



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

# **INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA PARQUE DE ATRACCIONES**

**Documento Nº 1: Memoria**

**JAVIER MARTÍNEZ DE ABELLANOSA MORENO  
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ELECTRICIDAD  
CONVOCATORIA DE FEBRERO 2.007**

# ÍNDICE

---

## MEMORIA DE CÁLCULO:

CAPÍTULO VIII: INTRODUCCIÓN.	Pag. 23
CAPÍTULO IX: PREVISIÓN DE CARGAS.	Pag. 23
CAPÍTULO X: CÁLCULO DE LUMINARIAS.	Pag. 27
CAPÍTULO XI: INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	Pag. 43
- SECCIONES DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.	Pag. 43
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	Pag. 49
- ELECCIÓN DE PROTECCIONES.	Pag. 56
- PUESTAS A TIERRA.	Pag. 57
CAPÍTULO XII: CONCLUSIÓN	Pag. 58

# MEMORIA DE CÁLCULO

## MEMORIA DE CÁLCULO

### MEMORIA DE CÁLCULO

## **8. INTRODUCCIÓN.**

Con la siguiente memoria de cálculo se pretende mostrar que la instalación de media y baja tensión reúne las condiciones necesarias para asumir el consumo de potencia del parque de atracciones producido por todas las cargas aquí contempladas, así como el cumplimiento de todas las normas de aplicación.

## **9. PREVISIÓN DE CARGAS.**

La base de todo el cálculo de la instalación es la previsión de carga a la que va a estar expuesta la instalación de todo el recinto.

A rasgos generales, el centro de transformación deberá ser capaz de dar suministro eléctrico a los tres locales instalados en el parque, al alumbrado público y a la zona prevista para la instalación de atracciones feriales.

### **9.1 LOCALES.**

La previsión de cargas en los distintos locales se ha realizado teniendo en cuenta dos procesos diferentes:

- Evaluación de cargas previsibles.
- Aplicando el mínimo que exige la ITC-BT-10.

#### **9.1.1 Cafetería:**

- Instalación eléctrica de fuerza en B.T:

Aplicando la evaluación de cargas y con los datos de las siguientes instalaciones resulta:

Nº	DESIGNACIÓN	POTENCIA (W)	F.D.P.	POTENCIA APARENTE (VA)
1	Cámara frigorífica	3.000	0'75	4.000
1	Freidora	3.500	1'00	3.500
1	Aire acondicionado	6.000	0'85	7.058'82
1	Campana extractora	2.000	0'85	2.352'94
1	Lavavajillas	2.500	0'85	2.941'18
1	Máquina de hielo	2.400	0'80	3.000
1	Botellero	3.000	0'80	3.750
1	Cafetera	3.800	1'00	3.800
1	Serpentín – Tirador	2.500	0'75	3.333'33
4	Tomas salón	500	0'90	2.222'22
4	Tomas barra	500	0'90	2.222'22
2	Tomas aseos	500	0'90	1.111'11
3	Tomas cocina	1000	0'90	3.333'33
	<b>TOTALES</b>	<b>36.700</b>	<b>0'86</b>	<b>42.624'83</b>

- Instalación eléctrica de alumbrado:

La iluminación del local se realiza mediante la utilización de tres clases de luminarias:

Nº	DESIGNACIÓN	POTENCIA (W)	F.D.P.	POTENCIA APARENTE (VA)
41	Luminaria para empotrar de dos tubos fluorescentes cosφ corregido	41 x 2 x 35	0'90	3.188'89
2	Luminaria incandescente	60	1'00	120
5	Luminaria de emergencia	4 x 10	1'00	40
	<b>TOTALES</b>	<b>3.040</b>	<b>0'905</b>	<b>3.358'89</b>

La carga total del local prevista se estima en 39.740 W

Al tratarse de un local comercial, la ITC-BT-10 considera un mínimo de potencia de 3.450 W con factor de simultaneidad 1; o bien, 100 W por m<sup>2</sup> y planta, resultando 36.000 W. Como la estimación prevista ha resultado más desfavorable, la potencia prevista en la cafetería es de **39.740 W**.

### 9.1.2 Taller:

Para el taller se ha seguido la normativa ITC-BT-10, ya que no requiere una instalación importante. Los “karts” son vehículos muy sencillos compuestos de piezas mecánicas muy ligeras, con lo que los útiles existentes en el taller, serán en su mayoría manuales. A excepción de un pequeño compresor eléctrico, herramientas multiusos y poco más.

Dándole el carácter de local industrial se estima la previsión de carga en 125 W por metro cuadrado, con un mínimo de 10.350 W a 230 V. Como la superficie es de 298'28 m<sup>2</sup>, la previsión de cargas para este local se ha estimado en **37.285 W**.

De los cuales, pertenecen a la instalación de alumbrado:

Nº	DESIGNACIÓN	POTENCIA (W)	F.D.P.	POTENCIA APARENTE (VA)
8	Luminaria para empotrar de dos tubos fluorescentes cosφ corregido	8 x 2 x 35	0'90	622'22
12	Luminaria suspendida de lámpara de descarga	12 x 422	0'90	5.626'66
	<b>TOTALES</b>	<b>5.624</b>	<b>0'90</b>	<b>6.248'89</b>

### 9.1.3 Centro de control y mantenimiento:

La previsión de carga se ha llevado a cabo teniendo en cuenta dos aspectos:

- Instalación propia del edificio.
- Instalación de alumbrado general del parque.

Para el primer caso se ha seguido la normativa ITC-BT-10, ya que no requiere una instalación eléctrica grande. Prácticamente con la instalación de alumbrado es suficiente, ya que la actividad a desarrollar es de almacenamiento de utensilios.

Dándole el carácter de local industrial se estima la previsión de carga en 125 W por metro cuadrado, con un mínimo de 10.350 W a 230 V. Como la superficie es de 388'20 m<sup>2</sup>, la previsión de cargas para este local se ha estimado en **48.525 W**.

De los cuales, pertenecen a la instalación de alumbrado:

Nº	DESIGNACIÓN	POTENCIA (W)	F.D.P.	POTENCIA APARENTE (VA)
19	Luminaria para empotrar de dos tubos fluorescentes cosφ corregido	19 x 2 x 35	0'90	1.477'77
	<b>TOTALES</b>	<b>1.330</b>	<b>0'90</b>	<b>1.477'77</b>

Y a la instalación de la depuradora, 5294'12 VA.

Para el segundo caso, la alimentación de alumbrado del parque, se ha tenido en cuenta la potencia demandada por este servicio, siendo:

ALUMBRADO GENERAL: 57.538'89 VA, de los cuales:

- Alumbrado de los viales: 39'15 kVA.
- Alumbrado del parque: 13'50 kVA.
- Aseos públicos: 4'56 kVA.

Con todo ello, la previsión de carga asciende a **116.749'78 VA**

## 9.2 ALUMBRADO.

La carga prevista del alumbrado y público, incluyendo los cinco aseos públicos existentes en el parque, se contabiliza en la previsión realizada para el centro de control, puesto que los mandos de estos circuitos están ubicados en dicho centro.

Se ha tenido en cuenta, tal como contempla la Instrucción Técnica Complementaria, un factor de 1'8 en todos los equipos de lámparas de descarga.

## 9.3 ATRACCIONES FERIALES.

Llegado a este punto se recuerda la distinción existente en el tipo de suministro de las atracciones feriales. Las que su consumo excedía de los 50 kW, se alimentaban directamente desde el centro de transformación, dotándolo de cajas de suministro. Y las que su consumo no llegaba a dicha cuantía, se las alimenta desde una línea de distribución.

Según el uso previsto del parque, sus características y actividades a desarrollar, se muestra a continuación un listado de atracciones típicas que podrían instalarse. Si bien cabe decir que, aunque cada tipo de atracción varía sus consumos, las pequeñas poseen características muy similares.

Se ha optado por instalar:

- Atracciones de consumo mayor a 50 kW:

ATRACCIÓN	CONSUMO (kW)
Montaña Rusa	83'00
Noria	90'00
Barca Vikinga	77'00
2 Coches de choque	100'00

- Atracciones de consumo menor de 50 kW:

Dadas las características de éstas, se ha previsto una instalación preparada para seis atracciones con una potencia de 20 kW cada una.

Todas las atracciones previstas poseen una instalación propia con equipos de corrección de factor de potencia, estimado en 0'9. Además de este sistema, las atracciones van equipadas con contadores propios de medida de potencia activa y reactiva, y de rectificadores según sean las necesidades.

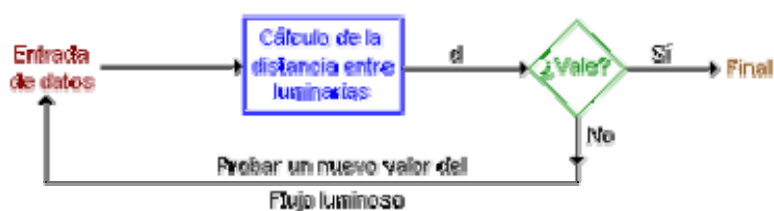
## 10. CÁLCULO DE LUMINARIAS.

### 10.1 VIALES.

El cálculo de las luminarias en los viales de acceso ha seguido paso a paso el método de los lúmenes y el método de los nueve puntos.

En primera instancia, y contemplando las recomendaciones de la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), se ha optado por utilizar lámparas de vapor de sodio a alta presión, más que comunes en este tipo de aplicación.

El procedimiento consiste en tomar los datos de entrada y calcular la distancia de separación entre las luminarias, mediante el citado método de los lúmenes o factor de utilización. Una vez determinada, se comprueba mediante el siguiente método que se han obtenido los valores deseados que garantizan un nivel de iluminancia media correcta, propio al tipo de vía.



#### Datos de entrada:

**Tipo de vía:** Corresponde al tipo D, que incluye aquellas destinadas a tráfico mixto con presencia de vehículos lentos y peatones. Carreteras provinciales, comarcales, travesías, vías urbanas y calles comerciales. Posee una anchura  $A = 7\text{m}$ , con dos carriles de tráfico de  $3'5\text{m}$ , y tiene un coeficiente de luminancia medio de  $Q_0=0'07$ .

Para este tipo de vía la CIE recomienda una iluminancia media alrededor de  $28\text{ lux}$  y una luminancia media de  $1'7\text{ cd/m}^2$ .

**Lámpara:** Vapor de sodio a alta presión, instalada a una altura  $H=10\text{m}$ , con un flujo luminoso de  $\phi_L=33.000\text{ lm}$ . La potencia empleada es de  $250\text{ w}$  con un rendimiento de  $132\text{ lm/w}$  y casquillo E-40.

Este tipo de lámpara proporciona una mejora a las de baja presión, ya que consiguen un mejor rendimiento de color aumentando la temperatura gracias a un aumento de la presión. Están constituidas por un tubo de descarga de óxido de aluminio, capaz de resistir temperaturas de  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , a la cual se produce la acción química del sodio. En su interior se encuentra una amalgama de sodio y mercurio en una atmósfera de xenón a elevada presión, de los cuales el sodio es el principal productor de luz. El mercurio reduce la conducción de calor del arco a las paredes del tubo y aumenta la tensión de dicho arco. El xenón garantiza el encendido con temperaturas ambiente bajas.



**Disposición de las luminarias:** Siguiendo el argumento de que la anchura de la calzada no es superior a la altura de instalación de la luminaria, se opta por usar una disposición unilateral.



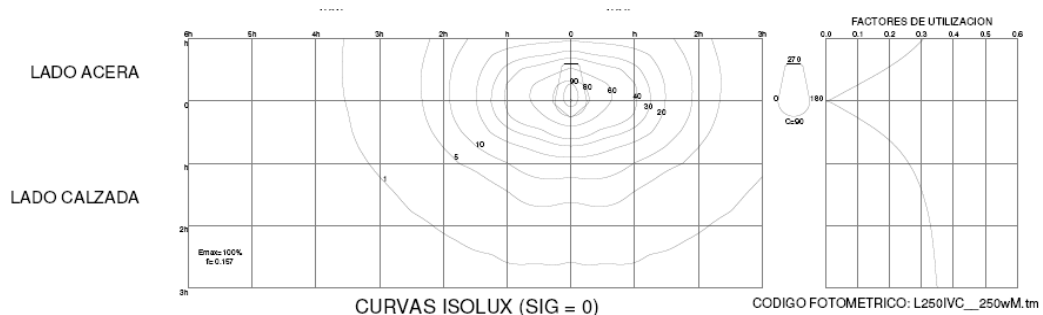
**Factor de mantenimiento (fm):** Normalmente es un factor difícil de determinar, ya que depende de la contaminación, mantenimiento, zona de ubicación, condiciones de limpieza, etc. Suelen tomarse valores de 0,7, no superiores a 0,8. Como recomendación, sirva este cuadro:

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

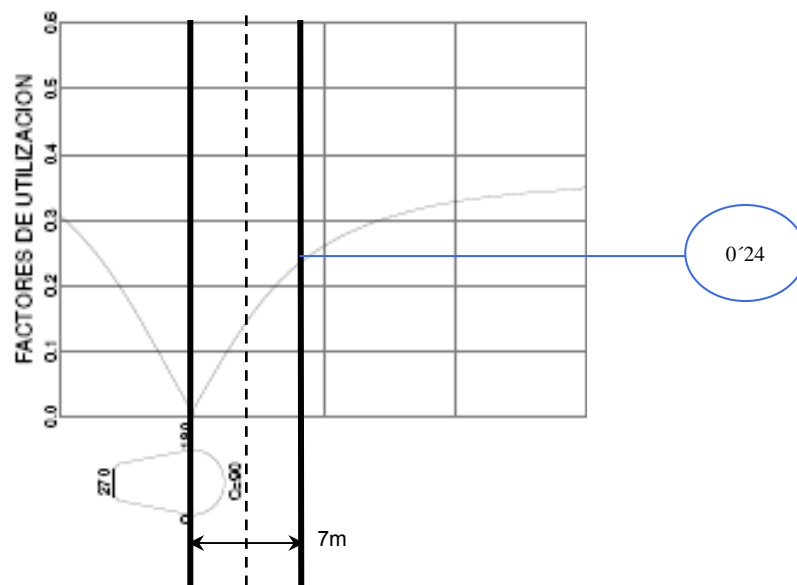
Al tratarse de una vía en un ambiente limpio y con un previsible buen mantenimiento, se ha considerado 0,80 el factor de mantenimiento.

#### Cálculo del factor de utilización: ( $\mu$ )

Es una medida del rendimiento del conjunto lámpara y luminaria, que se define como el cociente entre el flujo útil, que llega a la calzada, y el real que sale de la lámpara. El fabricante debe suministrar este dato, que en este caso viene dado en forma de gráfico, junto con las curvas Isolux:



Teniendo en cuenta la ubicación en planta de la luminaria, y la anchura de la vía, que vendrá dada en función de la altura, sustituyendo los valores obtenemos el factor de utilización.



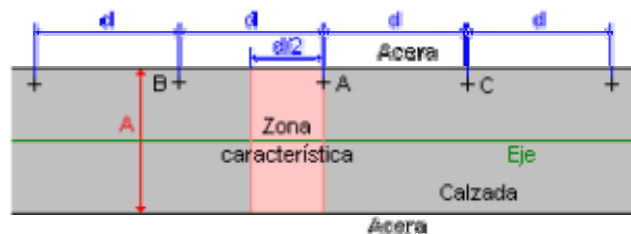
#### Cálculo de la separación entre luminarias: (d)

Utilizando la expresión de la iluminancia media:  $E_m = \frac{\mu \cdot f_m \cdot \phi_L}{A \cdot d}$ , se despeja un valor inicial de separación de luminarias, obteniendo:

$$d = \frac{0.24 \cdot 0.8 \cdot 33.000}{7.28} = 32\text{m}$$

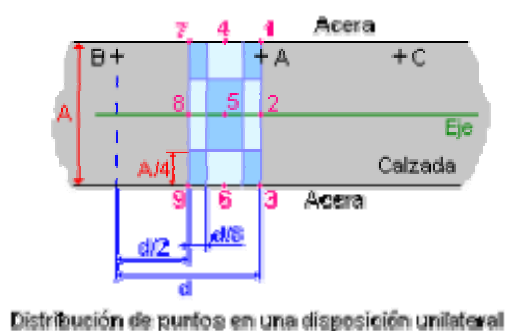
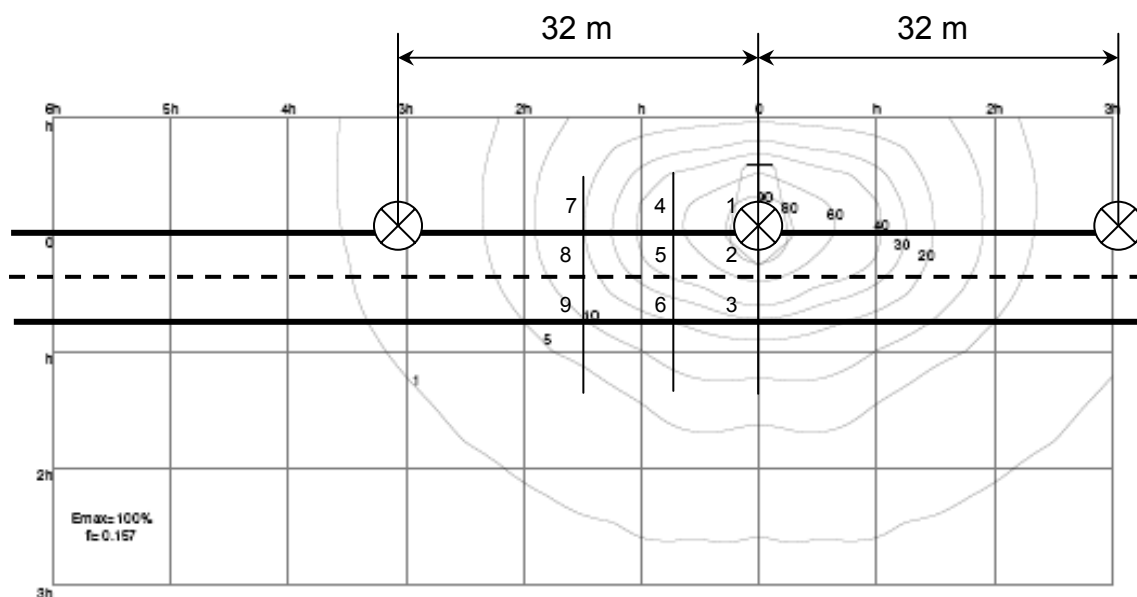
Este valor es orientativo, pues sirve para iniciar un proceso de iteración donde se comprobará con el método de los nueve puntos, que se converge a él. Si la divergencia es grande, se recomienda cambiar el flujo de la lámpara.

Una vez obtenido el valor inicial de  $d = 32\text{ m}$ , se detalla a continuación la disposición de la cuadrícula de los nueve puntos, dispuestos en la calzada, donde se realizará el estudio.



Debido a las simetrías existentes en la figura, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente.

Para hacer los cálculos, la zona se divide en nueve dominios con otros tantos puntos.

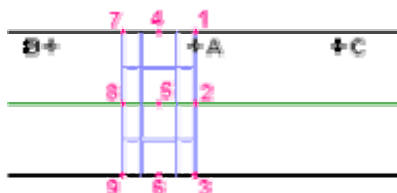


Como se muestra en la representación, el tramo de la calzada queda dividido en nueve porciones correspondientes a los nueve puntos en cuestión, proporcionales entre si. Gracias a la curva isolux, proporcionada por el fabricante, calculamos la iluminación ejercida por el punto de luz, sin olvidar la influencia de los puntos de luz adyacentes. De esta forma se obtiene:

	A (lx)	B (lx)	C (lx)
<b>1</b>	90	2'5	2'5
<b>2</b>	30	2	2
<b>3</b>	7	0'5	0'5
<b>4</b>	55	6	0'5
<b>5</b>	20	4'5	-
<b>6</b>	7	2	-
<b>7</b>	20	20	-
<b>8</b>	10	10	-
<b>9</b>	4	4	-

Sumando el conjunto de las tres luminarias implicadas:

9PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ILUMINANCIA(LX)	95	34	8	61'5	24'5	9	40	20	8



La iluminancia media obtenida por el conjunto se consigue mediante:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}, \text{ dando como resultado:}$$

$$E_m = 31'125 \text{ lx}$$

El resultado no diverge con el propósito a conseguir, ya que después de dos iteraciones se consigue una distancia entre luminarias muy similar a 32 m.

Cabe aclarar el uso de los múltiplos de la expresión anterior, que proviene de la proporcionalidad existente en las áreas generadas por los nueve puntos entre sí.

Por tanto se justifica así la separación de las luminarias en los viales, donde además se disponen justo en el límite de la calzada con la acera, condicionando de esta forma una mejor iluminación del tránsito peatonal previsiblemente alto, creando una mayor seguridad.

En la zona de aparcamiento se ha optado por una solución similar, ya que la anchura de la vía y el pavimento son idénticos.

Visto en el plano de luminarias, la solución adoptada en los tramos curvos se corresponde con la disposición, más favorable que respete las interdistancias y evite la aparición de zonas oscuras, ya que esos tramos curvos presentan un radio de curvatura muy pequeño y pueden tratarse incluso como vías independientes que se cruzan.

Como conclusión, el número total de luminarias instaladas, incluidas las del aparcamiento público, asciende a 87. Teniendo en cuenta que la potencia nominal de cada lámpara y equipos de encendido es de 250 W, la potencia total es de 21'75 kW.

La instrucción técnica complementaria ITC-BT-09 del reglamento electrotécnico de baja tensión indica que la potencia aparente mínima se considerará 1'8 veces la potencia activa, evitando así una mal dimensionado provocado por las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases.

## 10.2 PARQUE.

El cálculo de las luminarias en los caminos del parque ha seguido el mismo método que en el caso de los viales, con la diferencia que el nivel de iluminancia es mucho menor y más indiferente, ya que la única recomendación habla de unos 5 lux. Cantidad que satisface un alumbrado efectivo al tránsito de las personas y además, genera sensación de seguridad.

El tipo de lámpara elegida es de sodio a alta presión de 100 W de potencia.

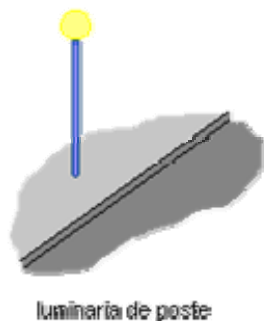
El procedimiento consiste en tomar los datos de entrada y calcular la distancia de separación entre las luminarias, mediante el citado método de los lúmenes o factor de utilización. Una vez determinada, se comprueba mediante el siguiente método que se han obtenido los valores deseados que garanticen un nivel de iluminancia media correcta, propio al tipo de vía.

### Datos de entrada:

**Tipo de vía:** Corresponde a un camino de 2 m de anchura compuesto por gravilla fina no catalogado bajo ningún uso o recomendación, ya que su fin es el ocio y un encuadre en el entorno de zonas verdes.

Para este tipo de vía se ha creído conveniente considerar un nivel de iluminancia media de 10 lux.

**Lámpara:** Vapor de sodio a alta presión, instalada a una altura  $H=3'50m$ , con un flujo luminoso de  $\phi_L=6.000\text{ lm}$ . La potencia empleada es de 100 w con un rendimiento de 60 lm/w y casquillo E-40.



**Disposición de las luminarias:** Se opta por usar una disposición al tresbolillo bajo criterio estético.

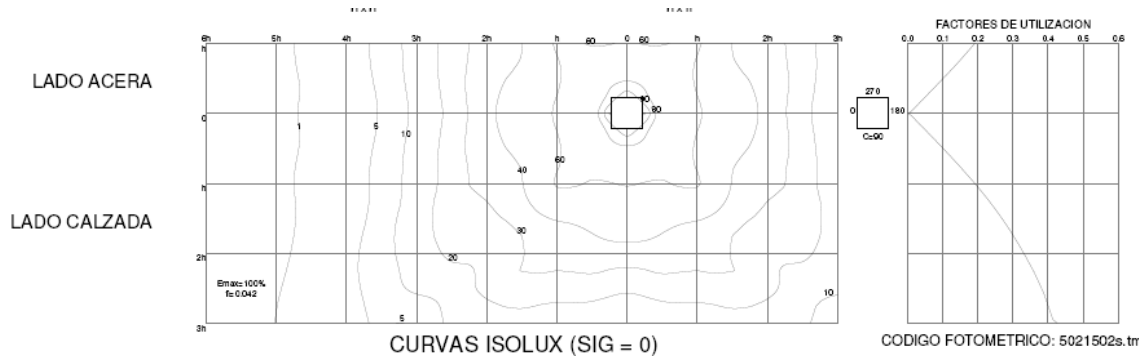
**Factor de mantenimiento (fm):** Normalmente es un factor difícil de determinar, ya que depende de la contaminación, mantenimiento, zona de ubicación, condiciones de limpieza, etc. Suelen tomarse valores de 0'7, no superiores a 0'8. Como recomendación, sirva este cuadro:

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

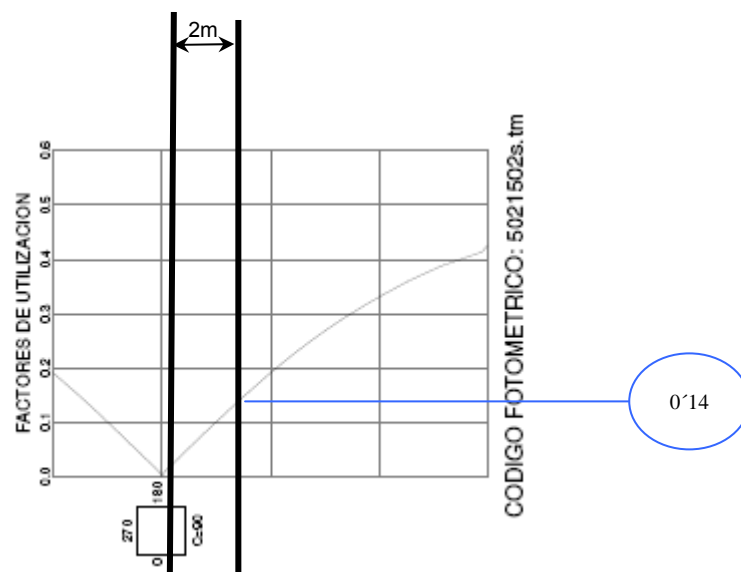
Al tratarse de una vía en un ambiente limpio y con un previsible buen mantenimiento, se ha considerado 0'80 el factor de mantenimiento.

Cálculo del factor de utilización: ( $\mu$ )

Es una medida del rendimiento del conjunto lámpara y luminaria, que se define como el cociente entre el flujo útil, que llega a la calzada, y el real que sale de la lámpara. El fabricante debe suministrar este dato, que en este caso viene dado en forma de gráfico, junto con las curvas Isolux:



Teniendo en cuenta la ubicación en planta de la luminaria, y la anchura de la vía, que vendrá dada en función de la altura, sustituyendo los valores obtenemos el factor de utilización.

Cálculo de la separación entre luminarias: (d)

Utilizando la expresión de la iluminancia media:  $E_m = \frac{\mu \cdot f_m \cdot \phi_L}{A \cdot d}$ , se despeja un valor inicial de separación de luminarias, obteniendo:

$$d = \frac{0.12 \cdot 0.8 \cdot 6.000}{2 \cdot 10} = 28.80m$$

Puesto que este cálculo no necesita que sea exacto, ya que se deja a juicio del proyectista y a las características del parque, se ha tomado como distancia de separación entre luminarias 30 m, al tresbolillo, quedando reflejado en los planos.

Como conclusión, el número total de luminarias instaladas es de 75. Teniendo en cuenta que la potencia nominal de cada lámpara y equipos de encendido es de 100 W, la potencia total es de 7'5 kW.

La instrucción técnica complementaria ITC-BT-09 del reglamento electrotécnico de baja tensión indica que la potencia aparente mínima se considerará 1'8 veces la potencia activa, evitando así una mal dimensionado provocado a las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases.

Además de las luminarias del parque, se ha incluido en esta instalación, la electrificación de los aseos públicos, como dice la ITC-BT-09.

### 10.3 ILUMINACIÓN INTERIOR.

#### 10.3.1 Cafetería:

La instalación de las luminarias en este local se ha realizado según los siguientes cálculos recogidos en el proyecto y a criterio de los niveles de iluminación recomendados.

La cafetería consta de los siguientes usos:

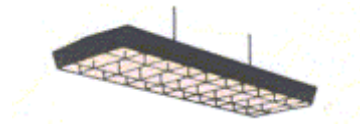
- Salón – comedor: Está subdividido en dos partes para facilitar los cálculos; la primera con una superficie de  $147'2 \text{ m}^2$  ( $9'20 \times 16 \text{ m}$ ), y la segunda con  $60'31 \text{ m}^2$  ( $9'35 \times 6'45 \text{ m}$ ). El nivel de iluminación deseado es de 200 lux, consiguiendo así un ambiente claro y agradable a la vez, teniendo en cuenta que se dispone de amplios ventanales con vistas al parque.
- Barra: Consta de una superficie de  $26'18 \text{ m}^2$  ( $2'80 \times 9'35 \text{ m}$ ) destinados al servicio de hostelería y útiles. Para este emplazamiento se desea un nivel de 300 lux-
- Cocina - almacén: La superficie es de  $90'72 \text{ m}^2$  ( $9'60 \times 9'45 \text{ m}$ ). Al igual que en la barra, se desean 300 lux.
- Aseos: Consta de dos aseos, el primero destinado a las señoras y minusválidos con una superficie de  $13'26 \text{ m}^2$  ( $2'85 \times 4'65 \text{ m}$ ), y el segundo destinado a caballeros con una planta de  $7'695 \text{ m}^2$  ( $2'85 \times 2'70 \text{ m}$ ) y dos compartimentos de inodoro. El nivel de iluminación requerido es de 100 lux.

Cabe destacar que la altura útil de todo el local es de 4 m, considerando el plano de trabajo a una altura de 0'85 m del suelo. El factor de mantenimiento se ha elegido  $F_M = 0'8$ , al ser un local limpio, a excepción de la cocina que se ha tomado 0'6 al estar afectada de humos de la freidora y vapores.

Los coeficientes de reflexión aplicados son los siguientes:

- (0'70) para el techo, ya que está ejecutado con paneles blancos sujetos a perfiles metálicos.
- (0'50) para las paredes, terminadas con pintura plástica de color azul celeste en tono claro sobre enfoscado y guarnecido, a excepción de la cocina que es blanca.
- (0'10) para el suelo, compuesto de una solería en tono oscuro.

Se ha optado por instalar luminarias de regletas difusoras con dos lámparas fluorescentes cada una de 35 w y factor de potencia corregido a 0'90. Las dimensiones son 1'50 x 0'30 x 0'10 m. El flujo luminoso que posee cada lámpara es de 3.300 lm.



#### • Salón – comedor:

En la primera zona:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{9'20 \cdot 16}{(3'90 - 0'85) \cdot (9'20 + 16)} = 1'915$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'46$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 200$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{200 \cdot 147'20}{0'46 \cdot 0'80} = 80.000 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{80.000}{2 \cdot 3300} \cong 12 \text{ luminarias.}$$

En la segunda zona:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{9'35 \cdot 6'45}{(3'90 - 0'85) \cdot (9'35 + 6'45)} = 1'252$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'40$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 200$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{200 \cdot 60'31}{0'40 \cdot 0'80} = 37.693'75 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{37.693'75}{2 \cdot 3300} \cong 6 \text{ luminarias.}$$

#### • Barra:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{2'80 \cdot 9'35}{(3'90 - 0'85) \cdot (2'80 + 9'35)} = 0'70$$



que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'28$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 300$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{300 \cdot 26'18}{0'28 \cdot 0'80} = 35.062'50 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{35.062'50}{2 \cdot 3300} \cong 5 \text{ luminarias.}$$

#### • Cocina - almacén:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{9'45 \cdot 9'60}{(3'90 - 0'85) \cdot (9'45 + 9'60)} = 1'56$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'42$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 300$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{300 \cdot 90'72}{0'42 \cdot 0'60} = 108.000 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{108.000}{2 \cdot 3300} \cong 16 \text{ luminarias.}$$

#### • Aseos:

El cálculo se ha efectuado teniendo en cuenta el aseo más grande, aplicándole la misma solución al otro, con el añadido de una lámpara incandescente de 60 W en las dependencias del inodoro, sostenida con un plafón opaco.

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{2'85 \cdot 4'65}{(3'90 - 0'85) \cdot (2'85 + 4'65)} = 0'15$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'26$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 100$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{100 \cdot 13'26}{0'26 \cdot 0'80} = 6.375 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{6.375}{2 \cdot 3300} \cong 1 \text{ luminarias.}$$

### 10.3.2 Taller:

La instalación de las luminarias en este local se ha realizado según los siguientes cálculos recogidos en el proyecto y a criterio de los niveles de iluminación recomendados.

El taller consta de los siguientes usos:

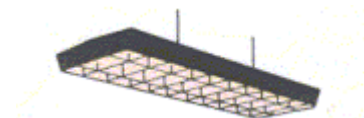
- Nave: La superficie de la nave es de  $242{,}76 \text{ m}^2$  ( $15{,}22 \times 15{,}95 \text{ m}$ ) donde se guardarán y mantendrán los coches. Para esta actividad se quiere disponer de un nivel de iluminancia de 500 lux, mediante el uso de lámparas de descarga.
- Oficina: La superficie de ésta es de  $18{,}41 \text{ m}^2$  ( $5{,}17 \times 3{,}56 \text{ m}$ ), requiriendo un nivel de 300 lux, empleando lámparas fluorescentes.
- Almacén: Es de características idénticas a la oficina, ya que es una habitación simétrica a ella, con la única diferencia de que el nivel deseado de iluminancia es 100 lux.
- Aseos: Son dos aseos de  $8{,}22 \text{ m}^2$  ( $3{,}56 \times 2{,}31 \text{ m}$ ), para los que se desean 100 lux..

Cabe destacar que la altura útil de todo el local es de 4 m, considerando el plano de trabajo a una altura de 0'85 m del suelo. El factor de mantenimiento se ha elegido  $F_M = 0{,}7$ , al ser un taller con muy poca actividad mecánica. En el resto de estancias se ha fijado en  $F_M = 0{,}8$ .

Los coeficientes de reflexión aplicados son los siguientes:

- (0'70) para el techo, ya que está ejecutado con paneles blancos sujetos a perfiles metálicos.
- (0'50) para las paredes, terminadas con pintura plástica de color blanco sobre enfoscado y guarnecido, a excepción de la oficina que es de tono amarillo muy claro.
- (0'10) para el suelo, compuesto de una solería en tono oscuro.

Se ha optado por instalar luminarias de regletas difusoras con dos lámparas fluorescentes cada una de 35 w y factor de potencia corregido a 0'90 para la oficina aseos y almacén. Las dimensiones son  $1{,}50 \times 0{,}30 \times 0{,}10 \text{ m}$ . El flujo luminoso que posee cada lámpara es de 3.300 lm.



Para la nave se ha dispuesto de lámparas de descarga suspendidas de 422 W y factor de potencia 0'9. Las dimensiones son  $0{,}17 \times 0{,}17 \times 0{,}16 \text{ m}$ . Dando un flujo luminoso de 24.000 lm. Un valor óptimo para la colocación de estas luminarias es:

$$H = 4/5 \cdot (4 - 0{,}85) = 2{,}52 \text{ m del suelo.}$$



• Nave:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{15'22 \cdot 15'95}{(2'52 - 0'85) \cdot (15'22 + 15'95)} = 4'66$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'69$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 500$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{500 \cdot 242'76}{0'69 \cdot 0'70} = 251.304'35 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 24.000 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L} = \frac{251.304'35}{24.000} \cong 12 \text{ luminarias.}$$

• Oficina:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{3'56 \cdot 5'17}{(3'90 - 0'85) \cdot (3'56 + 5'17)} = 0'69$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'28$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 300$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{300 \cdot 18'41}{0'28 \cdot 0'80} = 24.656'25 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{24.656'25}{2 \cdot 3300} \cong 4 \text{ luminarias.}$$

• Almacén:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{3'56 \cdot 5'17}{(3'90 - 0'85) \cdot (3'56 + 5'17)} = 0'69$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'28$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 100$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{100 \cdot 18'41}{0'28 \cdot 0'80} = 8.218'75 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{8.218'75}{2 \cdot 3300} \cong 2 \text{ luminarias.}$$

• Aseos:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{2'31 \cdot 3'56}{(3'90 - 0'85) \cdot (2'31 + 3'56)} = 0'46$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'26$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 100 \text{ lux}$ , con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{100 \cdot 2'22}{0'26 \cdot 0'80} = 1.067'31 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{1.067'31}{2 \cdot 3300} \cong 1 \text{ luminarias.}$$

### 10.3.3 Centro de Control:

La instalación de las luminarias en este local se ha realizado según los siguientes cálculos recogidos en el proyecto y a criterio de los niveles de iluminación recomendados.

El centro de control y mantenimiento consta de los siguientes usos:

• Sala: La superficie de la sala es de  $28'82 \text{ m}^2$  ( $3'69 \times 7'81 \text{ m}$ ) donde se ubican los cuadros de alumbrado público del parque y viales exteriores. Para este fin se quiere disponer de un nivel de iluminancia de 200 lux, mediante el uso de lámparas fluorescentes.

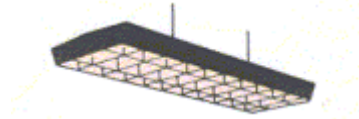
• Almacén: Existen dos, ubicados de forma colindante. La superficie de cada uno es de  $179'69 \text{ m}^2$  ( $11'33 \times 15'86 \text{ m}$ ), destinados a guardar utensilios de jardinería y propios del cuidado de las instalaciones, así como la maquinaria necesaria, requiriendo un nivel de 100 lux, empleando lámparas fluorescentes.

Cabe destacar que la altura útil de todo el local es de 4 m, considerando el plano de trabajo a una altura de 0'85 m del suelo. El factor de mantenimiento se ha elegido  $F_m = 0'8$ , al ser una dependencia limpia con muy poca actividad.

Los coeficientes de reflexión aplicados son los siguientes:

- (0'70) para el techo, ya que está ejecutado con paneles blancos sujetos a perfiles metálicos.
- (0'50) para las paredes, terminadas con pintura plástica de color blanco sobre enfoscado y guarnecido.
- (0'10) para el suelo, compuesto de una solería en tono oscuro.

Se ha optado por instalar luminarias de regletas difusoras con dos lámparas fluorescentes cada una de 35 w y factor de potencia corregido a 0'90. Las dimensiones son 1'50 x 0'30 x 0'10 m. El flujo luminoso que posee cada lámpara es de 3.300 lm.



#### • Sala:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{3'69 \cdot 7'81}{(3'90 - 0'85) \cdot (3'69 + 7'81)} = 0'82$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'32$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 200$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{200 \cdot 28'82}{0'32 \cdot 0'80} = 22.515'63 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L} = \frac{22.515'63}{2 \cdot 3.300} \cong 3 \text{ luminarias.}$$

#### • Almacén:

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{11'33 \cdot 15'86}{(3'90 - 0'85) \cdot (11'33 + 15'86)} = 2'17$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'46$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 100$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m} = \frac{100 \cdot 179'69}{0'46 \cdot 0'80} = 48.828'80 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{48.828'80}{2 \cdot 3300} \cong 8 \text{ luminarias.}$$

#### 10.3.4 Aseos públicos:

La instalación de las luminarias en este local se ha realizado según los siguientes cálculos recogidos en el proyecto y a criterio de los niveles de iluminación recomendados.

Consta de dos aseos iguales, el primero destinado a las señoras y minusválidos con una superficie de 28'31 m<sup>2</sup> (2'98 x 9'50 m), excluyendo los inodoros, y el segundo destinado a caballeros. El nivel de iluminación requerido es de 100 lux. La altura útil de todo el local es de 3 m, considerando el plano de trabajo a una altura de 0'85 m del suelo. El factor de mantenimiento se ha elegido  $F_M = 0'8$ , al ser un local limpio.

Los coeficientes de reflexión aplicados son los siguientes:

- (0'70) para el techo, ya que está ejecutado con paneles blancos sujetos a perfiles metálicos.
- (0'50) para las paredes, terminadas con pintura plástica de color azul celeste en tono claro sobre enfoscado y guarnecido.
- (0'10) para el suelo, compuesto de una solería en tono oscuro.

Se ha optado por instalar luminarias de regletas difusoras con dos lámparas fluorescentes cada una de 35 w y factor de potencia corregido a 0'90. Las dimensiones son 1'50 x 0'30 x 0'10 m. El flujo luminoso que posee cada lámpara es de 3.300 lm.

En los compartimentos de los inodoros se han montado lámparas incandescentes de 60 W, sostenida con un plafón opaco.

El índice del local viene expresado según:

$$k = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{h \cdot (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{2'98 \cdot 9'50}{(3 - 0'85) \cdot (2'98 + 9'50)} = 1'06$$

que aplicando los coeficientes de reflexión y la documentación del fabricante, se determina un factor de utilización  $\eta = 0'37$ .

Deseamos una iluminancia de  $E = 100$  lux, con lo que el flujo luminoso total que habrá que aplicar se determina como:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_M} = \frac{100 \cdot 28'31}{0'37 \cdot 0'80} = 9.564'19 \text{ lm}$$

Como el flujo de la lámpara es de 3.300 lm, el número de luminarias que se instalan en esta zona es de:

$$N = \frac{\phi_T}{2 \cdot \phi_L} = \frac{9'564'19}{2 \cdot 3300} \cong 2 \text{ luminarias.}$$

Por tanto han quedado montadas en el conjunto de los 5 aseos públicos existentes en el parque:

- 20 luminarias con tubos fluorescentes de 70 W,  $\cos\phi$  0'9
- 50 lámparas incandescentes de 60 W.

Cantidad que suma 4.400 W de potencia, expresada en potencia aparente; 4.555'55 VA.

## **11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

### **11.1 SECCIONES DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.**

El cálculo de las secciones y canalizaciones de los circuitos eléctricos se ha basado en dos aspectos. Por un lado, la sección se calcula teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible de los conductores, evitando así calentamientos peligrosos. Por otro lado, la sección se elige de forma que las caídas de tensión entren en los márgenes permitidos o convenientes.

La forma de proceder general es la siguiente:

Se calcula la intensidad necesaria del circuito, mediante  $I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$  en tramos monofásicos, o bien  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$  para tramos trifásicos.

Según este cálculo, se elige la sección del conductor normalizado por el reglamento elegido en cada caso. El cual posee una intensidad máxima admisible, que podremos disminuir con los factores de corrección oportunos. Siempre hay que tener en cuenta que la intensidad admisible tiene que ser mayor que la calculada.

Conforme a este proceso, se comprueban las caídas de tensión producidas en la instalación, aceptando una sección adecuada. Estas caídas de tensión vendrán dadas según:  $cdt = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U}$  en tramos monofásicos, y  $cdt = \frac{L \cdot P}{\sigma \cdot e \cdot U}$  en tramos trifásicos, donde:

P = Potencia activa.

L = Longitud del tramo.

e = Caída de tensión expresada en Voltios.

U = Tensión aplicada al tramo.

$\sigma$  = Conductividad del cobre ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ) o del aluminio ( $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ).

Dicho esto, se detalla a continuación las caídas de tensión permitidas en cada tramo.

- Según la compañía Sevillana – Endesa, desde el centro de transformación hasta el usuario (cuadro de mando y protección) se garantiza una caída que no excede del 7%.
- Según las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC – BT – 15 y 19, las caídas de tensión no excederán del 1'5% en la derivación individual, 5% en los receptores de fuerza y 3% en los de alumbrado, pudiéndose aplicar en conjunto 6'5% y 4'5% respectivamente al existir un único usuario por cada Caja de Protección y Medida.
- Teniendo en cuenta los dos apartados, se deduce que entre el centro de transformación y las Cajas de Protección y Medida (Acometidas) podrá existir un máximo del 5'5% de caídas de tensión.



Desarrollando las instalaciones del parque tenemos:

### 11.1.1 Cálculo de acometidas:

La normativa seguida en este apartado hace referencia al reglamento electrotécnico de baja tensión ( ITC – BT 11, 07 y 21 ) y a las normas particulares de Endesa. Consiguiendo con ambas recoger todas las particularidades técnicas y de diseño de las instalaciones eléctricas subterráneas, cálculo de secciones y seguridad.

Como criterio común en las acometidas aquí calculadas, cabe destacar lo siguiente:

- La protección mecánica será un tubo de polietileno de 160mm de diámetro, cumpliendo la norma UNE-EN 50086,2,4.
- La cota de soterramiento es 80 cm, siguiendo una trayectoria rectilínea y empleando arquetas cada 40 m, como mínimo.
- Sólo se emplea un circuito por tubo, y además se deja un tubo vacío para posible uso futuro.
- La protección mecánica y el aislante eléctrico quedan garantizados hasta la entrada en la C.G.P.
- Las arquetas empleadas son de hormigón prefabricadas y cumplen la norma ONSE 01.01-16, al igual que los marcos y tapas. No es necesario el empleo de tapas de clase D400 según UNE-EN 41301 al no existir tráfico rodado.
- Se han evitado toda clase de cruces y paralelismos con otras instalaciones, al poder disponer de un amplio margen de terreno.
- El número de conductores y la sección se ha calculado teniendo en cuenta la carga máxima prevista, la tensión de suministro y las caídas de tensión de hasta un 5'5% en la Caja protección y Medida, y un 7% en cualquier punto de suministro, según Endesa distribución.

A continuación se detalla el cálculo realizado en las distintas acometidas:

#### Línea CAFETERÍA:

El cálculo de la sección del conductor se ha llevado a cabo para poder satisfacer dos compromisos, que no se produzcan caídas de tensión mayores a las permitidas y que no se produzcan calentamientos peligrosos, debido a la intensidad de corriente que circula por él.

En este local, la carga prevista es de 39.740 W considerando, a efectos de cálculo un factor de potencia de 0'8.

Desde el cuadro de baja tensión del CT hasta la CPM instalada sobre la pared de la Cafetería distan 150 m, incluyendo la cota de soterramiento y la altura de la caja y el cuadro.

La intensidad de partida de los cálculos viene dada como:

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{39.740}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'8} = 71'70A, \text{ al tratarse de un suministro trifásico.}$$

La sección del cable se determina teniendo en cuenta la caída de tensión:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{\delta \cdot e} = \frac{L \cdot P}{\delta \cdot e \cdot U_L} = \frac{150 \cdot 39.740}{35 \cdot 22 \cdot 400} = 19'35 \text{ mm}^2, \text{ donde:}$$

L = longitud del tramo.

$\delta = 35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

e = caída de tensión permitida. (22 V)

El tipo de conductor empleado será el mínimo normalizado por la compañía eléctrica, RV 0'6/1 kV 1x50 Al, tanto para las fases como para el neutro. El aislante es de Polietileno reticulado con una temperatura máxima en el conductor de 90 °C. La intensidad máxima admisible es de 180 A, a los cuales hay que aplicar unos coeficientes de reducción debido a los factores siguientes, según ITC-BT 21:

Factor de corrección F de la temperatura del terreno distinto a 25 °C. El cual se ha tomado **0'88** por considerar la temperatura del terreno a unos 40 °C en épocas veraniegas.

Factor de corrección de **0'99** por establecer la cota de soterramiento en 80 cm, en vez de los 70 cm considerados en el presente reglamento.

Factor de **0'80** por realizar el trazado de una terna de cables unipolares bajo tubo.

Con estas restricciones, la intensidad máxima admisible es de 125'45 A, superando holgadamente las necesidades del circuito, aceptando el calibre de los dispositivos de protección de 100 A.

La caída de tensión definitiva a tener en cuenta en este tramo es de:

$$\text{CDT} = \frac{L \cdot P}{\delta \cdot S \cdot U_L} = \frac{150 \cdot 39.740}{35 \cdot 50 \cdot 400} = 8'52 \text{ V } (2'13 \%)$$

### Línea TALLER:

De la misma forma que en el cálculo de la Cafetería y teniendo en cuenta las mismas consideraciones, se ha dimensionado el circuito eléctrico que parte desde el centro de transformación hasta la Caja de Protección y Medida del Taller.

La potencia en este tramo es de 37.285 W, recorriendo una longitud total de 318 m, siendo ésta la más larga y delicada a la hora de evitar unas caídas de tensión mayores a las permitidas por la compañía distribuidora.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} = \frac{37.285}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'8} = 67'27 \text{ A}$$

El conductor empleado es el RV 0'6/1 kV 1x50 Al, con una intensidad máxima admisible de 180 A, la cual se ve reducida a 125'45 A al aplicar los factores de corrección, utilizando fusibles de calibre 80 A.

La caída de tensión definitiva a tener en cuenta en este tramo es de:

$$CDT = \frac{L \cdot P}{\delta \cdot S \cdot U_L} = \frac{318 \cdot 37 \cdot 285}{35 \cdot 50 \cdot 400} = 16'94V \text{ (4'23 \%)}$$

### Línea CENTRO DE CONTROL:

En este tramo se ha seguido la tónica general de tramos anteriores, salvo que el dato de partida es la potencia aparente, facilitando así los cálculos de alumbrado general del parque y sobredimensionando las instalaciones por causas de arranque de lámparas y distancias a salvar. Dicha potencia es de 116.749'78 VA, por tanto:

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U_L} = \frac{116.749'78}{\sqrt{3} \cdot 400} = 168'51A$$

El conductor empleado es el RV 0'6/1 kV 1x150 Al, con una intensidad máxima admisible de 330 A, la cual se ve reducida a 230 A al aplicar los factores de corrección, usando fusibles con calibre de 200 A. Podría haber sido suficiente con una sección de 95 mm<sup>2</sup>, pero para evitar unas caídas de tensión más grandes se ha empleado el de 150 mm<sup>2</sup>, obteniendo un buen resultado, ya que la caída de tensión definitiva a tener en cuenta en este tramo es de:

$$CDT = \frac{L \cdot P}{\delta \cdot S \cdot U_L} = \frac{70'02 \cdot 116.749'78 \cdot 08}{35 \cdot 150 \cdot 400} = 3'11V \text{ (0'78 \%)}$$

Las secciones del Conductor Neutro serán de acuerdo con la ITC – BT – 07.

### **11.1.2 Instalaciones interiores:**

Estos circuitos abarcan desde la derivación individual, que es el tramo que discurre desde la Caja de Protección y Medida hasta el Cuadro de Mando y Protección, hasta los circuitos de alumbrado y fuerza considerados en la instalación.

En el caso de la cafetería, por ser un local de pública concurrencia, este conductor será no propagador de llama, del tipo XLPE,RZ1-K 0'6 / 1 kV, y XLPE, V 450 / 750 V. El resto serán XLPE, RV 0'6 / 1 kV y XLPE, V 450 / 750 V todos de cobre.

Para las derivaciones individuales se ha tenido en cuenta la caída máxima de tensión de 1'5%, instalándose los conductores de forma empotrada en pared bajo tubo flexible. La sección mínima es de 6 mm<sup>2</sup>.

En el resto de circuitos, las secciones mínimas son 1'5 mm<sup>2</sup> para alumbrado y 2'5 mm<sup>2</sup> para el resto.

Los resultados de los cálculos se muestran en la siguiente tabla adjunta:

TRAMO	LONG.(m)	POT.(W)	POT. APAR.(VA)	I <sub>CAL</sub> (A)	SECC (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ADM</sub>	CDT (%)	CDT <sub>AC</sub> (%)
<b>CAFETERÍA:</b>								
DER. IND.	19'00	39.740	45.983'72	66'37	RZ1-K 4x25	106	0'34	0'34
<b>Fuerza</b>								
C1cocina	22'00	6.500	8.052'29	35'98	XLPE 2x6	49	1'66	2'00
C2cocina	20'72	6.000	6.408'49	28'42	XLPE 2x4	38	2'18	2'52
C1barra	9'20	7.800	8.661'11	38'48	XLPE 2x6	49	0'84	1'18
C2barra	8'20	5.900	7.444'45	33'07	XLPE 2x4	38	0'86	1'20
Salón-aseos	49'19	4.000	4.444'45	19'74	XLPE 2x2'5	29	5'54	5'88
Climatización	2'80	6.000	7.058'82	10'22	XLPE 4x2'5	25	0'08	0'42
<b>Alumbrado</b>								
Emergencia	47'50	40	40	0'18	XLPE 2x1'5	21	0'08	0'42
Salón1-aseos	41'64	820	897'78	4	XLPE 2x1'5	21	1'60	1'94
Salón2	38'68	700	777'78	3'46	XLPE 2x1'5	21	1'28	1'62
Barra-cocina	26'33	1.470	1.633'34	7'26	XLPE 2x1'5	21	3'10	3'44

TRAMO	LONG.(m)	POT.(W)	POT. APAR.(VA)	I <sub>CAL</sub> (A)	SECC (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ADM</sub>	CDT (%)	CDT <sub>AC</sub> (%)
<b>TALLER:</b>								
DER. IND.	1'20	37.285	41.427'78	62'44	XLPE 4x16	80	0'04	0'04
<b>Fuerza</b>								
Aseo1-oficina	34'66	5.000	5.555'56	25'13	XLPE 2x4	38	3'16	3'20
Aseo2-almacén	27'35	3.000	3.333'34	15'08	XLPE 2x2'5	29	2'40	2'44
Aire acond.	23'50	3.660	4.305'88	19'48	XLPE 2x4	49	0'84	1'18
C1 taller	27'60	10.000	11.111'12	50'26	XLPE 2x10	68	2'02	2'06
C2 taller	10	10.000	11.111'12	50'26	XLPE 2x10	68	0'74	0'78
C3 taller 3f	18'13	13.661'11	15.179'01	16'75	XLPE 4x2'5	25	0'88	0'92
<b>Alumbrado</b>								
Depend.	16'11	560	622'23	2'81	XLPE 2x1'5	21	1'00	1'04
Taller 1	25'96	2.532	4.557'60	20'62	XLPE 2x2'5	33	1'92	1'96
Taller 2	21'62	2.532	4.557'60	20'62	XLPE 2x2'5	33	1'60	1'64

TRAMO	LONG.(m)	POT.(W)	POT. APAR.(VA)	I <sub>CAL</sub> (A)	SECC (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ADM</sub>	CDT (%)	CDT <sub>AC</sub> (%)
<b>CENTRO DE CONTROL:</b>								
DER. IND.	1'20	80.491'05	116.749'78	169'84	XLPE 4x70	202	0'01	0'01
<b>Fuerza</b>								
Sala cuadros	12'20	2.700	3.000	13'11	XLPE 2x2'5	29	0'78	0'79
C1 almacén1	11'70	5.000	5.555'56	24'26	XLPE 2x2'5	29	1'66	1'67
C2 almacén1	25'40	5.000	5.555'56	24'26	XLPE 2x2'5	29	3'58	3'59
C1 almacén2	25'40	5.000	5.555'56	24'26	XLPE 2x2'5	29	3'58	3'59
C2 almacén2	41'20	5.000	5.555'56	24'26	XLPE 2x2'5	29	5'02	5'03
Almacén1 3f	17'50	10.000	11.111'12	16'18	XLPE 4x2'5	29	0'48	0'49
Almacén2 3f	33'50	10.000	11.111'12	16'18	XLPE 4x2'5	29	0'91	0'92
<b>Alumbrado</b>								
C1 almacén1	20'77	280	311'12	1'36	XLPE 2x1'5	24	0'28	0'29
C2 almacén1	27'66	280	311'12	1'36	XLPE 2x1'5	24	0'36	0'37
C1 almacén2	37'75	280	311'12	1'36	XLPE 2x1'5	24	0'50	0'51
C2 almacén2	43'44	280	311'12	1'36	XLPE 2x1'5	24	0'58	0'59
Sala cuadros	8'80	210	233'34	1'02	XLPE 2x1'5	24	0'08	0'09
<b>Uniones</b>								
a C.Depurad.	210	4.570	5.371'90	9'97*	XLPE 4x6	66	1'09	1'10
a C. Alumb. Público	3'10	33.650	57.202'55	83'30	XLPE 4x25	106	0'03	0'04
<b>Cuadro depuradora</b>								
Fuerza	2'00	4.500	5.294'12	7'79	XLPE 4x2'5	29	0'04	1'14
Alumbrado	1'50	70	77'78	0'31	XLPE 2x1'5	24	-	1'10
<b>Cuadro Alumbrado Público</b>								
Parque 1	1.090'41	4.200	7.560	14'36*	XLPE 4x25	105	2'00	2'04
Parque 2	584'57	3.300	5.940	10'69*	XLPE 4x10	76	1'27	1'31
Viario 1	794'54	7.250	13.050	24'21*	XLPE 4x25	128	2'19	2'23
Viario 2	1.125'14	7.250	13.050	24'21*	XLPE 4x25	128	2'73	2'77
Viario 3	958'67	7.250	13.050	24'21*	XLPE 4x25	128	2'50	2'54

\*Intensidades con factores de corrección aplicados.

## 11.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

### 11.2.1 Cálculos de intensidades:

El cálculo de intensidades se ha realizado por cada transformador de 400 kVA.

- En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_{AT} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U$  = Tensión de línea del lado AT en kV = 20 kV.

$I_{AT}$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

POTENCIA TRANSFORMADOR	INTENSIDAD
400	11'55
400	11'55

con lo que la intensidad total primaria resulta 23.09 Amperios.

- La intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la relación de transformación, resultando 577 A por cada transformador.

### 11.2.2 Cortocircuitos:

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito la compañía Sevillana–Endesa proporciona la intensidad de cortocircuito de la red de distribución en 16.000 kA, obteniéndose 554'26 MVA de potencia de cortocircuito. Luego la intensidad de cortocircuito en el lado de alta es  $I_{CCAT} = 16 \text{ kA}$ .

En el lado de baja, la intensidad de cortocircuito viene dada por:

$$I_{CCBT} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{CC} \cdot U_{BT}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0'04 \cdot 400} = 14'43 \text{ kA}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{CC}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

$U_s$  = Tensión secundaria en carga en voltios.

$I_{CCS}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

Con todo lo anterior y con las condiciones técnicas particulares de la compañía, los calibres escogidos para los fusibles en el lado de alta son 63 A en la Celda de Remonte, y 40 A en las de salida de los transformadores, teniendo los tres un poder de corte de 16 kA, a 1 s y 40 kA tipo cresta.

En el lado de baja tensión, el calibre de los fusibles será de 400 A, con un poder de corte de 12 kA y 30 kA cresta, según la compañía.

### 11.2.3 Embarrado:

El cálculo de los embarrados no se ha tenido en cuenta, ya que todo el conjunto de mando y protección es prefabricado cumpliendo con todas las normas vigentes. Soportando las solicitaciones electrodinámicas y térmicas..

### 11.2.4 Ventilación:

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$S = \frac{W_J + W_V}{0.24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta t^3}}$$

Siendo:

$W_J$  = Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

$W_V$  = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

$h$  = Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

$K$  = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0.6.

$S_r$  = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

POTENCIA TRANSFORMADOR (Kva)	PÉRDIDAS (Kw)	SUPERFICIE MÍNIMA (m²)
400	5.53	0.47
400	5.53	0.47

Se dispondrá de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior y otras dos en la parte posterior inferior, de dimensiones 960 x 700 mm cada una, consiguiendo así una superficie total de ventilación de 2.68 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de dos rejillas posteriores superiores y 2 rejillas laterales superiores tal y como puede verse en el plano correspondiente. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

En cuanto a la compañía, estas rejillas están normalizadas y tienen grado de protección IP 33 e IK 09.

### 11.2.5 Pozo de vaciado de aceite con apagafuegos:

La compañía Sevillana – Endesa exige la instalación de un pozo de 650 l por cada transformador capaz de soportar 400 °C.

### 11.2.6 Puestas a tierra:

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 100 Ω.m.

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra, se ha optado por seguir el método propuesto por UNESA titulado “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”.

• Como datos de partida suministrados por la compañía distribuidora sobre defectos a tierra tenemos:

- Intensidad máxima de defecto a tierra: 300 A.
- Tiempo máximo de desconexión: 1s.

Según estos datos, el reglamento MIE – RAT – 13 fija los valores:

- $K = 78'5$ .
- $n = 0'18$ .

Por otro lado, el método impone los valores de resistencia de puesta a tierra del neutro, siendo  $R_N = 40 \Omega$ , despreciando la inductancia.

Se puede comprobar que la intensidad máxima de defecto a tierra es:

$$I_{\text{def}} = \frac{U_{\text{AT}}}{\sqrt{3} \cdot R_N} = 288'68 \Omega \cong 300 \Omega$$

#### • Tierra de Protección:

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:



Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0'135 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0'0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0'5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0'6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

#### • Tierra de Servicio:

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0'135 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0'0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0'5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0'6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ( $=37 \times 0'650$ ).

### • Resistencia del sistema de tierra:

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro ( $R_t$ ), intensidad y tensión de defecto correspondientes ( $I_{def}$ ,  $U_{def}$ ), se utilizan las siguientes expresiones:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot \sigma$$

- Intensidad de defecto,  $I_{def}$ :

$$I_{def} = \frac{U_{AT}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_N + R_t)^2 + X_N^2}}$$

- Tensión de defecto,  $U_{def}$ :

$$U_{def} = I_{def} \cdot R_t$$

donde:

$$\sigma = 100 \, \Omega \cdot m.$$

$$K_r = 0'135 \, \Omega / (\Omega \cdot m).$$

se obtienen los siguientes resultados:

$R_t$	$I_{def}$	$U_{def}$
13'50 $\Omega$	215'83 A	2.913'72 V

### • Tensiones en el exterior de la instalación:

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

La tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_{paso} = K_{paso} \cdot \sigma \cdot I_{def} = 0'0252 \cdot 100 \cdot 215'83 = 543'93 \, V.$$

### • Tensiones en el interior de la instalación:

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0'30 x 0'30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{p \text{ int}} = U_{\text{def}} = R_t \cdot I_{\text{def}} = 13'50 \cdot 215'83 = 2.913'72 \text{ V.}$$

• Tensiones máximas admisibles:

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE – RAT - 13, es:

$$U_{\text{CA}} = \frac{K}{t^n}$$

donde:

$U_{\text{ca}}$  = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

$K = 78.5$ .

$n = 0.18$ .

$t$  = Duración de la falta en segundos: 1s

se obtiene el siguiente resultado:

$$U_{\text{ca}} = 78'5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{\text{Pexterior}} = 10 \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1.000} \right)$$

$$U_{\text{Pinterior}} = 10 \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma_h}{1.000} \right)$$

donde:

$U_P$  = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 78.5$ .

$n = 0.18$ .

$t$  = Duración de la falta en segundos: 1 s

$\sigma$  = Resistividad del terreno.

$\sigma_h$  = Resistividad del hormigón = 3.000  $\Omega \cdot m$

se obtienen los siguientes resultados:

$$U_{P \text{ exterior}} = 1.256 \text{ V}$$

$$U_{P \text{ interior}} = 8.085'52 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles.

• Distancias mínimas de puestas a tierra:

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\sigma \cdot I_{\text{def}}}{2.000 \cdot \pi}$$

donde:

$$\sigma = 100 \Omega \cdot \text{m.}$$

$$I_{\text{def}} = 215'83 \text{ A.}$$

obteniendo el valor de dicha distancia:

$$D_{\min} = 3'44 \text{ m.}$$

### 11.3 ELECCIÓN DE PROTECCIONES.

En el punto 11.2.2 se calculó la intensidad de cortocircuito de salida de los transformadores, resultando 14'43 kA por cada transformador de 400 kVA. Este dato es comprobado en las tablas para comprobar la fiabilidad de ellas y resulta 14'40 kA, con lo que se garantiza el método.

Con la ayuda de las tablas de cálculo de cortocircuitos, se calculan las intensidades de cortocircuito en las instalaciones.

En la acometida de la Cafetería, empleando conductores de aluminio de 50 mm<sup>2</sup> de sección con una longitud de línea de 150 m, la impedancia se estima en 0'1  $\Omega$ , implicando una corriente de cortocircuito de 1'90 kA. La estimación de hace más desfavorable considerando los dos transformadores juntos, consiguiendo 2'80 kA.

La protección de corte elegida en la entrada del cuadro bastaría con 4'5 kA, que es la mínima encontrada consultando catálogos.

Para una buena coordinación de los dispositivos de corte, se elige para el interruptor general una curva tipo C respecto a los interruptores de los circuitos de la instalación interior, aguas abajo que tendrán curvas de tipo B, excepto el circuito de climatización con curva C en previsión de falsos disparos, debido a la corriente de arranque.

Para el Taller, se estima una impedancia de línea de 0'21  $\Omega$  con una intensidad de cortocircuito de 1'05 kA, optándose por la misma protección anterior. También se instalarán magnetotérmicos con curva C en los circuitos de aire acondicionado y trifásico.

En la instalación del Centro de Control, para la longitud de línea de 70'01 m y 150 mm<sup>2</sup> de sección, se obtiene una impedancia de 0'015  $\Omega$ , lo que implica una corriente de cortocircuito de 9'32 kA, siendo necesario el uso de dispositivos con poder de corte de 10 kA.

Las curvas serán tipo C en los magnetotérmicos de unión al cuadro secundario, en el interruptor general y en los circuitos trifásicos. Así como en el magnetotérmico de cabecera del cuadro de alumbrado público y en la fuerza de la depuradora. El resto será de tipo B, logrando así una adecuada selectividad.

La corriente de cortocircuito obtenida en el cuadro de la depuradora es de 0'80 kA, con lo que el poder de corte de los dispositivos de este cuadro es de 4'5 kA.

En el cuadro de alumbrado público, por estar situado a continuación del principal, tendrán un poder de corte de 10 kA, y el resto de 4'5 kA.

## 11.4 PUESTAS A TIERRA.

En el apartado 11.2.6 se calculó la resistencia a tierra del recinto, que resultaba:

$$R_t = 13'50 \Omega$$

Según la ITC – BT – 18, los electrodos de puesta a tierra serán dimensionados de forma que su resistencia de tierra bajo cualquier circunstancia previsible no supere la tensión que se detalla a continuación:

- 50 V en caso general.
- 24 V en la instalación de alumbrado exterior.

De la misma forma, se determina la sensibilidad de los interruptores diferenciales en 30 y 300 mA.

Por tanto, aplicando que  $U_{def} = I_{def} \cdot R_t$ , se obtiene que:

- Para 50 V y 30 mA,  $R_t = 1.666'66 \Omega$ .
- Para 24 V y 300 mA,  $R_t = 80 \Omega$ .

Se opta entonces por la instalación de picas de acero cobreado, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, de manera que la resistencia de una sola pica es de:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L} = \frac{100}{2} = 50 \Omega$$

Para una mayor seguridad, se decide fijar como valor máximo de resistencia de puesta a tierra 40  $\Omega$ . Esta medida implica el uso de dos picas de tierra, bajando la resistencia a 25  $\Omega$ .

La longitud de separación de las picas no será inferior a los 2 m, evitando así posibles interacciones entre ellas, y que pudieran subir el valor de la resistencia de tierra a valores más desfavorables.

Los conductores de protección serán de cobre con una sección de 2'5 mm<sup>2</sup> con protección mecánica.

En los circuitos del alumbrado público, se usarán igualmente conductores de protección desde las luminarias de clase I hasta la base de los soportes, donde se unirán con un conductor de equipotencialidad de 35 mm<sup>2</sup> y sin aislamiento, recorriendo todo el trayecto soterrado de las luminarias por fuera de la canalización.

Los conductores de protección principales que llegan hasta la borna de conexión a tierra tendrán una sección igual a 16 mm<sup>2</sup>, exceptuando el caso del centro de control que será de 35 mm<sup>2</sup>.

Tras la mencionada borna de conexión discurrirá un cable de acero de equipotencialidad enterrado que irá soldado a las dos picas de puesta a tierra. Este conductor podría tener una sección de 2'5 mm<sup>2</sup> según ITC – BT – 18, por ser de cobre, pero se ha optado por instalarlo de 6 mm<sup>2</sup> otorgándole así una mayor consistencia.

Respecto a las atracciones feriales que se monten en el recinto, deberán instalarse sus propios sistemas de puesta a tierra, mediante picas, incluyendo dichas atracciones sistemas de protección apropiados.

## **12. CONCLUSIÓN.**

Se acompaña a la presente memoria de cálculo los planos detallados de la instalación.

Con todo lo expuesto, este proyecto cree haber dado una solución correcta a la instalación que se pretende ejecutar, por lo cual espera que sirva a la propiedad para hacer posible la instalación y obtener de los Organismos Competentes de la Administración, la oportuna autorización para la realización de las instalaciones proyectadas.