

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7. Anexo de cálculos de la Instalación Eléctrica.

7.1. Iluminación interior.

7.1.1. Generalidades.

En el presente capítulo se expone el procedimiento de cálculo y los resultados obtenidos en el diseño de la instalación de iluminación interior de la planta.

El diseño de dicha instalación se realiza de conformidad con lo dispuesto en el vigente Código Técnico de la Edificación (CTE) dentro de su Documento Básico de Ahorro de energía (DB_HE) en lo concerniente a la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Iluminación, y Documento Básico de Seguridad de Utilización (DB_SU) en lo referente a la Seguridad Frente al Riesgo Causado por Iluminación Inadecuada.

7.1.2. Valores exigidos en el proyecto.

El punto 1.3 Documentación justificativa de la sección 3 del DB-HE, exige que el proyecto incluya la descripción de una serie de parámetros, que pasamos a detallar según las definiciones de la norma UNE EN 12464 – 1 y la terminología del propio documento básico:

1º) Índice del local K utilizado para el cálculo. Es función de las características geométricas del local y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$K = L \times A / [H \times (L + A)],$$

donde:

L: Longitud del local.

A: Anchura del local.

H: Distancia del plano de trabajo a las luminarias.

2º) Número de puntos considerado en el proyecto. Dependerá del valor calculado para el factor K.

3º) Factor de mantenimiento (F_m) previsto. Con el objeto de controlar la pérdida de flujo de una instalación de iluminación se debe definir este factor, que es la relación entre la iluminancia media horizontal mantenida y la iluminancia inicial.

$$F_m = E_m / E_{inicial};$$

Por lo tanto, el valor máximo que puede alcanzar es 1. Como valores orientativos se pueden adoptar los situados entre los siguientes:

Ambientes normales: 0,8 (zonas comunes de viviendas, oficinas, aulas...)

Ambientes especialmente polvorientos: 0,4

4º) Iluminancia media horizontal mantenida (E_m) obtenida. Valor por debajo del cual no se permite que caiga la iluminancia media en la superficie especificada. La norma UNE EN 12464 – 1 define el valor límite recomendado para cada actividad en condiciones visuales normales.

Aunque el DB-HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” no especifica nada al respecto, la norma UNE citada anteriormente establece que la iluminancia en las áreas circundantes inmediatas (aquellas contenidas en una banda de 0,5 metros que rodea al área de actividad), debe estar relacionada con la correspondiente al área de trabajo y debe proporcionar una

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

distribución de luminancias bien equilibrada en el campo de visión, dado que las grandes variaciones alrededor del área de tarea pueden conducir a tensiones y molestias visuales.

5º) Índice de deslumbramiento unificado (UGR – Unified Glare Rating), alcanzado. Índice según el método de tabulación desarrollado por la CIE (Comisión Internacional de Alumbrado) con el objeto de unificar internacionalmente los límites de deslumbramiento aceptables para cada actividad. En la práctica, el valor de UGR oscila entre 10 y 30, de forma que un valor elevado indica un gran deslumbramiento. El fabricante debe aportar este índice para cada tipo de luminaria.

6º) Índice de rendimiento del color (Ra), de las lámparas seleccionadas. Es el efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. El valor máximo de Ra es 100 y la cifra disminuye al disminuir la calidad de rendimiento de color. Las lámparas con un índice de rendimiento de color menor que 80 no deberían ser usadas en interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante periodos largos. El fabricante debe aportar este índice para cada tipo de luminaria.

7º) Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante del cálculo. Valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada.

El VEEI es función de la potencia total instalada, la superficie iluminada y la iluminancia media horizontal mantenida, según la siguiente relación:

$$VEEI : P \cdot 100 / S \cdot E_m$$

Los valores de VEEI se establecen en el documento básico DB-HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación”, diferenciando dos zonas:

- *Zona de no representación:* son aquellas en las que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se pretende transmitir al usuario con la iluminación queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- *Zona de representación:* son aquellas en las que el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

8º) Potencia de los conjuntos (Lámpara más equipos auxiliares). Valor que puede obtenerse en los catálogos comerciales.

7.1.3. Descripción de la instalación calculada.

La instalación de alumbrado de interior del edificio que albergará las nuevas instalaciones de REPUESTALIA S.L. ha sido calculada haciendo uso de la herramienta informática Cype Ingenieros, dentro de su paquete de instalaciones en la edificación, concretamente en el apartado de instalación de iluminación.

En el proceso de cálculo, de acuerdo a la distribución de la nave, se han distinguido tres zonas o sectores diferenciados de iluminación, cuya denominación dentro del presente documento es la siguiente:

- 7) Zona de Oficinas.
- 8) Zona de vestíbulo, pasillos y vestuarios.
- 9) Zona de taller.

Estas tres zonas a su vez acogen varias estancias cuyos niveles de iluminación alcanzados se justifican en los cálculos expuestos en los apartados posteriores. Los resultados obtenidos, en forma de resumen, son los siguientes:

NIVELES GENERALES DE ILUMINACIÓN			
	Niveles mínimos de Iluminación (lux) Anexo IV. R.D. 486/97	Nivel de Iluminación Recomendado (lux) Norma DIM 5035	Nivel de Iluminación Proyectado (lux)
Oficina Común	100	100-200	175,23
Despacho Dirección	100	100-200	241,07
Aseo Masculino	50	50-100	185,46
Aseo Femenino	50	50-100	185,46
Báter	50	50-100	122,47
Vestuario Masculino	50	50-100	167,2
Vestuario Femenino	50	50-100	152,85
Sala Metrología	100	100-200	256,84
Vestíbulo y Pasillo	50	50-100	106,98
Taller	200 (1)	200-300	103,25 (2)

(1) Se ha establecido un requerimiento de iluminación mínima para el taller de 200 lux al considerar que la visibilidad necesaria es de nivel medio según el anexo IV del R.D. 486/97.

(2) Dada la maquinaria empleada en el proceso productivo establecido, la iluminación necesaria en cada puesto de trabajo es alcanzada gracias a la propia iluminación generada por la máquina. Por tanto, la exigencia en el resto del taller será asimilable a la Sala de Metrología (nivel mínimo de iluminación de 100 lux).

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN (VEEI)		
	VEEI máximo admisible W/m ² DB_HE 3 (CTE)	VEEI instalación W/m ²
Oficina Común	3,50	2,40
Despacho Dirección	3,50	2,40
Aseo Masculino	4,50	4,32
Aseo Femenino	4,50	4,32
Báter	4,50	1,80
Vestuario Masculino	4,50	4,20
Vestuario Femenino	4,50	4,39
Sala Metrología	3,50	3,00
Vestíbulo y Pasillo	10,00	7,70
Taller	5,00	3,50

Por tanto, el estudio y los cálculos realizados se presentan a continuación haciendo distinción entre las zonas mencionadas.

7.1.3.1. Iluminación de la zona de oficinas.

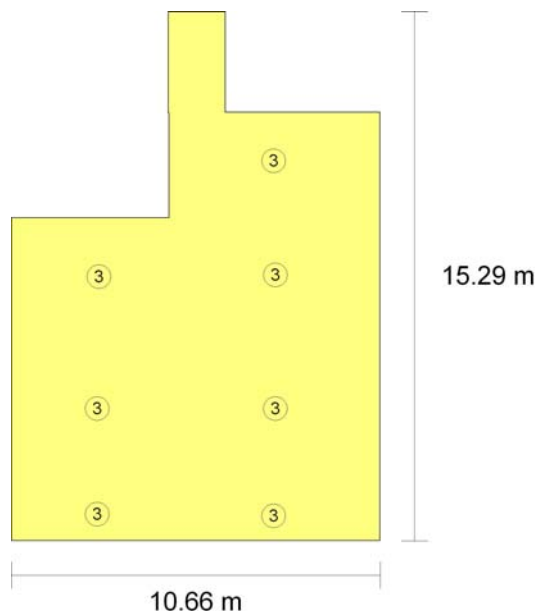
Los distintos valores encontrados en los diferentes departamentos de dicha zona son los siguientes:

7.1.3.1.1. Departamento oficina común.

RECINTO				
Referencia:	Oficinas (Oficinas)			
Superficie:	123.0 m ²	Altura libre:	2.70 m	Volumen: 332.1 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	2.79
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

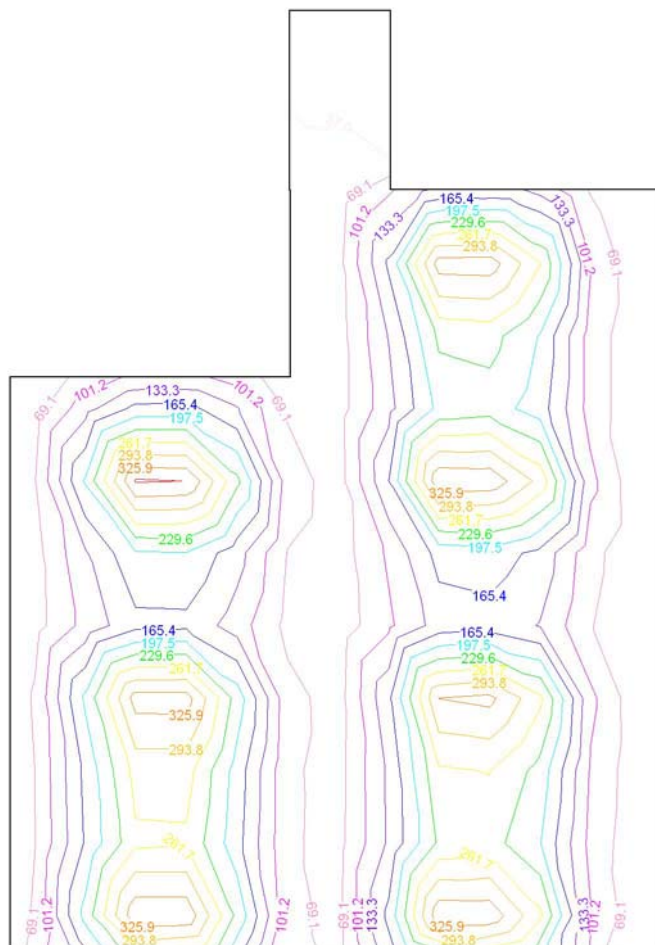
Disposición de las luminarias



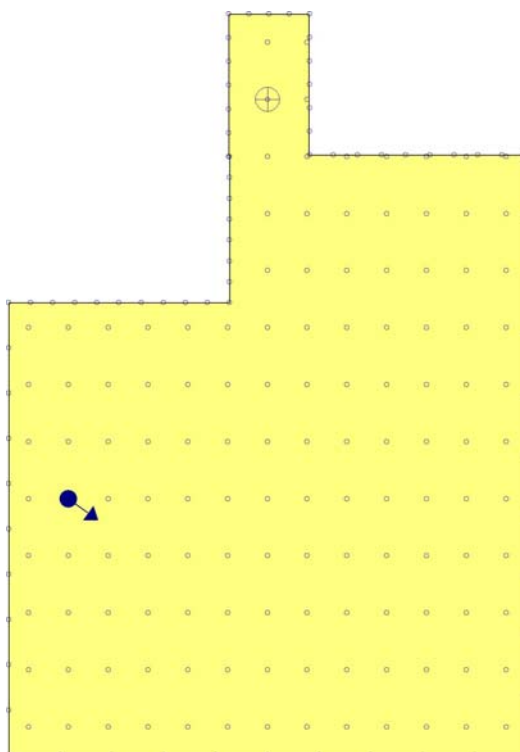
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
3	7	Luminaria de techo, de 597x597x85 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	71	7 x 76.0
					Total = 532.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	36.91 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	175.23 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	17.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.40 W/m²
Factor de uniformidad:	21.06 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (36.91 lux)

☛ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 17.00)

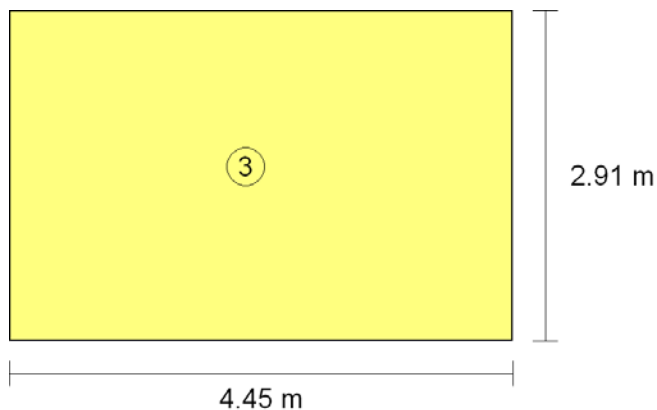
c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 202)

7.1.3.1.2. Despacho de dirección.

RECINTO			
Referencia:	Despacho (Oficinas)		
Superficie:	13.0 m ²	Altura libre:	2.70 m
		Volumen:	35.0 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	1.04
Número mínimo de puntos de cálculo:	9

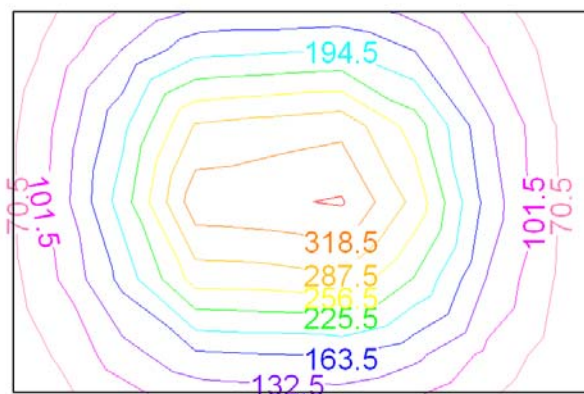
Disposición de las luminarias



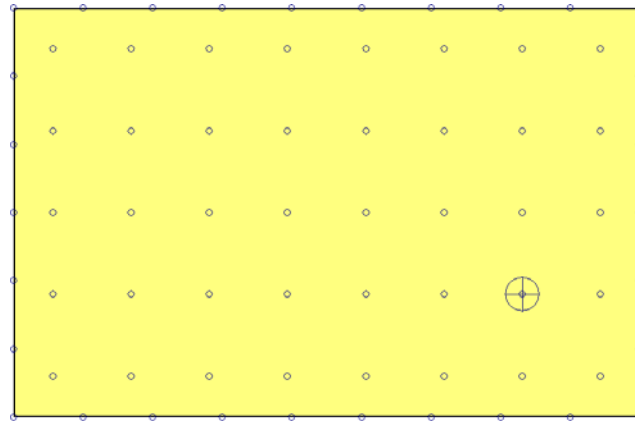
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
3	1	Luminaria de techo, de 597x597x85 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	71	1 x 76.0
					Total = 76.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	130.74 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	241.07 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	0.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.40 W/m ²
Factor de uniformidad:	54.23 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (130.74 lux)

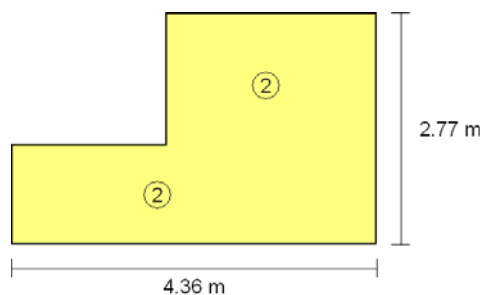
□ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 70)

7.1.3.1.3. Aseos (valores idénticos para masculino y femenino).

RECINTO				
Referencia:	Aseo Masculino (Aseo de planta)			
Superficie:	9.2 m ²	Altura libre:	2.70 m	Volumen: 24.9 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.43
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

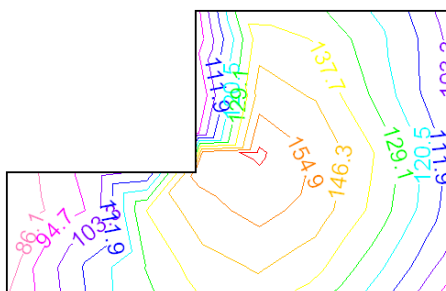
Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
2	2	Luminaria de techo, de 297x297x127 mm, para 2 lámparas fluorescentes TC-L de 18 W, modelo OD-3511 2x18W AF TC-L H-127 "ODEL-LUX"	2400	64	2 x 46.0
					Total = 92.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Illuminancia mínima:	128.69 lux
Illuminancia media horizontal mantenida:	185.46 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	15.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	4.32 W/m ²
Factor de uniformidad:	88.47 %

Valores calculados de iluminancia

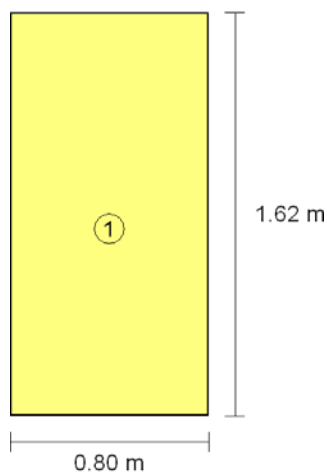


7.1.3.1.4. Báter (2 en aseo masculino y 2 en aseo femenino, todos iguales).

RECINTO				
Referencia:	Bater 1 (Aseo de planta)			
Superficie:	1.3 m ²	Altura libre:	2.70 m	Volumen: 3.5 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.20
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
1	1	Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 LED de 1 W	89	99	1 x 3.0
					Total = 3.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	65.19 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	122.47 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	0.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	1.80 W/m ²
Factor de uniformidad:	53.23 %

Zonas de no representación: Zonas comunes

VEEI máximo admisible: 4.50 W/m²

Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
--------	---------	------------------	--	----------------------------------	---	--	--	-------------------------------------	--

K	n	Fm	P (W)	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra
---	---	----	-------	--------------------------	----------	-----	----

Planta baja	Aseo Masculino (Aseo de planta)	0	63	0.80	92.00	4.32	185.46	15.0	85.0
Planta baja	Aseo Femenino (Aseo de planta)	0	63	0.80	92.00	4.32	185.46	15.0	85.0
Planta baja	Bater 1 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	1.80	122.47	0.0	85.0
Planta baja	Bater 2 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	1.80	122.47	0.0	85.0
Planta baja	Bater 3 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	1.80	122.47	0.0	85.0
Planta baja	Bater 4 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	1.80	122.47	0.0	85.0

7.1.3.1.6. Exigencia Básica SU-4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

El edificio objeto del proyecto se encuentra fuera del ámbito de aplicación de la exigencia básica SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, recogido en los apartados 1 (alumbrado normal) y 2.1 (alumbrado de emergencia) del documento básico DB SU 4. Por tanto, no existe la necesidad de justificar el cumplimiento de esta exigencia en ninguna zona, ni en ningún elemento, del edificio.

7.1.3.2. Zona de vestíbulo, pasillos y vestuarios.

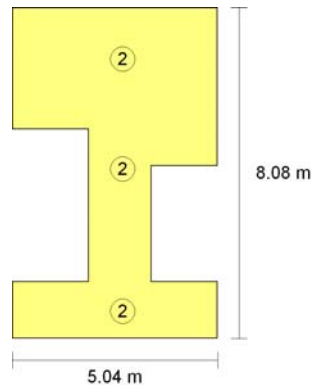
Los distintos valores encontrados en los diferentes departamentos de dicha zona son los siguientes:

7.1.3.2.1. Vestuario masculino.

RECINTO				
Referencia:	Vestuario masculino (Aseo de planta)			
Superficie:	32.5 m ²	Altura libre:	3.00 m	Volumen: 97.5 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.59
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

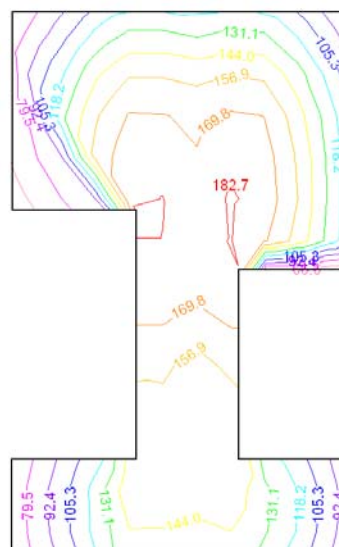
Disposición de las luminarias



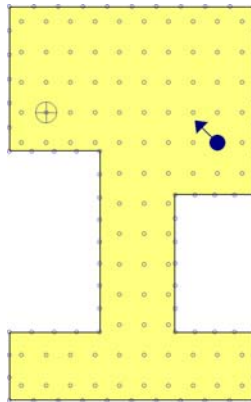
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
2	3	Luminaria de techo, de 597x597x85 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	71	3 x 76.0
					Total = 228.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	92.14 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	167.20 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	4.20 W/m²
Factor de uniformidad:	57.51 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (92.14 lux)

↖ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)

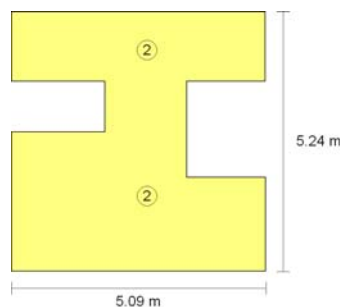
c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 161)

7.1.3.2.2. Vestuario femenino.

RECINTO				
Referencia:	Vestuario femenino (Aseo de planta)			
Superficie:	21.8 m ²	Altura libre:	3.00 m	Volumen: 65.4 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.53
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

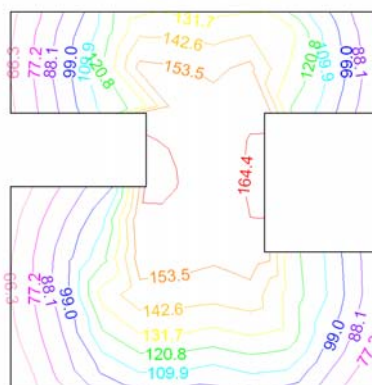
Disposición de las luminarias



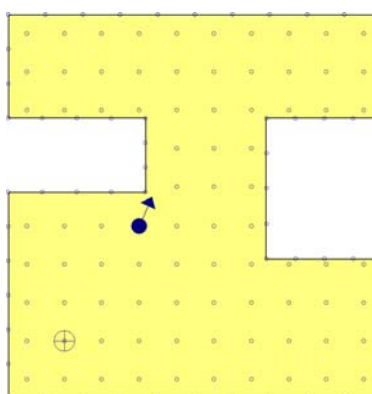
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
2	2	Luminaria de techo, de 597x597x85 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	71	2 x 76.0
					Total = 152.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	89.84 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	152.85 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	4.39 W/m²
Factor de uniformidad:	64.24 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (89.84 lux)

◀● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)

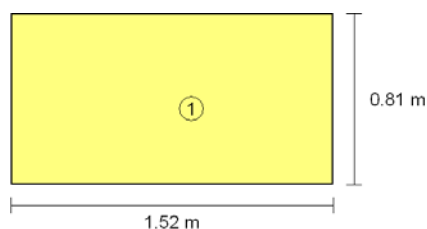
c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 142)

7.1.3.2.3. Báter (3 en vestuario masculino y 2 en vestuario femenino, todos iguales).

RECINTO				
Referencia:	Báter 1 (Aseo de planta)			
Superficie:	1.2 m ²	Altura libre:	3.00 m	Volumen: 3.6 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.18
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

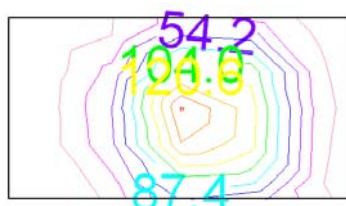
Disposición de las luminarias



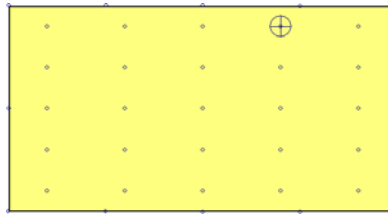
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
1	1	Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 LED de 1 W	89	99	1 x 3.0
					Total = 3.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	64.26 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	113.89 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	0.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.10 W/m ²
Factor de uniformidad:	56.42 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (64.26 lux)

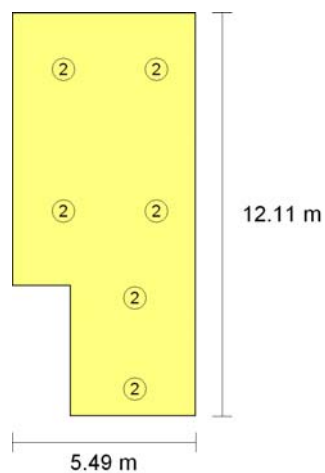
c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 37)

7.1.3.2.4. Sala metrología.

RECINTO				
Referencia:	Sala de metrología (Oficinas)			
Superficie:	59.6 m ²	Altura libre:	3.00 m	Volumen: 178.8 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	1.69
Número mínimo de puntos de cálculo:	9

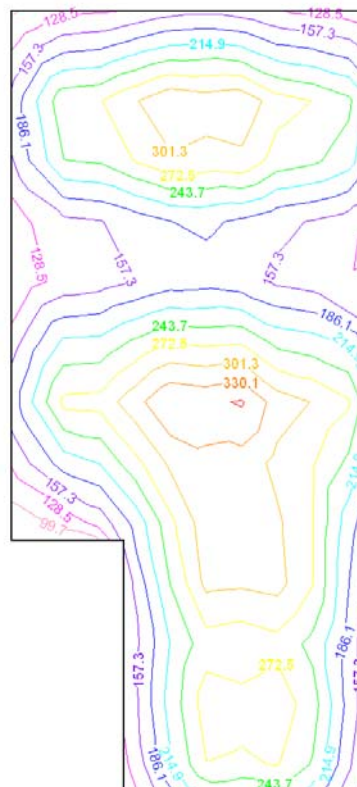
Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
2	6	Luminaria de techo, de 597x597x85 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	71	6 x 76.0
					Total = 456.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	138.55 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	254.84 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	15.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	3.00 W/m ²
Factor de uniformidad:	54.37 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (138.55 lux)

↖ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 15.00)

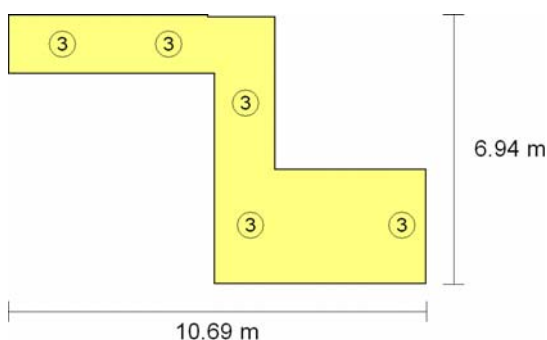
c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 176)

7.1.3.2.5. Vestíbulo y pasillo.

RECINTO			
Referencia:	Vestíbulo-Pasillo (Vestíbulo de entrada)		
Superficie:	30.3 m ²	Altura libre:	3.00 m
		Volumen:	90.9 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.57
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

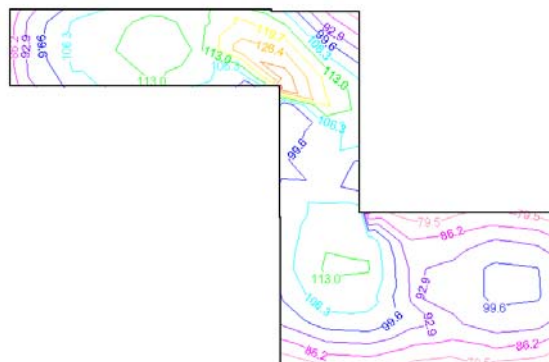
Disposición de las luminarias



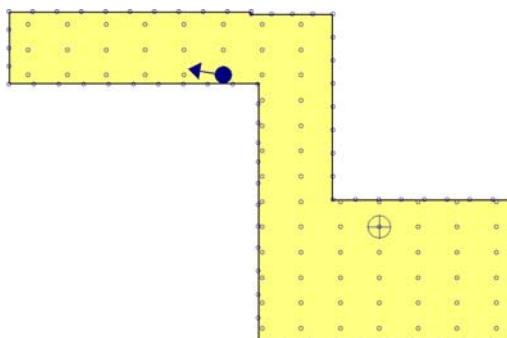
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
3	5	Luminaria de techo Downlight, de 232x232x115 mm, para 2 lámparas fluorescentes TC-D de 18 W	2400	74	5 x 50.6
					Total = 253.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	86.99 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	106.98 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	21.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	7.70 W/m ²
Factor de uniformidad:	81.31 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (86.99 lux)

←● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 21.00)

c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 147)

7.1.3.2.6. Exigencia Básica HE-3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Zonas de no representación: Administrativo en general									
VEEI máximo admisible: 3.50 W/m²									
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta baja	Sala de metrología (Oficinas)	2	176	0.80	456.00	3.00	254.84	15.0	85.0

Zonas de no representación: Zonas comunes									
VEEI máximo admisible: 4.50 W/m²									
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta baja	Vestuario masculino (Aseo de planta)	1	161	0.80	228.00	4.20	167.20	16.0	85.0
Planta baja	Vestuario femenino (Aseo de planta)	1	142	0.80	152.00	4.39	152.85	16.0	85.0
Planta baja	Retrete 1 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	2.10	113.89	0.0	85.0
Planta baja	Retrete 2 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	2.10	114.52	0.0	85.0
Planta baja	Retrete 3 (Aseo de planta)	0	37	0.80	3.00	2.10	113.51	0.0	85.0
Planta baja	Retrete 4 (Aseo de planta)	0	35	0.80	3.00	2.10	115.65	0.0	85.0
Planta baja	Retrete 5 (Aseo de planta)	0	35	0.80	3.00	2.10	116.26	0.0	85.0

Zonas de representación: Zonas comunes									
VEEI máximo admisible: 10.00 W/m²									
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta baja	Vestíbulo-Pasillo (Vestíbulo de entrada)	1	147	0.80	253.00	7.70	106.98	21.0	85.0

7.1.3.2.7. Exigencia Básica SU-4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

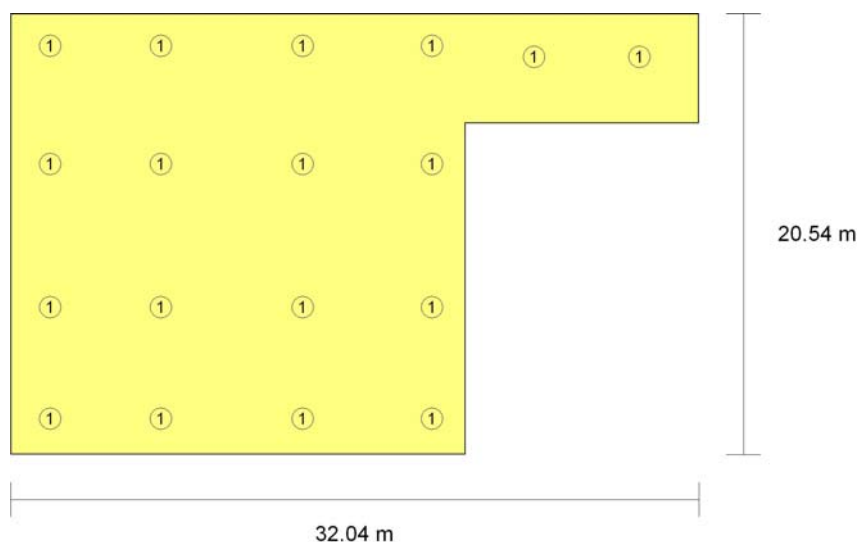
			NORMA	PROYECTO
Zona			Iluminancia mínima [lux]	
Exterior	Exclusiva para personas	Escaleras	10	
		Resto de zonas	5	
	Para vehículos o mixtas		10	
Interior	Exclusiva para personas	Escaleras	75	87
		Resto de zonas	50	87
	Para vehículos o mixtas		50	
Factor de uniformidad media			fu ≥ 40 %	81 %

7.1.3.3. Zona de taller.

RECINTO				
Referencia:	Taller (Cuarto técnico)			
Superficie:	490.9 m ²	Altura libre:	8.00 m	Volumen: 3927.3 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	1.71
Número mínimo de puntos de cálculo:	9

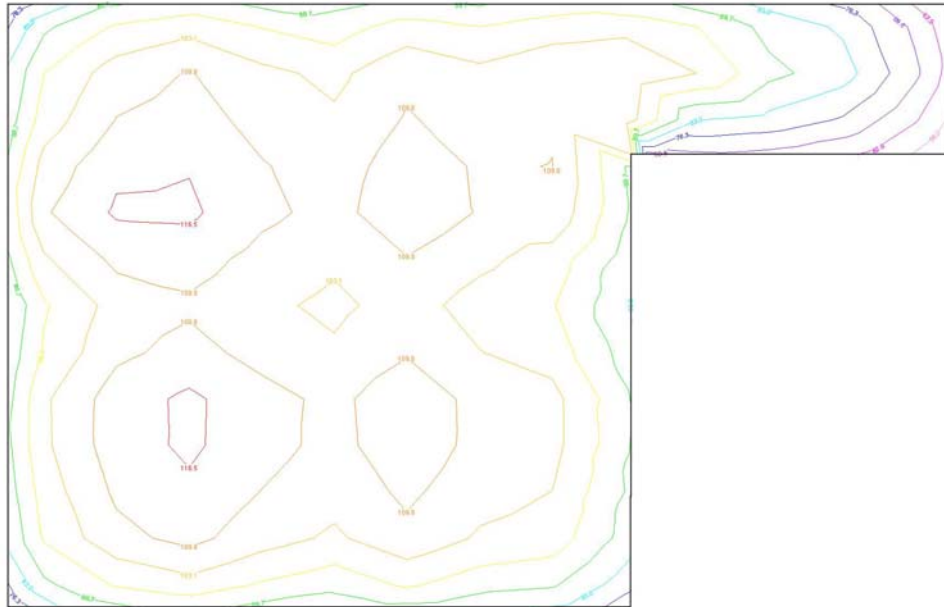
Disposición de las luminarias



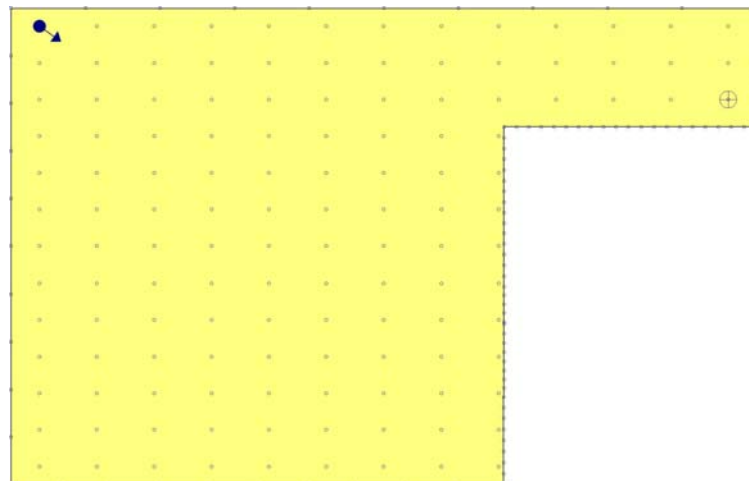
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (%)	Potencia total(W)
1	18	Luminaria suspendida para montaje en línea continua, de 2960x80x40 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 49 W	8600	49	18 x 100.0
					Total = 1800.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	63.70 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	103.25 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	22.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	3.50 W/m ²
Factor de uniformidad:	61.69 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (63.70 lux)

◀● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 22.00)

c Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 225)

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.1.3.3.2. Exigencia Básica HE-3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Zonas de no representación: Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas											
VEEI máximo admisible: 5.00 W/m ²											
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas	Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio de las ventanas del local	Ángulo de sombra
		K	n	Fm	P (W)	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra	T	(°)
Planta baja	Taller (Cuarto técnico)	2	225	0.80	1800.00	3.50	103.25	22.0	85.0	0.01	180.0

7.1.3.3.3. Exigencia Básica SU-4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

El edificio objeto del proyecto se encuentra fuera del ámbito de aplicación de la exigencia básica SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, recogido en los apartados 1 (alumbrado normal) y 2.1 (alumbrado de emergencia) del documento básico DB SU 4. Por tanto, no existe la necesidad de justificar el cumplimiento de esta exigencia en ninguna zona, ni en ningún elemento del edificio.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.2. Alumbrado de emergencia.

7.2.1. Generalidades.

La instalación de alumbrado de emergencia se diseñará en consecuencia a las directrices que marca el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales, además de hacer uso de las indicaciones expuestas en el Código Técnico de la Edificación (CTE) dentro de su Documento Básico de Seguridad de Uso (DB_SU) para las zonas de la nave que se amolden al perfil del ámbito de aplicación del citado documento, como puedan ser pasillos, oficinas, etc.

7.2.2. Requisitos de la instalación de alumbrado de emergencia.

A la hora de diseñar la instalación se han tenido en cuenta, con un énfasis especial, los siguientes requisitos en lo que a nivel de iluminación se refiere:

- Proporcionará una iluminancia de 1 lux como mínimo, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, en los recorridos de evacuación.
- La iluminancia será como mínimo de 5 lux en los puntos donde estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual, y en los cuadros de distribución del alumbrado.
- La uniformidad de la iluminación en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente de la iluminancia máxima y la mínima será menor que 40.
- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes, techos y suelos, y teniendo en cuenta un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias, y al envejecimiento de las lámparas. El factor escogido ha sido 0.8, que es un valor estándar para este tipo de luminarias.

7.2.3. Cálculo del alumbrado de emergencia.

El cálculo de la instalación de alumbrado de emergencia del edificio que albergará las nuevas instalaciones de REPUESTALIA S.L. ha sido realizado mediante la herramienta informática Cype Ingenieros, dentro de su paquete de instalaciones en la edificación, , concretamente en el apartado de instalación de iluminación.

En el proceso de cálculo, de acuerdo a la distribución de la nave, se han distinguido tres zonas o sectores diferenciados de iluminación, cuya denominación dentro del presente documento es la siguiente:

- 10) Zona de Oficinas.
- 11) Zona de vestíbulo, pasillos y vestuarios.
- 12) Zona de taller.

Por tanto, el estudio y los cálculos realizados se presentan a continuación haciendo distinción entre las zonas mencionadas.

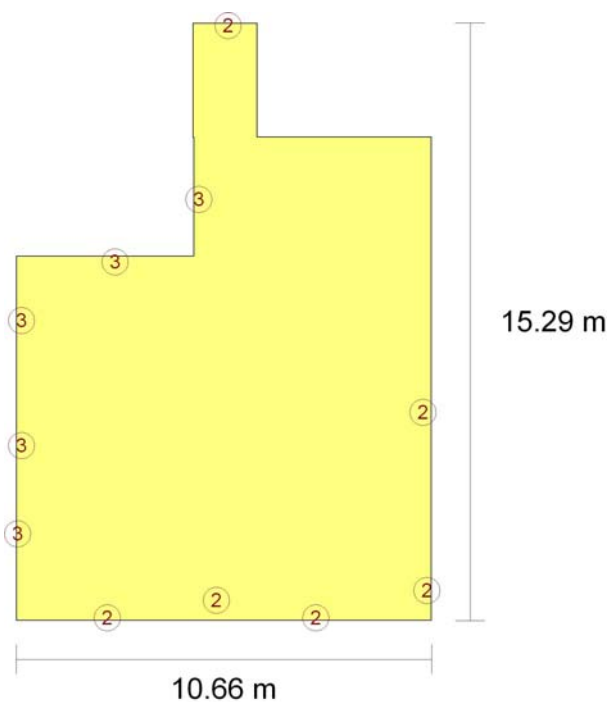
7.2.3.1 Iluminación de la zona de oficinas.

Los distintos valores encontrados en los diferentes departamentos de dicha zona son los siguientes:

7.2.3.1.1. Departamento oficina común.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias



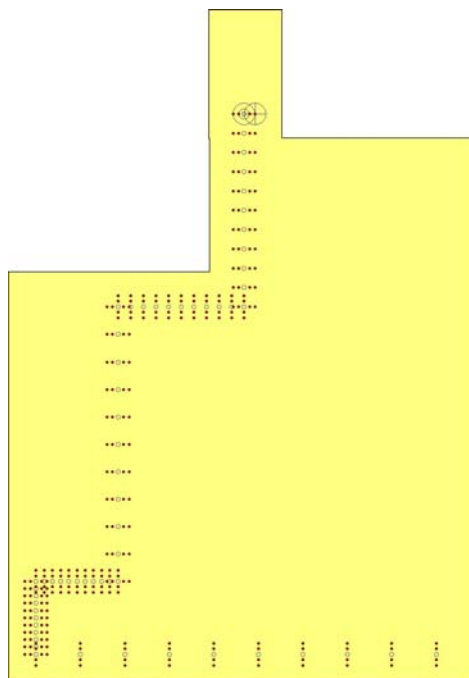
Nº	Cantidad	Descripción
2	6	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes
3	5	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 310 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	5.93 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	5.59 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	4.07
Altura sobre el nivel del suelo:	2.19 m

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

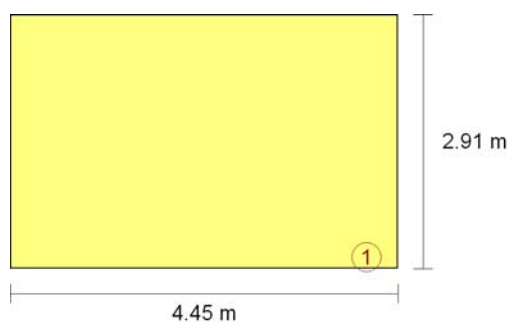


- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (5.93 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (5.59 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 65)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 260)

7.2.3.1.2. Despacho de dirección.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 45 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Altura sobre el nivel del suelo:	2.19 m

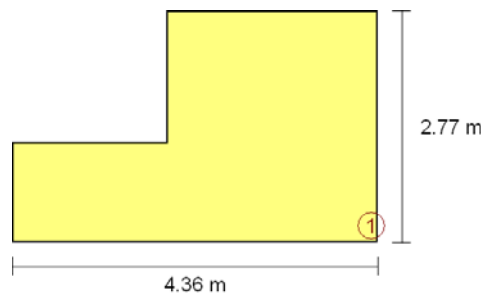
Valores calculados de iluminancia



7.2.3.1.3. Aseos (valores idénticos para masculino y femenino).

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

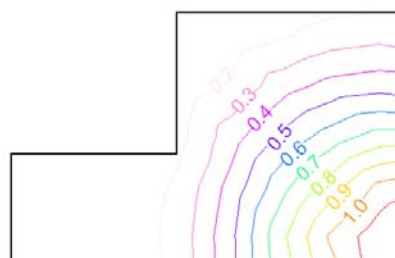
Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 45 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Altura sobre el nivel del suelo:	2.19 m

Valores calculados de iluminancia



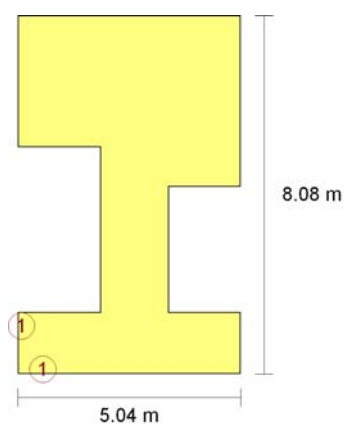
7.2.3.2. Zona de vestíbulo, pasillos y vestuarios.

Los distintos valores encontrados en los diferentes departamentos de dicha zona son los siguientes:

7.2.3.2.1. Vestuario masculino.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

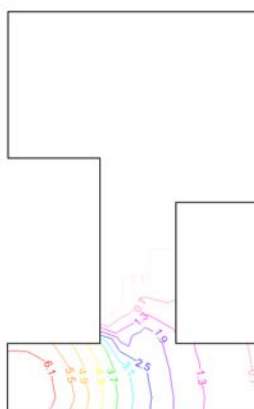
Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	2	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Altura sobre el nivel del suelo:	2.99 m

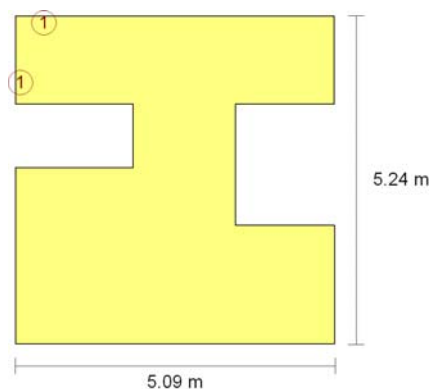
Valores calculados de iluminancia



7.2.3.2.2. Vestuario femenino.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

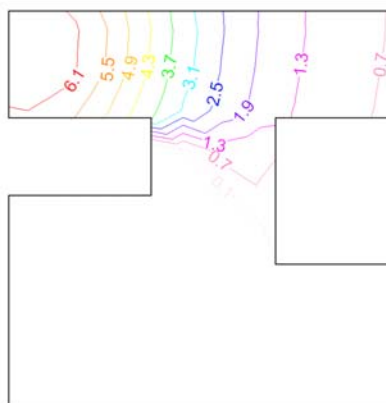
Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	2	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Illuminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Illuminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	100.00
Altura sobre el nivel del suelo:	2.99 m

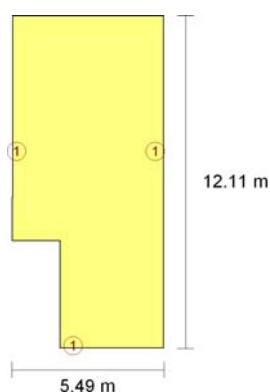
Valores calculados de iluminancia



7.2.3.2.3. Sala metrología.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

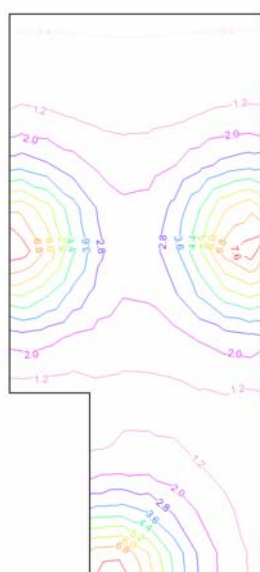
Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	3	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Altura sobre el nivel del suelo:	2.99 m

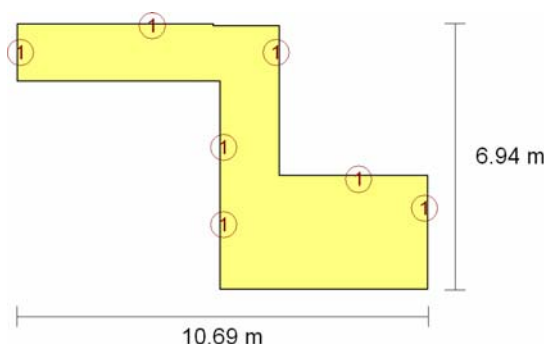
Valores calculados de iluminancia



7.2.3.2.4. Vestíbulo y pasillo.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

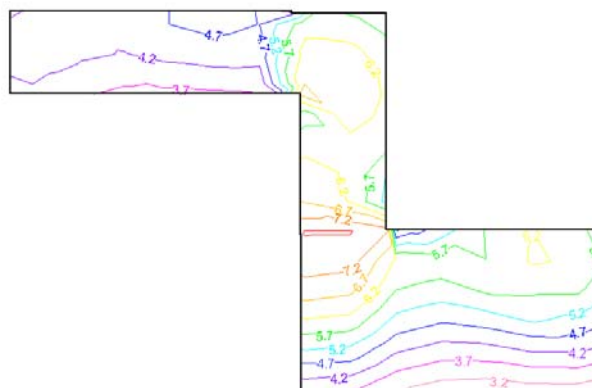
Disposición de las luminarias



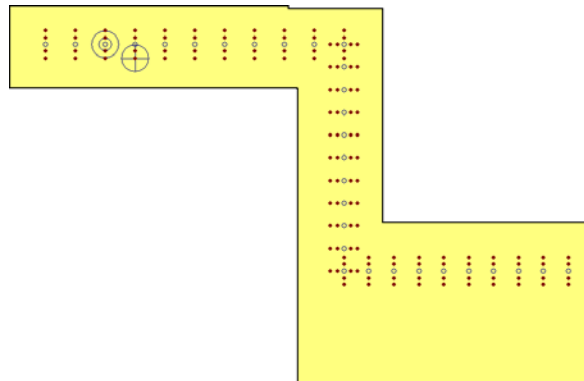
Nº	Cantidad	Descripción
1	7	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	4.22 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	4.09 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	1.84
Altura sobre el nivel del suelo:	2.99 m

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

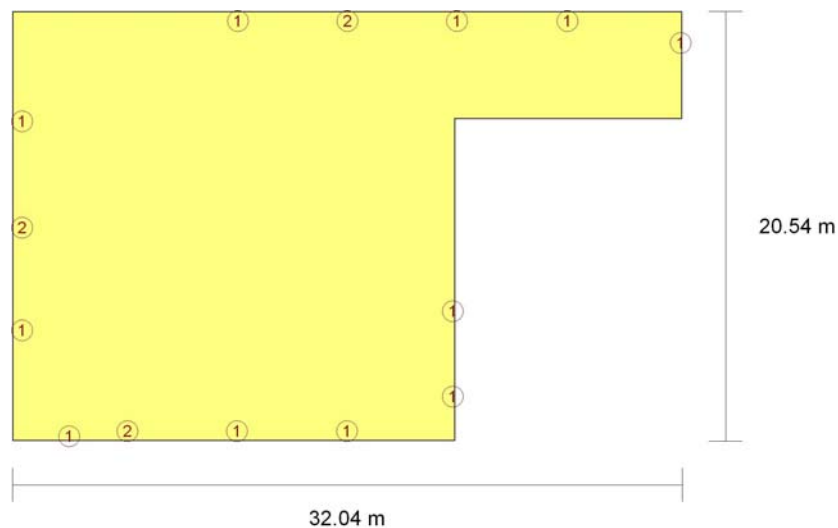


- ☉ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (4.22 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (4.09 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 33)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 132)

7.2.3.3. Zona de Taller.

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias



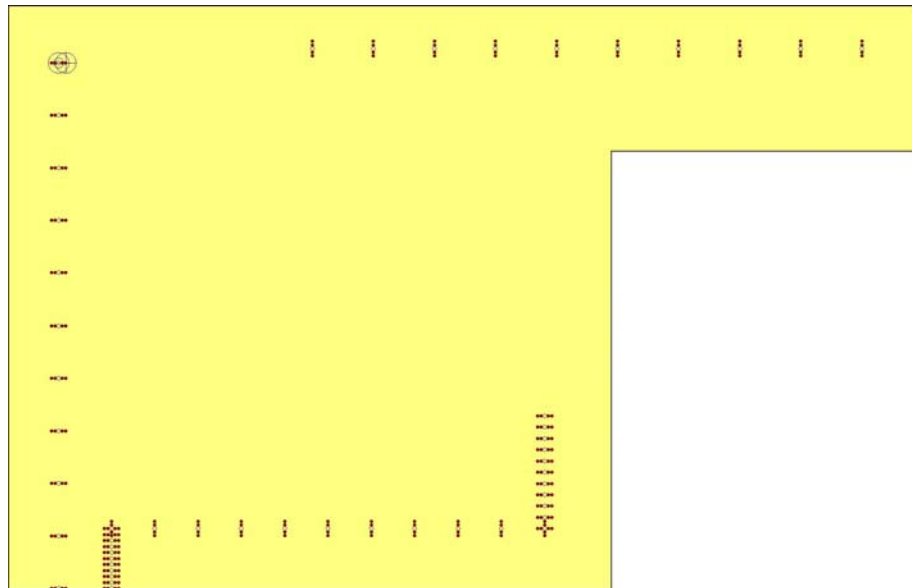
Nº	Cantidad	Descripción
1	11	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 420 lúmenes
2	3	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 240 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	1.49 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	1.47 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	3.33
Altura sobre el nivel del suelo:	4.70 m

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.49 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.47 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 54)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 216)

7.3. Iluminación exterior.

7.3.1. Metodología de cálculo.

La principal función de nuestra instalación de alumbrado exterior es la de proporcionar una iluminación suficiente que permita la visualización de obstáculos, la circulación de vehículos y peatones y ayude en tareas de vigilancia dentro del perímetro que rodea a la parcela. En este sentido, a la hora de aplicar una metodología de cálculo determinada, asimilaremos nuestra instalación por la de un alumbrado de vial público, generando así la posibilidad de aplicar el **Método de los Lúmenes** para la realización de los cálculos correspondientes.

La finalidad del método de los lúmenes es calcular la distancia de separación adecuada entre dos luminarias consecutivas que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que, aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos. En nuestro caso particular, al tratarse de una instalación relativamente poco exigente, daremos por correctos los resultados ofrecidos por este método.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:



a) Datos de entrada

- *Nivel de iluminancia media* (E_m). Este valor depende de varias características como puedan ser la clase de pavimento, clase de vía, intensidad del tráfico, etc. Como valores orientativos podemos usar:

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m ²)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

- *Tipo de lámpara* (vapor de mercurio, sodio...) y *la altura de montaje*. La idea es tomar los valores necesarios sin exceder el flujo máximo recomendado en cada intervalo.

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi_L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_L < 40000$	$10 \leq H < 12$
≥ 40000	≥ 12

- *Disposición de luminarias. La tabla siguiente nos proporciona la distribución más adecuada según la relación entre la anchura de la calzada y la altura de las luminarias.*

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	> 1.5

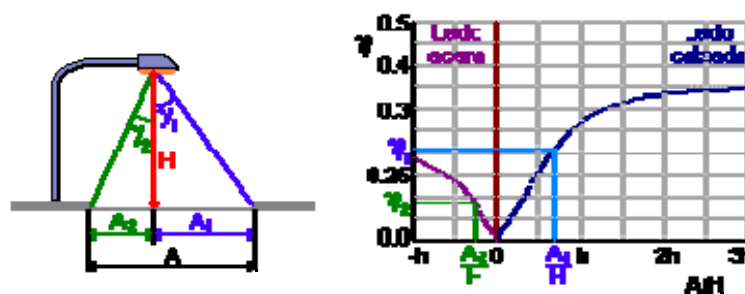
- *Factor de mantenimiento (f_m). Formalmente hay que elegirlo dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento...). Dado que, normalmente esto es difícil de evaluar, se recomienda tomar un valor no superior a 0.8 (habitualmente 0.7).*

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

- *Factor de utilización (η). Es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil (el que llega a la calzada) y el emitido por la lámpara.*

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_{\text{L}}}$$

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Estas curvas podemos encontrarlas en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos γ_1 y γ_2 en el lado calzada y acera respectivamente. Véase como muestra el ejemplo siguiente:



De los gráficos se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas.

$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

Por tanto, para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada, aunque en otros casos la cosa puede ser diferente.

En nuestro caso particular, al tratarse de una asimilación, tomaremos un valor usual para este parámetro como pueda ser $\eta=0.25$.

b) Cálculo de la separación entre luminarias.

Una vez fijados los datos de entrada, podemos proceder al cálculo de la separación (d) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media.

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

donde:

- E_m es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.
- η es el factor de utilización de la instalación.
- f_m es el factor de mantenimiento.
- Φ_L es el flujo luminoso de la lámpara.
- A es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral es la mitad ($A/2$) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.
- d es la separación entre las luminarias (incógnita del problema).

c) Comprobación

Finalmente, tras las fases anteriores, sólo queda comprobar si el resultado está dentro de los límites. Si es así habremos acabado y si no variaremos los datos de entrada y volveremos a empezar. Si la divergencia es grande es recomendable cambiar el flujo de la lámpara.

A modo orientativo podemos usar la siguiente tabla que da la relación entre la separación y la altura para algunos valores de la iluminancia media.

E_m (lux)	separación / altura
$2 \leq E_m < 7$	$5 \geq d/h > 4$
$7 \leq E_m < 15$	$4 \geq d/h > 3.5$
$15 \leq E_m \leq 30$	$3.5 \geq d/h > 2$

7.3.2. Cálculo alumbrado exterior.

a) Datos de entrada.

Se ha optado por instalar luminarias abiertas con lámparas de vapor de sodio a alta presión de 250 W y flujo luminoso de 15000 lm.

Siguiendo con la metodología de asimilar nuestra instalación a una de alumbrado de viales, dividiremos la parte de parcela a iluminar en tres zonas que equipararemos a sendas carreteras, todas ellas con una acera de 0.8 m y calzadas de las siguientes dimensiones:

Zona	Acera (m)	Calzada	
		Ancho (m)	Largo (m)
Zona 1	0,8	12	25
Zona 2	0,8	3	50
Zona 3	0,8	4,5	25

- *Altura de montaje.* Según la tabla que nos da la relación entre el flujo luminoso de la lámpara y la altura de la luminaria, para un flujo de 15000 corresponde una altura entre 8 y 10 metros. Ahora bien, debido a las dimensiones de nuestra nave, y al tratarse de una aproximación nos tomaremos la licencia de aceptar $h=7$ m.
- *Disposición de las luminarias.* Para conocer la disposición debemos calcular primero el valor de la relación entre el ancho de la calzada y la altura de las luminarias en cada una de las zonas. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Zona	Ancho Calzada (m)	Altura luminaria (m)	a/h	Distribución Luminaria
Zona 1	12	7	1,71	Pareada
Zona 2	3	7	0,43	Unilateral
Zona 3	4,5	7	0,64	Unilateral

Del mismo modo que en el caso anterior, al tratarse de una aproximación, tomaremos para la zona 1 una distribución unilateral a pesar de los resultados obtenidos.

- *Iluminancia media.* De acuerdo a nuestras necesidades de iluminación, podemos asemejar nuestra instalación por la de una calle de tráfico escaso en una zona rural. De esta forma, es lógico pensar que las necesidades luminosas serán mínimas y nuestra instalación se encontrará englobada dentro del grupo de vías del tipo E. Por tanto, le corresponderá una iluminancia media de 25 lx.
- *Factor de mantenimiento.* Para conocer el valor del factor de mantenimiento sabemos que se instalará una luminaria de tipo abierto. Nos queda por decidir el grado de suciedad del entorno. Como, por lo general, una calle de una zona rural tiene poco tráfico podemos pensar que la instalación no se ensuciará demasiado pero también podemos suponer que las lámparas no se limpiarán con mucha frecuencia. Por tanto y adoptando una posición conservadora le asignaremos el valor de una luminaria abierta en un ambiente medio. Así pues, le asignaremos un valor de 0,68.

- *Factor de utilización.* De acuerdo con lo expuesto anteriormente, nuestro factor de utilización será 0.25 en las tres zonas valoradas.

b) Cálculo de la distancia de separación entre las luminarias

Finalmente sólo queda calcular el valor de d despejando de la fórmula del nivel de iluminancia medio:

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

de donde se tiene que:

$$d = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot E_m}$$

	<i>Zona 1</i>	<i>Zona 2</i>	<i>Zona 3</i>
<i>d (m)</i>	7,85	20,4	20,4
<i>Nº luminarias</i>	3	2	1

c) Comprobación de resultados

A continuación mostramos una tabla con los resultados obtenidos en la comprobación de los valores resultantes en los cálculos anteriores:

<i>E_m=25 lux → 3,5 ≥ d/h > 2</i>				
<i>Zona</i>	<i>d (m)</i>	<i>h (m)</i>	<i>d/h</i>	<i>Cumple</i>
<i>Zona 1</i>	7,85	7	1,12	NO
<i>Zona 2</i>	20,40	7	2,91	SI
<i>Zona 3</i>	20,40	7	2,91	SI

Como puede observarse, y como era lógico pensar, el criterio no se cumple para la zona 1 ya que hemos obviado una serie de datos importantes a lo largo del proceso de cálculo. No obstante, daremos el resultado como bueno, ya que la configuración obtenida se asemeja bastante a la que podríamos esperar en un principio por simple intuición, y, por tanto, todo el proceso de cálculo realizado no es más que un soporte que le da solidez a la solución adoptada.

De este modo, la interpretación de los resultados obtenidos nos lleva a una instalación de alumbrado exterior conformada por 6 lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W. Dichas lámparas irán situadas 3 en la parte frontal de la nave (zona de entrada y aparcamientos) que adoptarán una configuración equidistante colocándolas una en cada extremo y la otra en el medio, 2 en el lateral izquierdo adoptando también una distribución equidistante y separadas una distancia de 20,5 m, y, por último, en la zona posterior situaremos 1 sola luminaria localizada en el centro del cerramiento ubicado en dicha zona.

7.4. Líneas de distribución.

7.4.1. Proceso de cálculo de las líneas.

Para calcular la sección de los distintos conductores se establecerán los criterios de cálculo regidos por la normativa vigente en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En este sentido debemos remarcar que, de forma general, se tendrán en cuenta las siguientes especificaciones en el desarrollo de los cálculos:

- La temperatura ambiente en ningún caso superará los 40° centígrados, luego, situándonos del lado de la seguridad, no se aplicarán correcciones por temperatura.
- Las instalaciones aéreas irán sobre bandeja perforada de dimensiones suficientes que permitan una separación entre conductores de varios diámetros en cualquier tramo, con lo que no será necesaria la aplicación de factores correctores por agrupación.
- Todas las líneas instaladas irán bajo tubo, por lo que se aplicará un factor de corrección $F_t = 0,8$ para el cálculo de la intensidad de diseño.
- Las longitudes correspondientes a cada línea, se han medido teniendo en cuenta de manera aproximada tanto el ascenso a una altura determinada para su distribución, como un descenso hasta los dispositivos receptores.
- Las fórmulas indicadas para tales fines son las siguientes:

<i>Criterio</i>	<i>Líneas monofásicas</i>	<i>Líneas trifásicas</i>
<i>Intensidad</i>	$I = \frac{P}{V_{F-N} \cdot \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{F-F} \cdot \cos \varphi}$
<i>Caída de Tensión</i>	$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot V_{F-N}}$	$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi$

Siendo:

- I = Intensidad de la línea en amperios.
- P = Potencia de cálculo en vatios.
- V = Tensión en voltios.
- $\cos \varphi$ = Factor de potencia (0,85).
- L = Longitud de la línea en metros.
- C = Conductividad (56 para el Cobre).
- S = Sección de los conductores en mm².
- e = Caída de tensión desde el principio al final de la línea en voltios.

Una vez calculada la potencia consumida para un circuito determinado, podemos obtener la intensidad de diseño a través de las ecuaciones (1) o (2). A partir de la intensidad de diseño, tal como se señala en la ITC-BT 19, entramos en la correspondiente tabla (dependiendo de las condiciones de la instalación) y elegimos la intensidad de valor inmediatamente superior a la de diseño (intensidad máxima admisible) que cumpla con las características del circuito valorado, y, a partir de ahí, se toma la sección del conductor que indique la tabla para la intensidad máxima admisible manejada.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.2. Cálculo de las líneas de alumbrado.

Los circuitos de alimentación de alumbrado deben estar dimensionados para transportar y soportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicos. Por esta razón, la instrucción ITC-BT 44 prevé que la carga mínima necesaria en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual indica que la diferencia entre la tensión en origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 3%. En el caso de una instalación de alumbrado, al tratarse de un circuito monofásico con una tensión entre neutro y fase de 230 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{admisible} = 230 \cdot 3\% = 6.9 \text{ V}$$

7.4.2.1. Línea A-1. Circuito de alumbrado zona 1 de producción.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 400 \text{ W} \cdot 6 = 4.320 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{diseño} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{4.320}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 29,35 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{diseño}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 41,42 \cdot 4320}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 5,91 \text{ V} < 6.9 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.2.2. Línea A-2. Circuito de alumbrado zona 2 de producción.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 400 \text{ W} \cdot 6 = 4.320 \text{ W}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_C}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{4.320}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 29,35 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 49,78 \cdot 4.320}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 6.71 \text{ V} < 6.9 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.2.3. Línea A-3.Circuito de alumbrado exterior.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 250 \text{ W} \cdot 6 = 2.700 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_C}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{2.700}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 18,34 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 61,09 \cdot 2.700}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 6,40 \text{ V} < 6.9 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.2.4. Líneas A-4. Circuitos de alumbrado escalera-oficinas.

- Potencia consumida línea A-4:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \times 36 \text{ W} \cdot 3 + 4 \times 36 \cdot 12) = 3.499 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{3.499}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,77 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

Este resultado describe las características a exigir a la línea que parte del cuadro eléctrico y transporta y distribuye el total de la energía eléctrica demandada. Dicha línea derivará en sendos circuitos, uno para la zona de oficinas compuesto de una línea de las mismas características que la de alimentación, y otro para la escalera constituido por un cable de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm en el caso de acoger conductores de 4 mm^2 de sección, y de 16 mm en el caso de contener conductores de sección $1,5 \text{ mm}^2$.

<i>Circuito A-4</i>	<i>Pot. Demandada (W)</i>	<i>I_{diseño} (A)</i>	<i>Sección conductor (mm²)</i>	<i>Diámetro tubo (mm)</i>
<i>Esc-Ofic</i>	3.499	23,77	4	20
<i>Escalera</i>	389,00	2,64	1,5	16
<i>Oficinas</i>	3.110,00	21,13	4	20

- Caída de tensión:

$$\left. \begin{aligned} e_{\text{oficinas}} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{oficinas}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 33,75 \cdot 3110}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 4,08 \text{ V} \\ e_{\text{escalera}} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{escalera}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 13,04 \cdot 130}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,18 \text{ V} \end{aligned} \right\} e_{\text{total}} = e_{\text{oficinas}} + e_{\text{escalera}} = 4,26 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

7.4.2.5. Líneas A-5. Circuito de alumbrado para aseos:

- Potencia consumida línea A-5:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \cdot 60 \text{ W} \cdot 4) = 864 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{864}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 5,87 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

Este resultado describe las características a exigir a la línea que parte del cuadro eléctrico y transporta y distribuye el total de la energía eléctrica demandada. Dicha línea derivará en sendos circuitos, uno para el aseo masculino y otro para el femenino compuesto de sendas líneas de las mismas características que la de alimentación $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm en todos los casos.

Circuito A-5	Pot. Demandada (W)	$I_{\text{diseño}}$ (A)	Sección conductor (mm^2)	Diámetro tubo (mm)
Aseos	864	5,87	1,5	16
Aseo masc	432	2,35	1,5	16
Aseo fem	432	2,35	1,5	16

- Caída de tensión:

$$\left. \begin{aligned} e_{aseo_masc} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{aseo_masc}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 17,34 \cdot 345,6}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,62 \text{ V} \\ e_{aseo_fem} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{aseo_fem}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 14,78 \cdot 345,6}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,53 \text{ V} \end{aligned} \right\} e_{total} = e_{aseo_masc} + e_{aseo_fem} = 1,15 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

7.4.2.6. Línea A-6. Circuito de alumbrado sala de metrología y almacén.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \times 36 \text{ W} \cdot 4 + 4 \times 36 \text{ W} \cdot 10) = 3.110 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{diseño} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{3.110}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 21,12 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{diseño}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

Este resultado describe las características a exigir a la línea que parte del cuadro eléctrico y transporta y distribuye el total de la energía eléctrica demandada. Dicha línea derivará en sendos circuitos, uno para la sala de metrología compuesto de una línea de las mismas características que la de alimentación, y otro para el almacén constituido por un cable de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm en el caso de acoger conductores de 4 mm² de sección, y de 16 mm en el caso de contener conductores de sección 1,5 mm².

Circuito A-6	Pot. Demandada (W)	$I_{diseño}$ (A)	Sección conductor (mm²)	Diámetro tubo (mm)
Alimentación	3.110,00	21,13	4	20
Sala metr.	2.592,00	17,61	4	16
Almacén	518,40	3,52	1,5	20

- Caída de tensión:

$$\left. \begin{aligned} e_{sala} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{sala}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 28,21 \cdot 2.592}{56 \cdot 4 \cdot 230} = 2.84 \text{ V} \\ e_{almacén} &= \frac{2 \cdot L \cdot P_{almacén}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 8,45 \cdot 518,4}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0.45 \text{ V} \end{aligned} \right\} e_{total} = e_{sala} + e_{almacén} = 3.29 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

7.4.2.7. Línea A-7. Circuito de alumbrado vestuario masculino.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \times 36 \text{ W} \cdot 2 + 60 \text{ W} \cdot 9) = 1.231 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{diseño} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{1.231}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 8.36 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{diseño}$ y según la ITC-BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{vest_masc} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{vest_masc}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 22,65 \cdot 1231}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 2.88 \text{ V} < 6.9 \text{ V}$$

7.4.2.8. Línea A-8. Circuito de alumbrado vestuario femenino.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \times 36 \text{ W} + 60 \text{ W} \cdot 5) = 669.6 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{diseño} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{669.6}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 4.55 \text{ A}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{\text{vest_femen}} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{vest_femen}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 19,95 \cdot 669,6}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 1,38 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

7.4.2.9. Línea A-9. Circuito de alumbrado vestíbulo-pasillo.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot (2 \times 36 \text{ W} \cdot 5) = 360 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{360}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 2,45 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{\text{vestíbulo-pasillo}} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{vestíbulo-pasillo}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 21,19 \cdot 360}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,79 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.2.10. Línea A-10. Circuito de alumbrado de emergencia.

El circuito de alumbrado de emergencia se divide en tres zonas como se deduce del informe sobre el estudio referido a dicha instalación expuesto en el punto 2 de este documento. Siguiendo con la sectorización mencionada, se tienen los siguientes resultados:

a) Zona de oficinas.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 6 \text{ W} \cdot 14 = 151,2 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{151,2}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 1,03 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{\text{vestíbulo-pasillo}} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{emergencia}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 29,75 \cdot 151,2}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,47 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

b) Zona de Vestuarios, vestíbulo y pasillos.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 6 \text{ W} \cdot 14 = 151,2 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{151,2}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 1,03 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{\text{vestíbulo-pasillo}} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{emergencia}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 41,72 \cdot 151,2}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 0,65 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

c) Zona de Taller.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,8 \cdot 8 \text{ W} \cdot 14 = 201,6 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{201,6}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 1,37 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

- Caída de tensión:

$$e_{\text{vestíbulo-pasillo}} = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{emergencia}}}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot 51,36 \cdot 201,6}{56 \cdot 1,5 \cdot 230} = 1,07 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

7.4.3. Cálculo de las líneas de tomas de corriente 16 A.

En el caso de instalaciones de tomas de corrientes, según el REBT en su instrucción técnica complementaria ITC-25, deben de tenerse en cuenta a la hora de su diseño, con carácter general, las siguientes especificaciones:

- El número máximo de tomas por circuito será de 6 para la zona de taller y de 20 para el resto.
- La potencia prevista por toma será de 3.450 W.
- El factor de simultaneidad F_s valdrá 0.5 para las zonas de oficinas, 0,4 para la zona de taller y 0,2 para el resto.
- El factor de utilización F_u valdrá 0,5 para la zona taller y 0,25 para el resto.
- La intensidad de diseño I_D vendrá dada por la expresión:

$$I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u$$

siendo

- n el número de tomas.
- $I_{prevista}$ la intensidad obtenida a partir de la potencia prevista.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual indica que la diferencia entre la tensión en el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5%. En el caso de una instalación de tomas de corriente, al tratarse de un circuito monofásico con una tensión entre neutro y fase de 230 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{admisible} = 230 \cdot 5\% = 11,5 \text{ V}$$

7.4.3.1. Línea TC-1. Circuito tomas de corriente taller 1.

- Intensidad de diseño ($n=6$ tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 28,13 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L=41,8$ m).

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_D}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{2 \cdot 41,8 \cdot 28,13}{56 \cdot 4} \cdot 0,8 = 8,4 \text{ V} < 11,5 \text{ V}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.3.2. Línea TC-2. Circuito tomas de corriente taller 2.

- Intensidad de diseño (n=4 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 18,75 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según de la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2,5 \text{ mm}^2 + TT \times 2,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión (L=21 m).

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_D}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{2 \cdot 21 \cdot 15}{56 \cdot 2,5} \cdot 0,8 = 3,60 \text{ V} < 11,5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

7.4.3.3. Línea TC-3. Circuito tomas de corriente en oficinas 1.

- Intensidad de diseño (n=8 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 23,44 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

Este resultado describe las características a exigir a la línea que parte del cuadro eléctrico y transporta y distribuye el total de la energía eléctrica demandada. A partir de ésta, una vez alimentadas las cuatro primeras tomas, se derivará una línea utilizando para ello un cable bipolar de $2 \times 2,5 \text{ mm}^2 + TT \times 2,5 \text{ mm}^2$, que alimentará las otras cuatro tomas.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión ($L_{TC(1-4)}=8 \text{ m}$, $L_{TC(5-8)}=20.5 \text{ m}$).

$$e_{TC(1-4)} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC(1-4)}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 8 \cdot 11.72}{56 \cdot 4} \cdot 0.8 = 0.67 \text{ V}$$

$$e_{TC(5-8)} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC(5-8)}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 20.5 \cdot 11.72}{56 \cdot 2.5} \cdot 0.8 = 3.43 \text{ V}$$

$$e_{total} = e_{TC(1-4)} + e_{TC(5-8)} = 0.67 + 3.43 = 4.1 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm en el caso de acoger conductores de 4 mm² de sección, y de 16 mm en caso de proteger conductores de 2,5 mm².

7.4.3.4. Línea TC-4. Circuito tomas de corriente en oficinas 2.

- Intensidad de diseño (n=8 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{3.450}{0.8 \cdot 230 \cdot 0.8} = 23.44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 23.44 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

Este resultado describe las características a exigir a la línea que parte del cuadro eléctrico y transporta y distribuye el total de la energía eléctrica demandada. A partir de ésta, una vez alimentadas las cuatro primeras tomas, se derivará una línea utilizando para ello un cable bipolar de $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$, que alimentará las otras cuatro tomas.

- Caída de tensión ($L_{TC(1-4)}=17.08 \text{ m}$, $L_{TC(5-8)}=17.75 \text{ m}$).

$$e_{TC(1-4)} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC(1-4)}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 17.08 \cdot 11.72}{56 \cdot 4} \cdot 0.8 = 1.43 \text{ V}$$

$$e_{TC(5-8)} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC(5-8)}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 17.75 \cdot 11.72}{56 \cdot 2.5} \cdot 0.8 = 2.38 \text{ V}$$

$$e_{total} = e_{TC(1-4)} + e_{TC(5-8)} = 1.43 + 2.38 = 3.81 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm en el caso de acoger conductores de 4 mm² de sección, y de 16 mm en caso de proteger conductores de 2,5 mm².

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.3.5. Línea TC-5. Circuito tomas de corriente en aseos.

- Intensidad de diseño (n=4 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 4.69 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L_{aseos}=19.45 \text{ m}$).

$$e_{aseos} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,aseos}}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{2 \cdot 19.45 \cdot 4.69}{56 \cdot 2.5} \cdot 0,8 = 1.04 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

7.4.3.6. Línea TC-6. Circuito tomas de corriente en sala metrología 1.

- Intensidad de diseño (n=4 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 18.75 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 4 \text{ mm}^2 + TT \times 4 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L_{TC-6}=17 \text{ m}$).

$$e_{TC-6} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC-6}}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{2 \cdot 17 \cdot 18.75}{56 \cdot 4} \cdot 0,8 = 2.28 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.3.7. Línea TC-7. Circuito tomas de corriente en sala metrología 2.

- Intensidad de diseño (n=4 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 11.72 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L_{TC-7}=8.38 \text{ m}$).

$$e_{TC-7} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,TC-7}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 8.38 \cdot 11.72}{56 \cdot 2.5} \cdot 0,8 = 1.11 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

7.4.3.8. Línea TC-8. Circuito tomas de corriente en vestuario masculino.

- Intensidad de diseño (n=2 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 2.34 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L_{TC-8}=9.25 \text{ m}$).

$$e_{vest_masc} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,vest_masc}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 9.25 \cdot 2.34}{56 \cdot 2.5} \cdot 0,8 = 0.25 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

	Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.	Autor: Antonio García López Dpto. Ingeniería del Diseño	
	E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.	Tutor: Emilio Romero Rueda	

7.4.3.9. Línea TC-9. Circuito tomas de corriente en vestuario femenino.

- Intensidad de diseño (n=2 tomas).

$$I_{prevista} = \frac{P_{prevista}}{F_t \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{3.450}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 23,44 \text{ A} \Rightarrow I_D = n \cdot I_{prevista} \cdot F_s \cdot F_u = 2.34 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la I_D y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión ($L_{TC-9}=8.01 \text{ m}$).

$$e_{vest_femen} = \frac{2 \cdot L \cdot P_D}{C \cdot S \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I_{D,vest_femen}}{C \cdot S} \cdot \cos\phi = \frac{2 \cdot 8.01 \cdot 2.34}{56 \cdot 2.5} \cdot 0,8 = 0.21 \text{ V} < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar tres conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.4. Cálculo de las líneas de fuerza.

Los circuitos de alimentación de máquinas, o circuitos de fuerza, cuando suministran energía eléctrica a un solo motor, deben estar dimensionados para soportar una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del motor en cuestión, según marca específicamente la instrucción ITC-BT 47.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual indica que la diferencia entre la tensión en el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5%. En el caso de una instalación de fuerza, al tratarse de un circuito trifásico con una tensión entre fase y fase de 400 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{admisible} = 400 \cdot 5\% = 20 \text{ V}$$

7.4.4.1. Línea M-1.Circuito sierra uniz 1.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 1740 = 2.175 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{diseño} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{2.175}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 4,90 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{diseño}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=11 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{diseño}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 4,90}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 0,22 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.2.2. Línea M-2. Circuito sierra uniz 2.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 1740 = 2.175 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{2.175}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 4,90 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=7,5 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 7,5 \cdot 4,90}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 0,15 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.3. Línea M-3. Circuito cilindro curvador 1.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 7500 = 9.375 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{9.375}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot 400 \cdot 0,8} = 21,14 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=23,5 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 23,5 \cdot 21,14}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 2,05 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.4. Línea M-4. Circuito cilindro curvador 2.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 7500 = 9.375 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{9.375}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 21,14 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=19,5 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 19,5 \cdot 21,14}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 1,70 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.5. Línea M-5. Circuito rectificadora.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3.680 = 4600 \text{ W}$$

- Intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{4600}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 10,38 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=14,30 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 14,30 \cdot 10,38}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 0,61 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.6. Línea M-6. Circuito torno pinaclo.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 7500 = 9.375 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{9.375}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 21,14 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=17,8 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 17,8 \cdot 21,14}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 1,55 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.7. Línea M-7. Circuito torno nervión.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 20.000 = 25.000 \text{ W}$$

- Intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 56,38 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 10 \text{ mm}^2 + TT \times 10 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=14,8 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 14,8 \cdot 56,38}{56 \cdot 10} \cdot 0,8 = 2,07 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 63 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.4.8. Línea M-8. Circuito fresadora automática.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 20.000 = 25.000 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 56,39 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 10 \text{ mm}^2 + TT \times 10 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=12,3 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 12,3 \cdot 56,38}{56 \cdot 10} \cdot 0,8 = 1,72 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 63 mm.

7.4.4.9. Línea M-9. Circuito fresadora universal 1.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 7000 = 8.750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{8.750}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 19,73 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=8,3 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 8,3 \cdot 19,74}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 0,68 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.10. Línea M-10. Circuito fresadora universal 2.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 7000 = 8.750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{8.750}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 19,74 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=4,6 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{diseño}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 4,6 \cdot 19,74}{56 \cdot 6} \cdot 0,8 = 0,37 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 50 mm.

7.4.4.11. Línea M-11. Circuito Grupo compresor.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_c \cdot V_F \cdot \cos\phi} = \frac{3750}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 25,48 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=3,9 \text{ m}$)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos\phi = \frac{2 \cdot 3,9 \cdot 3750}{56 \cdot 6 \cdot 230} \cdot 0,8 = 0,30 \text{ V} < 11,5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.4.12. Línea P-1. Circuito motor puerta taller 1.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_c \cdot V_F \cdot \cos\phi} = \frac{3750}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 25,48 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=18.46 m)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 18.46 \cdot 3750}{56 \cdot 6 \cdot 230} \cdot 0,8 = 1.43 < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.4.13. Línea P-2. Circuito motor puerta taller 2.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos \varphi} = \frac{3750}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 25.48 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=10.2 m)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 10.2 \cdot 3750}{56 \cdot 6 \cdot 230} \cdot 0,8 = 0.79 < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.4.14. Línea CL-1. Circuito Climatización oficinas 1.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos \varphi} = \frac{3750}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 25,48 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=9.91 \text{ m}$)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 9,91 \cdot 3750}{56 \cdot 6 \cdot 230} \cdot 0,8 = 0,77 < 11,5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.4.15. Línea CL-2. Circuito Climatización oficinas 2.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos \varphi} = \frac{3750}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 25,48 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=11.92 m)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 11.92 \cdot 3750}{56 \cdot 6 \cdot 230} \cdot 0,8 = 0.93 < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 20 mm.

7.4.4.16. Línea CL-3. Circuito Climatización oficinas 3.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 1500 = 1875 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos \varphi} = \frac{1875}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 12.74 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2.5 \text{ mm}^2 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: (L=11.35 m)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 11.35 \cdot 1875}{56 \cdot 2.5 \cdot 230} \cdot 0,8 = 1.06 < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.4.17. Línea TL-1. Circuito alimentación RITU.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 1500 = 1875 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos\phi} = \frac{1875}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 12,74 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2,5 \text{ mm}^2 + TT \times 2,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

- Caída de tensión: ($L=10,05 \text{ m}$)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos\phi = \frac{2 \cdot 10,05 \cdot 1875}{56 \cdot 2,5 \cdot 230} \cdot 0,8 = 0,94 < 11,5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

7.4.4.18. Línea ST-1. Alimentación bombas instalación solar térmica.

- Potencia consumida:

$$P_c = 1,25 \cdot 1000 = 1250 \text{ W}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_c}{F_t \cdot V_F \cdot \cos\phi} = \frac{1250}{0,8 \cdot 230 \cdot 0,8} = 8,49 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $2 \times 2,5 \text{ mm}^2 + TT \times 2,5 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable bipolar ya que se desea conseguir una tensión de 230 V (fase-neutro), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=15 m)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_{\text{diseño}}}{C \cdot S \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{2 \cdot 15 \cdot 1250}{56 \cdot 2.5 \cdot 230} \cdot 0.8 = 1.16 < 11.5 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cinco conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 16 mm.

	Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.	Autor: Antonio García López Dpto. Ingeniería del Diseño	
	E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.	Tutor: Emilio Romero Rueda	

7.4.5. Cálculo de las líneas de alimentación a los cuadros secundarios.

Para el cálculo de la sección de los conductores que alimentan los diferentes cuadros secundarios, se tomará como potencia consumida o necesaria en cada caso, aquella que resulte de la suma de todas las potencias calculadas para los diferentes dispositivos que se alimenten de dicho cuadro.

Al haber considerado en todos los cálculos de las líneas precedentes un mismo factor de potencia de valor 0,8, este será el valor que utilizaremos para la obtención de las distintas intensidades que nos permitan dimensionar las secciones de los conductores de alimentación.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual indica que la diferencia entre la tensión en el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5%. En el caso de una instalación de alimentación a cuadros eléctricos de distribución, al tratarse de un circuito trifásico con una tensión entre fase y fase de 400 V, la caída de tensión máxima que se permite es de:

$$e_{admisible} = 400 \cdot 5\% = 20 \text{ V}$$

7.4.5.1. Línea CS-1. Circuito cuadro secundario 1.

- Potencias alimentadas por el cuadro:
 - Alumbrado producción zona 1: $P_{A-1} = 4320 \text{ W}$
 - Alumbrado producción zona 2: $P_{A-2} = 4320 \text{ W}$
 - Tomas de corriente producción zona 1: $P_{TC-1} = 4140.74 \text{ W}$
 - Tomas de corriente producción zona 2: $P_{TC-2} = 2760 \text{ W}$
 - Alumbrado exterior: $P_{A-3} = 2700 \text{ W}$
 - Alimentación puerta taller 2: $P_{P-2} = 3000 \text{ W}$
 - Alimentación compresor: $P_{M-11} = 3000 \text{ W}$

- Intensidad demandada por el cuadro.

$$P_{TOTAL} = P_{A-1} + P_{A-2} + P_{TC-1} + P_{TC-2} + P_{A-3} + P_{P-2} + P_{M-11} = 24240.74 \text{ W}$$

$$I_{demandada} = \frac{P_{TOTAL}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\phi} = \frac{24240.74}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 43.74 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el factor de corrección para la intensidad máxima admisible para una agrupación de cables aislados separados un diámetro sobre bandeja perforada: $f_c = 0.85$.

$$I_{m\acute{a}x_adm} = I_{TOTAL} / 0.85 = 51.45 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{m\acute{a}x_adm}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 16 \text{ mm}^2 + TT \times 16 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase. El aislamiento del conductor será de policloruro de vinilo.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Caída de tensión: (L=28 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{máx_adm}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 28 \cdot 51.45}{56 \cdot 16} \cdot 0.8 = 2.23 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

7.4.5.2. Línea CS-2. Circuito cuadro secundario 2.

- Potencias alimentadas por el cuadro:
 - Sierra Uniz 1: $P_{M-1} = 2175 \text{ W}$
 - Sierra Uniz 2: $P_{M-2} = 2175 \text{ W}$
 - Cilindro Curvador 1: $P_{M-3} = 9375 \text{ W}$
 - Cilindro Curvador 2: $P_{M-4} = 9375 \text{ W}$
 - Rectificadora: $P_{M-5} = 4600 \text{ W}$
 - Alimentación puerta taller 1: $P_{P-1} = 3000 \text{ W}$

- Intensidad demandada por el cuadro.

$$P_{\text{TOTAL}} = P_{M-1} + P_{M-2} + P_{M-3} + P_{M-4} + P_{M-5} + P_{P-1} = 30700 \text{ W}$$

$$I_{\text{demandada}} = \frac{P_{\text{TOTAL}}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{30700}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 54.39 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el factor de corrección para la intensidad máxima admisible para una agrupación de cables aislados separados un diámetro sobre bandeja perforada: $f_c = 0.85$.

$$I_{\text{máx_adm}} = I_{\text{TOTAL}} / 0.85 = 63.99 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{máx_adm}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 16 \text{ mm}^2 + TT \times 16 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase. El aislamiento del conductor será de policloruro de vinilo.

- Caída de tensión: (L=35 m)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{máx_adm}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 63.99}{56 \cdot 16} \cdot 0.8 = 4.33 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.4.5.3. Línea CS-3. Circuito cuadro secundario 3.

- Potencias alimentadas por el cuadro:

- Torno Pinaclo: $P_{M-6} = 9375 \text{ W}$
- Torno Nervión: $P_{M-7} = 25000 \text{ W}$
- Fresadora Automática: $P_{M-8} = 25000 \text{ W}$
- Fresadora Universal: $P_{M-9} = 8750 \text{ W}$
- Fresadora Universal: $P_{M-10} = 8750 \text{ W}$

- Intensidad demandada por el cuadro.

$$P_{TOTAL} = P_{M-6} + P_{M-7} + P_{M-8} + P_{M-9} + P_{M-10} = 76875 \text{ W}$$

$$I_{demandada} = \frac{P_{TOTAL}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\phi} = \frac{76875}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 138,70 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el factor de corrección para la intensidad máxima admisible para una agrupación de cables aislados separados un diámetro sobre bandeja perforada: $f_c = 0,85$.

$$I_{m\acute{a}x_adm} = I_{TOTAL} / 0,85 = 163,18 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{m\acute{a}x_adm}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 50 \text{ mm}^2 + TT \times 25 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima de valor igual a la mitad de la de los conductores de fase. El aislamiento del conductor será de polietileno reticulado.

- Caída de tensión: ($L=14 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{m\acute{a}x_adm}}{C \cdot S} \cdot \cos\phi = \frac{\sqrt{3} \cdot 14 \cdot 163,18}{56 \cdot 50} \cdot 0,8 = 1,13 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

7.4.5.4. Línea CS-4. Circuito cuadro secundario 4.

- Potencias alimentadas por el cuadro:

- Alumbrado oficinas: $P_{A-4} = 3499 \text{ W}$
- Alumbrado aseos: $P_{A-5} = 864 \text{ W}$
- Tomas de corriente oficinas 1: $P_{TC-3} = 3450 \text{ W}$
- Tomas de corriente oficinas 2: $P_{TC-4} = 3450 \text{ W}$
- Tomas de corriente aseos: $P_{TC-5} = 690 \text{ W}$
- Alimentación climatización oficinas 1: $P_{CL-1} = 3000 \text{ W}$
- Alimentación climatización oficinas 2: $P_{CL-2} = 3000 \text{ W}$
- Alimentación climatización oficinas 3: $I_{CL-3} = 1500 \text{ W}$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

- Intensidad demandada por el cuadro.

$$P_{TOTAL} = P_{A-4} + P_{A-5} + P_{TC-3} + P_{TC-4} + P_{TC-5} + P_{CL-1} + P_{CL-2} + P_{CL-3} = 19453 \text{ W}$$

$$I_{demandada} = \frac{P_{TOTAL}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{19453}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 35.10 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el factor de corrección para la intensidad máxima admisible para una agrupación de cables aislados separados un diámetro sobre bandeja perforada: $f_c = 0.85$.

$$I_{m\acute{a}x_adm} = I_{TOTAL} / 0.85 = 41.30 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{m\acute{a}x_adm}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 10 \text{ mm}^2 + TT \times 10 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase. El aislamiento del conductor será de policloruro de vinilo.

- Caída de tensión: ($L=16.06 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{m\acute{a}x_adm}}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 16.06 \cdot 41.30}{56 \cdot 10} \cdot 0,8 = 1.64 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

7.4.5.5. Línea CS-5. Circuito cuadro secundario 5.

- Potencias alimentadas por el cuadro:

- Alumbrado sala metrología: $P_{A-6} = 3110 \text{ W}$
- Alumbrado vestuario masculino: $P_{A-7} = 1231 \text{ W}$
- Alumbrado vestuario femenino: $P_{A-8} = 669.80 \text{ W}$
- Tomas de corriente sala metrología 1: $P_{TC-6} = 2760 \text{ W}$
- Tomas de corriente sala metrología 2: $P_{TC-7} = 1275 \text{ W}$
- Toma corriente vestuario masculino: $P_{TC-8} = 344.45 \text{ W}$
- Toma corriente vestuario femenino: $P_{TC-9} = 344.45 \text{ W}$
- Alumbrado pasillos: $P_{A-9} = 360 \text{ W}$
- Alumbrado emergencia: $P_{A-10} = 360 \text{ W}$
- Alimentación RITU: $P_{T-1} = 1500 \text{ W}$
- Alimentación bomba instalación solar térmica: $P_{ST-1} = 1000 \text{ W}$
- Alimentación alarmas manuales de incendios: $P_{D-1} = 180 \text{ W}$

- Intensidad demandada por el cuadro.

$$P_{TOTAL} = P_{A-6} + P_{A-7} + P_{A-8} + P_{TC-6} + P_{TC-7} + P_{TC-8} + P_{TC-9} + P_{A-9} + P_{A-10} + P_{T-1} + P_{ST-1} + P_{D-1} = 13135 \text{ W}$$

$$I_{demandada} = \frac{P_{TOTAL}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{13135}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 23.70 \text{ A}$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

Teniendo en cuenta el factor de corrección para la intensidad máxima admisible para una agrupación de cables aislados separados un diámetro sobre bandeja perforada: $f_c = 0.85$.

$$I_{\text{máx_adm}} = I_{\text{TOTAL}} / 0.85 = 27.88 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{máx_adm}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable de las siguientes características $4 \times 6 \text{ mm}^2 + TT \times 6 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase), y la toma a tierra debe ser, según la ITC-BT 18, de una sección mínima del mismo valor de los conductores de fase. El aislamiento del conductor será de policloruro de vinilo.

- Caída de tensión: ($L=8.87 \text{ m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_{\text{máx_adm}}}{C \cdot S} \cdot \cos \varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 8.87 \cdot 27.88}{56 \cdot 6} \cdot 0.8 = 1.02 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

7.4.6. Cálculo de la línea de alimentación de la batería de condensadores.

La línea de alimentación de la batería de condensadores para la compensación de energía reactiva se ha realizado haciendo uso de la herramienta informática ECODIAL de la marca Schneider Electric. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Longitud: 5.0 m
- Cables monoconductores sobre bandejas perforadas
- Aislante: PVC
- Alineamiento de conductores: Trébol
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Secciones (mm^2) teóricas elegidas:
 - Por fase: 1 x 50.0 (cobre)
 - Neutro: - - -
 - PE: 1 x 25.0 (cobre)
- Caídas de tensión: $\Delta U (\%) = 0.43 < 5$.

7.5. Previsión de carga necesaria

De acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión en su ITC-BT-10 sobre el cálculo predictivo de cargas para el suministro eléctrico, se debe tener en cuenta que:

- Para edificios comerciales o de oficinas se calculará dicha carga considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.
- Para edificios destinados a concentración de industrias, se calculará la carga total correspondiente considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Por tanto, según el REBT y particularizando para nuestra instalación se obtiene:

$$P_{CARGA \text{ MÍNIMA}} = \underbrace{(20 \times 32) \cdot 125}_{PRODUCCIÓN} + \underbrace{(13.90 \times 10.95) \cdot 100}_{OFICINAS} = 95.22 \text{ KW}$$

Ahora se debe comprobar si esta potencia obtenida mediante un cálculo predictivo, es mayor o menor que la que necesita la instalación según los cálculos realizados en los apartados precedentes, teniendo en cuenta que la energía que se pueda demandar en un momento dado no puede ser toda la potencia calculada, y, por tanto, se aplicará un coeficiente de simultaneidad correspondiente al uso estimado de la potencia total (salvo en el caso de los circuitos de tomas de corriente donde el factor de simultaneidad ya ha sido aplicado en el proceso de diseño).

Instalación de Alumbrado		
Zona	Circuito	Potencia (W)
Interior	A-1	4.320,00
	A-2	4.320,00
	A-4	3.499,00
	A-5	864,00
	A-6	3.110,00
	A-7	1.231,00
	A-8	669,60
	A-9	360,00
Exterior	A-3	2.700,00
Emergencia	A-10	360,00
Potencia Total (KW)		21,43

<i>Tomas de Corriente</i>		
<i>Circuitos</i>	<i>Int. Diseño (A)</i>	<i>Potencia demandada (W)</i>
TC-1	28,13	4.140,74
TC-2	18,75	2.760,00
TC-3	23,44	3.450,37
TC-4	23,44	3.450,37
TC-5	4,69	690,37
TC-6	18,75	2.760,00
TC-7	11,72	1.725,18
TC-8	2,34	344,45
TC-9	2,34	344,45
Potencia Total (KW)		19,67

<i>Líneas de Fuerza para Maquinaria</i>	
<i>Circuito</i>	<i>Potencia demandada (W)</i>
M-1	2.175,00
M-2	2.175,00
M-3	9.375,00
M-4	9.375,00
M-5	4.600,00
M-6	9.375,00
M-7	25.000,00
M-8	25.000,00
M-9	8.750,00
M-10	8.750,00
M-11	3.000,00
Pot. Total (KW)	107,58

<i>Líneas de Fuerza (varios)</i>	
<i>Circuito</i>	<i>Potencia demandada (W)</i>
P-1. Puerta taller 1	3.000,00
P-2. Puerta taller 2	3.000,00
CL-1. Climatización 1	3.000,00
CL-2. Climatización 2	3.000,00
CL-3. Climatización 3	1.500,00
T-1. Alimentación RITU	1.500,00
D-1. Detectores humo	180,00
Pot. Total (KW)	15,18

<i>Instalación</i>	<i>Potencia demandada (W)</i>	<i>Coefficiente simultaneidad</i>	<i>Potencia real (W)</i>
<i>Alumbrado</i>	21433,60	0,90	19.290,24
<i>Tomas de corriente</i>	19.665,92	1,00	19.665,92
<i>Fuerza Maquinaria</i>	107.575,00	0,80	86.060,00
<i>Fuerza Varios</i>	15.180,00	0,80	12.144,00
<i>Potencia real total (KW)</i>			137,16

Como puede observarse la potencia teórica real calculada de valor 137.16 KW es mayor que la potencia teórica prevista según el REBT, luego tomaremos como valor definitivo de la potencia demandada por nuestra instalación dicho valor.

7.6. Cálculo de la derivación individual.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende la línea, los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Esta línea representa la alimentación al Cuadro General de Baja Tensión (CGBT). Este cuadro se encarga de la alimentación y distribución de la energía eléctrica por toda la instalación, por tanto, para el cálculo de las características de la línea mencionada debemos conocer la energía total necesaria a abastecer. Siguiendo con la metodología de cálculo utilizada en los apartados precedentes para el dimensionamiento de las distintas líneas y tomando como potencia a abastecer el valor encontrado en el apartado anterior, llegamos a los siguientes resultados:

- Intensidades de diseño (alimentación trifásica).

$$I_{\text{diseño}} = \frac{P_{\text{total}}}{\sqrt{3} \cdot F_t \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{137160}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,8} = 309.33 \text{ A}$$

- Elección del conductor:

Con este valor de la $I_{\text{diseño}}$ y según la ITC_BT 19, optamos por un cable con conductores de cobre de las siguientes características $4 \times 95 \text{ mm}^2$. Escogemos un cable tetrapolar ya que se desea conseguir una tensión de 400 V (fase-fase). El aislamiento del cable será de polietileno reticulado.

- Caída de tensión: ($L=19\text{m}$)

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{C \cdot S} \cdot \cos\varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 19 \cdot 309.33}{56 \cdot 95} \cdot 0,8 = 1.53 \text{ V} < 20 \text{ V}$$

- Elección del tubo:

El tubo será de PVC con capacidad para alojar cuatro conductores en su interior, por tanto, según ITC-BT 21, tendrá una dimensión establecida para su diámetro de 140 mm.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.7. Cálculo de la acometida.

La Acometida es la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente. De acuerdo con la ITC-BT-11, podrá ser aérea, subterránea o mixta, en cualquier caso se realizará de forma que lleguen conductores aislados a la Caja General de Protección.

La acometida, según se indica en la ITC-11, no forma parte de la instalación de enlace, y es responsabilidad de la empresa suministradora. Ahora bien, debido a la configuración y a las necesidades de nuestra instalación, se puede prever una acometida de dimensiones iguales a las de la línea de derivación ya que nos encontramos ante una instalación de un único usuario. Así pues la acometida deberá estar compuesta por conductores de 95 mm² de sección para las tres fases y de 50 mm² para el neutro (de acuerdo a la tabla 1 de la ITC-7 para la elección de la sección del neutro).

7.8. Protección de la instalación.

Además de la protección contra contactos indirectos, la idea básica que determina la distribución de las distintas protecciones, es aislar cada circuito de manera que se pueda garantizar el funcionamiento independiente de cualquier línea en el caso de que se produjese alguna anomalía de funcionamiento en algún punto de la instalación.

7.8.1. Sobrecargas.

7.8.1.1. Descripción.

Una sobrecarga se produce cuando la intensidad que circula es superior a la admisible o nominal, pero sin que haya defecto de aislamiento.

Este efecto puede producirse por diversas razones:

- Fenómenos transitorios debidos al funcionamiento de algunos receptores.
- Sobreutilización de receptores de una misma línea, los cuales solicitan más potencia de la nominal.
- Sobreutilización de la instalación, que tiene conectada receptores con más potencia de la que se había previsto en un principio.

El efecto de la sobrecarga produce un aumento de temperatura en los conductores, pudiendo llegar a ser superior a la admisible y, por tanto, implica un deterioro del aislamiento y una reducción del tiempo de vida de los cables.

7.8.1.2. Solución adoptada.

En la presente instalación se han utilizado, como medida preventiva ante anomalías debidas a sobrecargas, interruptores automáticos magnetotérmicos y fusibles para la CPM por parte de la compañía eléctrica.

Sea cual sea el dispositivo, debe desconectar la línea antes de que se alcance la máxima temperatura admisible. Según la norma UNE 20 460, estos dispositivos de protección deben cumplir que:

$$I_B = I_n = I_Z$$

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

Siendo:

- IB = Intensidad de utilización o nominal
- In = Intensidad nominal del dispositivo de protección
- IZ = Intensidad máxima admisible por el conductor

Los interruptores magneto-térmicos prevalecen sobre los fusibles convencionales puesto que presentan una mayor seguridad y prestaciones, ya que interrumpen los circuitos con mayor rapidez y tienen más capacidad de ruptura. Otra ventaja es que a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún repuesto ni persona experta, ya que es suficiente con presionar un botón o mover un muelle que se halla perfectamente señalizado.

Su funcionamiento se basa en un elemento térmico y otro magnético. El elemento térmico está formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por ella una corriente durante cierto tiempo (sobrecarga). El elemento magnético está formado por una bobina cuyo núcleo atrae un componente que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito).

7.8.2. Cortocircuitos.

7.8.2.1. Descripción.

El cortocircuito es una conexión de poca impedancia entre dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial, dando lugar a una corriente de intensidad muy grande.

Normalmente vienen producidos por fallos de aislamiento de la instalación o fallos en los receptores conectados, por avería o conexión incorrecta.

Este defecto repercute de manera negativa en los conductores de dos maneras:

- Aumento de la temperatura, ya que por efecto Joule el conductor puede llegar a alcanzar su temperatura máxima en milisegundos, y por tanto esto puede provocar su destrucción.
- Esfuerzos entre conductores, debido al efecto del campo magnético creado por dicha corriente de tan elevado valor. Esto puede originar la destrucción de las conexiones.

7.8.2.2. Solución adoptada.

Se protegerá la instalación frente a cortocircuitos mediante interruptores automáticos magneto-térmicos, coincidiendo con las protecciones contra sobrecargas.

Su función debe ser actuar cortando la corriente de cortocircuito antes de que la instalación se dañe por los factores mencionados en el apartado anterior.

7.8.2.3. Cálculos de cortocircuito.

Con el fin de dimensionar las protecciones, se realizan los cálculos pertinentes frente a cortocircuito para definir el poder de corte adecuado ante una anomalía de este tipo, y así el dispositivo protector sea capaz de proteger la instalación.

Aún sabiendo que el caso más común de cortocircuito es el monofásico (fase-tierra), los cálculos se realizarán para el caso más desfavorable para la instalación, es decir, el defecto trifásico (fase-fase-fase).

Para llevar a cabo tanto los cálculos correspondientes como la elección de los distintos interruptores automáticos, hacemos uso de la herramienta informática ECODIAL de la marca Schneider Electric.

7.8.3. Protección contra contactos directos e indirectos.

Para proteger una instalación contra contactos directos, se debe intentar separar y aislar las partes activas de la misma. Esto se logra mediante recubrimientos con un aislamiento apropiado o con barreras u obstáculos que impidan que un individuo pueda contactar con las partes activas.

En el caso de los contactos indirectos, se debe intentar evitar que las personas entren en contacto con las masas de la instalación, y, en el caso de que se produjese dicho contacto, procurar que éste no sea peligroso.

Para solucionar el problema existente cuando se produce una fuga de corriente a tierra, ya sea a través de receptores (pararrayos,...), o por contacto directo de una persona con los hilos activos, se instalarán interruptores diferenciales para así evitar el paso de intensidades peligrosas por el cuerpo humano.

El interruptor diferencial tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad) para el que está calibrado (30 mA, 500 mA, etc), el dispositivo abre el circuito interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.

Para llevar a cabo tanto los cálculos correspondientes como la elección de los distintos interruptores diferenciales, hacemos uso de la herramienta informática ECODIAL de la marca Schneider Electric.

7.8.4. Resumen de las protecciones elegidas.

A continuación se presentan diversas tablas con las opciones escogidas en referencia a los interruptores automáticos magneto-térmicos y diferenciales que protegen cada uno de los circuitos independientes de la instalación eléctrica. Como ya se ha comentado en apartados precedentes, para obtener los resultados expuestos se ha hecho uso de la herramienta informática ECODIAL de la marca Schneider Electric. Dicho programa realiza los distintos cálculos de acuerdo a la Norma Cenelec R064-003, permite el diseño de redes según las especificaciones de la Norma IEC 60364 y realiza la elección de las distintas protecciones entre gamas de productos que cumplen la Norma IEC 947-2.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro CS1	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CS1 (T)	63 A	25 KA	125 A		
A1	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
A2	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
A10	3 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TC1	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
TC2	20 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
A3	20 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
P2	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
M11	20 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA

Cuadro CS2	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CS2 (T)	100 A	36 KA	100 A		
M1 (T)	10 A	15 KA	63 A	16 A	500 mA
M2 (T)	10 A	15 KA	63 A	16 A	500 mA
M3 (T)	25 A	15 KA	63 A	25 A	500 mA
M4 (T)	25 A	15 KA	63 A	25 A	500 mA
M5 (T)	13 A	15 KA	63 A	16 A	500 mA
P1	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA

Cuadro CS3	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CS3 (T)	200 A	36 KA	250 A		
M6 (T)	25 A	25 KA	63 A	25 A	500 mA
M7 (T)	63 A	25 KA	125 A	63 A	500 mA
M8 (T)	63 A	25 KA	125 A	63 A	500 mA
M9 (T)	20 A	25 KA	63 A	25 A	500 mA
M10 (T)	20 A	25 KA	63 A	25 A	500 mA

Cuadro CS4	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CS4 (T)	63 A	25 KA	125 A		
A4	25 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
A5	6 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
A10	3 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TC3	25 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
TC4	25 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
TC5	16 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
CL1	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
CL2	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
CL3	13 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA

Cuadro CS5	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CS5 (T)	32 A	20 KA	63 A		
A6	25 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
A7	10 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
A8	10 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TC6	20 A	20 KA	63 A	25 A	500 mA
TC7	16 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TC8	16 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TC9	16 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
A9	3 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
A10	3 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
ST1	10 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
TL1	16 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA
D1	2 A	20 KA	63 A	16 A	500 mA

CGBT	Interruptor Automático (Sobrecarga / Cortocircuito)			Interruptor Diferencial (Contactos indirectos)	
	I _{nominal}	Poder de Corte	Relé. Calibre nominal	I _{nominal}	Sensibilidad
IAG_CGBT (T)	400 A	50 KA	400 A		
CS1 (T)	63 A	25 KA	125 A	100 A	30 mA
CS2 (T)	80 A	25 KA	125 A	100 A	30 mA
CS3 (T)	200 A	35 KA	250 A	250 A	30 mA
CS4 (T)	50 A	25 KA	125 A	100 A	30 mA
CS5 (T)	32 A	20 KA	63 A	40 A	500 mA
Bat_C (T)	160 A	35 KA	160 A		

El comportamiento de los magneto-térmicos con referencias IAG_CGBT (Interruptor Automático General del Cuadro General de Baja Tensión), IA_CS3 (Interruptor Automático de protección sobre la línea de alimentación del Cuadro Secundario 3), IAG_CS3 (Interruptor automático General del Cuadro Secundario 3) e IA_Bat_C (Interruptor Automático General para la línea de alimentación de la Batería de Condensadores) se corresponden con una curva de disparo D. El resto de Interruptores Automáticos siguen una curva de disparo C.

7.9. Batería de condensadores.

El cálculo de la potencia de una batería de condensadores necesaria para la compensación de energía reactiva de una instalación, presenta dos etapas:

- Determinación del factor de potencia y de la carga de la instalación.
- Cálculo de la potencia reactiva necesaria para alcanzar el nuevo factor de potencia.

7.9.1. Determinación del factor de potencia.

En el caso particular de nuestra instalación eléctrica hemos considerado como factor de potencia en todos los cálculos de dimensionado de líneas un valor general de 0.8.

7.9.2. Cálculo de la potencia reactiva necesaria.

Según el REBT se exige un factor de potencia de al menos 0.9 en instalaciones eléctricas, luego la potencia reactiva a suministrar por la batería de condensadores será:

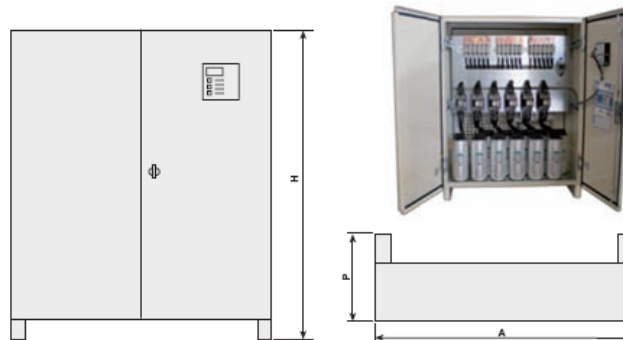
$$Q_c = P \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2) = 164 \cdot (tg(36.87) - tg(25.84)) = 43.58 \text{ K var}$$

$$\cos \varphi_1 = 0.8 \rightarrow \varphi_1 = 36.87$$

$$\cos \varphi_2 = 0.9 \rightarrow \varphi_2 = 25.84$$

Con este valor para la potencia reactiva de la batería de condensadores y haciendo uso de la herramienta informática ECODIAL de la marca Schneider Electric, comprobamos que una batería de condensadores de características:

- Potencia: 60 Kvar
- Composición: (10+10)+1x40
- Programa: 1:1:1
- Tensión: 400 V
- Armario: 700x500x250



cumple con las necesidades de la instalación eléctrica diseñada.

	<i>Proyecto Básico de Ejecución de la Edificación y Nuevas Instalaciones de REPUESTALIA S.L.</i>	<i>Autor: Antonio García López</i>	
	<i>E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla.</i>	<i>Dpto. Ingeniería del Diseño</i> <i>Tutor: Emilio Romero Rueda</i>	

7.10. Instalación de puesta a tierra.

7.10.1. Descripción.

La instalación de puesta a tierra tiene la finalidad de proteger a las personas y a los bienes contra los efectos causados por rayos, descargas estáticas, corrientes de fuga, etc. Por esto, es importante la correcta ejecución de dicha instalación ya que conlleva importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales o interferencias con otras instalaciones.

La instalación de puesta a tierra debe estar formada por distintos elementos conexcionados entre sí, y que son los siguientes:

- Un electrodo enterrado constituido por un anillo conductor, que debe seguir el perímetro del edificio a una distancia mínima de 1,2 m hacia el exterior, el cual conectará todas las puestas a tierra del mismo e irá enterrado a una profundidad de 0,8 m. En nuestro caso particular, como el edificio proyectado linda con la parcela vecina, el anillo se implantará interior al perímetro de la nave. El anillo estará compuesto por un conductor de cobre desnudo de sección 35 mm², tal y como sugiere la ITC-18 del REBT.
- Un conjunto de picas de puesta a tierra cuyo número dependerá de la naturaleza del terreno y de la longitud del anillo de conducción enterrado. Su separación mínima será de 4 m (no serán necesarias en nuestro caso particular, aunque las incluiremos en las arquetas de conexión).
- Puntos de puesta a tierra, situados en arquetas de conexión, donde irán a parar las líneas principales de tierra.

7.10.2. Características.

Los elementos de la instalación que deben conectarse a tierra serán aquellas partes metálicas de los aparatos e instalaciones que no pertenezcan al circuito de servicio, y puedan entrar en contacto con partes sometidas a tensión en caso de avería o establecimiento de arcos.

7.10.2.1. Conductores de puesta a tierra.

Los conductores que constituyen la instalación de puesta a tierra son de tres tipos, de sección independiente y conectados entre sí.

7.10.2.2. Conductores de protección.

Son los conductores que acompañan a las distintas líneas que forman la instalación eléctrica hasta los receptores que deben ser conectados a tierra. Su sección varía en función de la sección de los conductores de fase o polares que acompaña, y dicho valor ha sido indicado particularmente para cada línea de acuerdo a las ITC-BT-18 e ITC-BT-19.

7.10.2.3. Líneas principales de tierra.

Son las líneas que unen los puntos de tierra, que estarán situados en los distintos cuadros, con los conductores de protección. Su sección depende de la sección de las derivaciones que tenga, nunca será menor a 16 mm².

Particularizando para la instalación de nuestro proyecto, se observa que por simple inspección de los valores de la sección de los conductores de protección de las líneas de alimentación a los cuadros secundarios, podemos deducir la sección de las distintas líneas principales de tierra, ya que el valor de éstas coincidirá con el máximo valor de aquellas (siendo 16 mm² el valor mínimo):

Líneas Principales de Tierra		
Puntos de Tierra	Sección máxima (mm²) Conductor protección	Sección (mm²) Línea principal
CGBT	50	50
Bat_C	16	16
Cuadro secundario 1	16	16
Cuadro secundario 2	16	16
Cuadro secundario 3	25	25
Cuadro secundario 4	10	16
Cuadro secundario 5	6	16

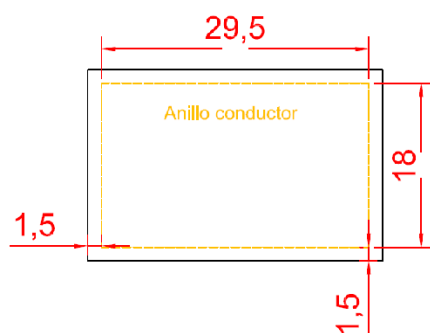
7.10.2.4. Líneas de enlace con tierra.

Son las líneas que conectan los puntos de tierra y las armaduras del hormigón, con el anillo conductor enterrado que rodea el perímetro de la nave.

Su sección mínima viene dada en función de las características del conductor que acomete sobre las arquetas de conexión. En nuestro caso particular, dado que las arquetas de conexión tienen incluidas una pica de puesta a tierra, escogemos un conductor de cobre de 25 mm² para todas las líneas de enlace (puntos de tierra, estructura y armaduras), ya que para el caso de enlace con la línea del CGBT (50 mm² de sección), la pica antes mencionada representa una unión con tierra de sobrada seguridad.

7.10.2.5. Número de picas.

El número de picas viene dado en función de la longitud del anillo conductor enterrado, la naturaleza del terreno y si se precisa o no pararrayos. Teniendo en cuenta esto, tenemos que:



- Longitud del anillo:
$$L = 2 \times (29,5 + 18) = 95 \text{ m}$$
- Naturaleza del terreno: terreno orgánico, arcilla y marga.
- No se precisa pararrayos (ver apartado 11)

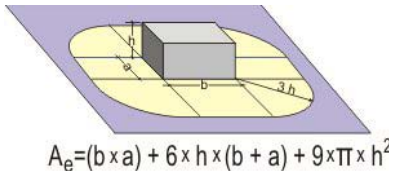
Mirando en la tabla correspondiente, no se precisa ninguna pica, ya que es suficiente con el anillo conductor que rodea la nave. No obstante, se colocarán picas en todas las arquetas de conexión implantadas, reforzando así la puesta a tierra de las líneas que acometan sobre dichos elementos.

7.11. Protección frente a la acción del rayo.

Se comprueba en este apartado, de acuerdo con las especificaciones expuestas en el DB-SU.8, la necesidad o no de instalar una protección frente a la acción del rayo.

Según lo indicado en el documento mencionado será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .

7.11.1. Frecuencia esperada.

Ng - Densidad de impactos sobre el terreno. Según la posición en el mapa (Carmona) toma un valor de: 1.5 impactos/año,km ²	
Ae - Área de captura equivalente del edificio $a = 32 \text{ m}$ $b = 20 \text{ m}$ $h = 9 \text{ m}$  Área equivalente $A_e = 5.738 \text{ m}^2$	
C1 - Coeficiente según Situación del edificio Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos, $C1 = 0.5$	
Frecuencia esperada $N_e = 0,00430$	

7.11.2. Riesgo admisible.

C2 - Coeficiente en función del tipo de construcción Estructura metálica y una Cubierta metálica $C2 = 0.5$.
C3 - Coeficiente en función del contenido del edificio Otros contenidos, $C3 = 1$
C4 - Coeficiente en función del uso del edificio Resto de edificios, $C4 = 1$
C5 - Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan Resto de edificios, $C5 = 1$
Riesgo admisible $N_a = 0,01100$

7.11.3. Resultado.

Frecuencia esperada menor que el riesgo admisible, $N_e(0,00430) < N_a(0,01100)$
NO ES NECESARIA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO