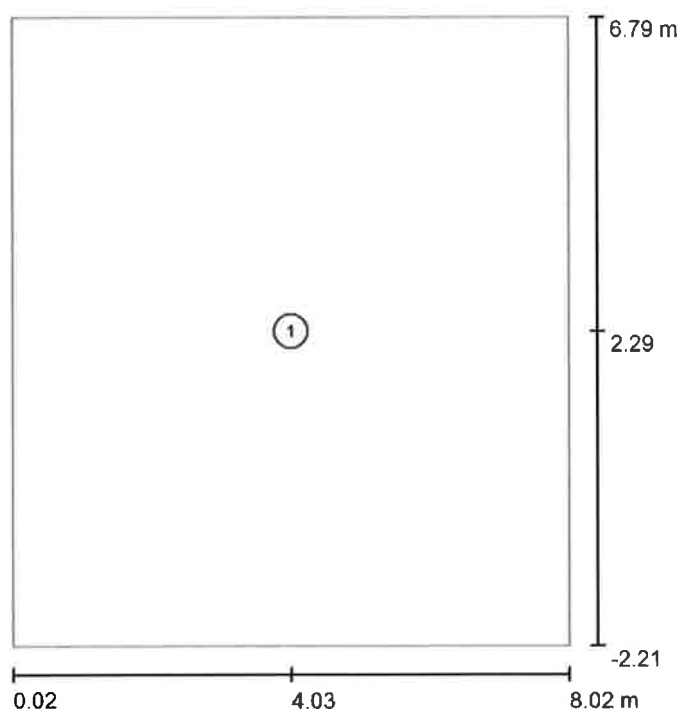
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CÁMARA DE VÁLVULAS / Cámara válvulas - Encendido total / Datos de  
planificación**

Nº	Luminaria	Posición [m]			Rotación [°]		
		X	Y	Z	X	Y	Z
8	LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2x35W	7.893	4.700	4.100	0.0	0.0	180.0

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CÁMARA DE VÁLVULAS / Escena de luz 1 - Encendido total / Superficie de cálculo  
(sumario de resultados)**



Escala 1 : 103

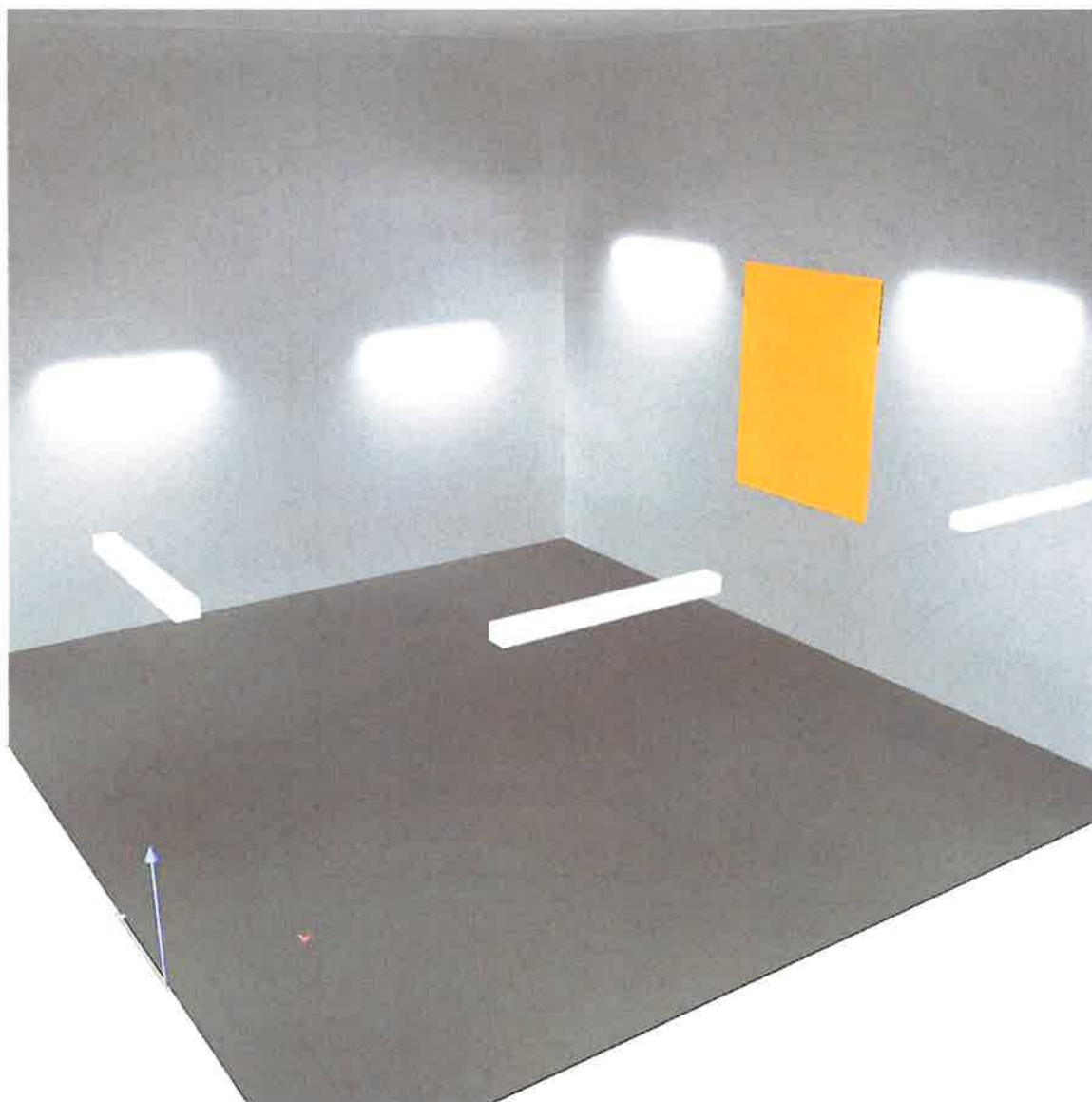
**Lista de superficies de cálculo**

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	64 x 64	222	153	346	0.689	0.443



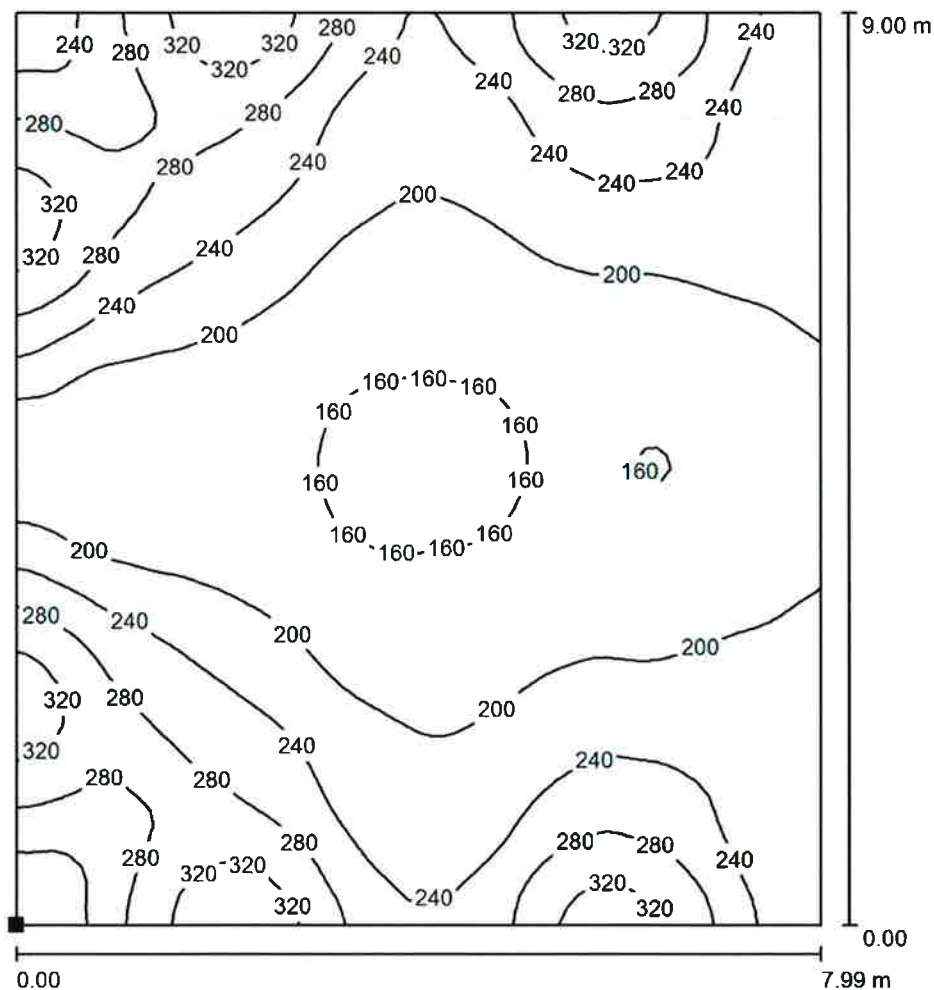
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CÁMARA DE VÁLVULAS / Escena de luz 1 - Encendido total / Rendering  
(procesado) en 3D**



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CÁMARA DE VÁLVULAS / Escena de luz 1 - Encendido total / Superficie de cálculo 1 /  
Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 71

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(0.033 m, -2.207 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
222

$E_{min}$  [lx]  
153

$E_{max}$  [lx]  
346

$E_{min} / E_m$   
0.689

$E_{min} / E_{max}$   
0.443