

1. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD

1.1. MEMORIA

Si bien la persona que realice el proyecto de legalización definitivo deberá revisar que todos los apartados de este estudio estén conformes la legislación vigente en el momento de su realización, para la confección de este apartado se ha tenido en cuenta la siguiente normativa

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002)
- Guías técnicas de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE-IER: "Instalaciones de electricidad", Orden 4 de junio de 1984 Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. NTE-IEB: Instalaciones de Electricidad: Baja Tensión. NTE-IEI: Instalaciones de Electricidad:
- Alumbrado Interior. NTE-IEP: Instalaciones de Electricidad: Puesta a Tierra. NTE-IEG: Instalaciones de Electricidad: Generales.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (R.D. 2267/2004 de 3 de diciembre).
- R.D. 486/1997, de 4 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los centros de trabajo.
- Normas particulares de la Compañía Suministradora.

La relación de las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT que se aplican a este estudio en particular son las señaladas con una X en el cuadro adjunto:

Instrucción	Denominación	Aplica
ITC-BT-01	Terminología.	X
ITC-BT-02	Normas de referencia en el Reglamento Electrotécnico de baja tensión.	X
ITC-BT-03	Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas.	X
ITC-BT-04	Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.	X
ITC-BT-05	Verificaciones e inspecciones.	X
ITC-BT-06	Redes aéreas para distribución en baja tensión.	
ITC-BT-07	Redes subterráneas para distribución en baja tensión.	
ITC-BT-08	Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica	
ITC-BT-09	Instalaciones de alumbrado exterior.	
ITC-BT-10	Previsión de cargas para suministros en baja tensión.	X
ITC-BT-11	Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.	X
ITC-BT-12	Instalaciones de enlace. Esquemas.	X
ITC-BT-13	Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.	X
ITC-BT-14	Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación.	X
ITC-BT-20	Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.	X
ITC-BT-21	Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.	X
ITC-BT-22	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobre intensidades.	X
ITC-BT-23	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.	X
ITC-BT-24	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos	X
ITC-BT-25	Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.	
ITC-BT-26	Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación.	
ITC-BT-27	Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.	
ITC-BT-28	Instalaciones en locales de pública concurrencia.	X
ITC-BT-29	Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión	X
ITC-BT-30	Instalaciones en locales de características especiales.	
ITC-BT-31	Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.	
ITC-BT-32	Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte.	
ITC-BT-33	Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras.	
ITC-BT-34	Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands.	
ITC-BT-35	Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas.	
ITC-BT-36	Instalaciones a muy baja tensión.	
ITC-BT-37	Instalaciones a tensiones especiales.	
ITC-BT-38	Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en	

	quirófanos y salas de intervención.	
ITC-BT-39	Instalaciones con fines especiales. Cercas eléctricas para ganado.	
ITC-BT-40	Instalaciones generadoras de baja tensión.	
ITC-BT-41	Instalaciones eléctricas en caravanas y parques de caravanas.	
ITC-BT-42	Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo	
ITC-BT-43	Instalación de receptores. Prescripciones generales.	
ITC-BT-44	Instalación de receptores. Receptores para alumbrado.	
ITC-BT-45	Instalación de receptores. Aparatos de caldeo.	
ITC-BT-46	Instalación de receptores. Cables y folios radiantes en viviendas.	
ITC-BT-47	Instalación de receptores. Motores.	X
ITC-BT-48	Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores	
ITC-BT-49	Instalaciones eléctricas en muebles.	
ITC-BT-50	Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas.	
ITC-BT-51	Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios	

1.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES

La alimentación eléctrica se realizará en baja tensión, 400/230 V.

- Caja de Protección y medida

En los casos en que se trate de un suministro a un único usuario existirá una Caja de Protección y Medida CGP, a la que llega la acometida de la compañía suministradora y de la que partirá la derivación individual de la instalación; cumpliendo con lo indicado en la instrucción ITC-BT-13, del vigente Reglamento electrotécnico de baja tensión.

La CGP se instalará en un lugar de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la compañía suministradora. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 y 1,80 m.

La CGP a utilizar deberá corresponder a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Cumplirá todo lo que sobre el particular indica la norma UNE-EN 60439-1, tendrá un grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60439-3, una vez instalada tendrá un grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK09 según UNE-EN 50102 y será precintable.

La envolvente deberá disponer de la ventilación necesaria que garantice la no formación de condensaciones y de una ventana de material transparente para la lectura que será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

- Derivación individual

Es la parte de la instalación que partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Su instalación se realizará cumpliendo lo indicado en la instrucción ITC-BT-15 del REBT.

De optarse por cables aislados en tubos enterrados, estos, así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-07 del REBT. Estos tubos tendrán un diámetro mín. de 32 mm y una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%. Si los cables se disponen en las paredes o en superficie se seguirá lo indicado en la ITC-BT-19.

Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

El conductor a emplear será cobre o aluminio siguiendo el código de colores indicado en la ITC-BT-19 y con una tensión asignada de 0,6/1 kV. La sección mínima será de 6 mm² para los cables polares, neutro y protección.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las indicadas en la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5; o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

- Dispositivos generales de mando y protección

Lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual se dispondrá un cuadro general de protección y distribución, dividido en un cuadro de mando y protección para fuerza y otro cuadro para alumbrado, con interruptores omipolares en cada uno de ellos y protección contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos, de acuerdo con las instrucciones ITC-BT-17, 22, 23 y 24.

En los establecimientos en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos de mando y protección.

En locales de uso común o de pública concurrencia los dispositivos de mando y protección no deben ser accesibles al público en general.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del control de potencia y tendrá un poder de corte suficiente para una intensidad de cortocircuito, en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada igual o superior a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos, de acuerdo a ITC-BT-24..
- Dispositivos de corte omipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores, de acuerdo a la ITC-BT-22.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático

a) Protección contra sobreintensidades

En cumplimiento de la ITC-BT-22, todo circuito estará protegido contra las sobreintensidades que puedan producirse, interrumpiendo el circuito en un tiempo conveniente, o bien estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por; sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia, cortocircuitos o descargas eléctricas atmosféricas.

- Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible ha de quedar garantizada por el dispositivo de protección adecuado. El dispositivo de protección está constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva técnica de corte.
- Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión. Cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados puede disponer de su propia protección contra sobrecargas si el dispositivo general asegura la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben cumplir las normas UNE 20460-4-43.

b) Protección contra sobretensiones

En cumplimiento de ITC-BT-23, la instalación deberá estar protegida contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y se deben fundamentalmente a las descargas atmosféricas.

Conforme el DB-SUA 8, será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos sea mayor que el riesgo admisible, excepto cuando la eficiencia este comprendida entre 0 y 0,8.

Fórmulas empleadas:

- Frecuencia esperada de impactos; $N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$

Siendo N_g : Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año,km²).
 A_e : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m².
 C_1 : Coeficiente relacionado con el entorno.

- Riesgo admisible; $N_a = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C_2 C_3 C_4 C_5}$

Siendo: C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción.
 C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio.
 C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio.
 C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

El tipo de instalación se determina mediante; $E = 1 - N_a/N_e$

En la tabla siguiente se indica el nivel de protección:

Eficacia requerida	Nivel de protección
$E > 0,98$	1
$0,95 < E < 0,98$	2
$0,80 < E < 0,95$	3
$0 < E < 0,8$	4

Categorías de las sobretensiones:

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos. También definen el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar su posible daño.

La ITC-BT-23 distingue 4 categorías diferentes, de acuerdo a la tensión nominal de la instalación y la tensión soportada a impulsos.

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFASICOS	SISTEMAS MONOFASICOS	CATEGORIA IV	CATEGORIA III	CATEGORIA II	CATEGORIA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	-	8	6	4	2,5

Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están conectados a la instalación eléctrica fija, por ejemplo, ordenadores. En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija, por ejemplo, electrodomésticos.

Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos a los que se requiere un alto nivel de fiabilidad por ejemplo, armarios de distribución, interruptores, seccionadores, motores de máquinas.

Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución, por ejemplo, contadores de energía.

Medidas para el control de las sobretensiones

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad o es una red aérea apantallada). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria.
- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados. También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar. Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Selección de los materiales en la instalación

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Si la tensión soportada a impulsos es inferior a la indicada en la tabla se pueden utilizar;

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.

- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

c) Protección contra contactos directos e indirectos

Para proteger a las personas y animales de los choques eléctricos, conforme la ITC-BT-24, todo circuito estará protegido contra contactos directos e indirectos.

1) Protección contra contactos directos

Los medios de protección vienen indicados en la Norma UNE 20.460-4-41 y son:

Protección por aislamiento de las partes activas. Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que solo pueda eliminarse destruyéndolo.

Protección por medio de barreras. Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE 20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente. Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que sean fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Protección mediante obstáculos. Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento. Esta medida se limitará a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles por personal autorizado.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual. El empleo de dispositivos de corriente diferencial o residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2) Protección contra contactos indirectos

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante “corte automático de la alimentación”. Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deberán estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

Donde:

“ R_a ” es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

“ I_a ”, es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

“ U ”, es la tensión de contacto límite convencional (50V en locales secos y 24 V en locales húmedos).

- Instalación de puesta a tierra

La puesta a tierra tiene el fin de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y disminuir el riesgo de las averías en los materiales eléctricos. La instalación de puesta a tierra se hará conforme la ITC-BT-18.

1. Tomas de tierra. El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a;

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

De no cumplirse lo anteriormente indicado, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio

La toma de tierra se realizará en las inmediaciones del cuadro de protección y estará constituida por picas de acero cobreado provistas de abrazadera de latón. El terreno donde se hincuen se tratará para conseguir una resistencia menor de 20 ohmios. Desde estas picas se llevará un conductor de cobre a la pletina de tierras del cuadro de protección.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Del punto de puesta a tierra partirán las líneas principales. De las derivaciones de las líneas principales partirán los conductores de protección.

2. Líneas principales de tierra. La sección de los conductores principales de tierra cuando estén enterrados, debe estar de acuerdo con los valores de la tabla que se muestra a continuación.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Según apartado 3.4	16 mm ² Cobre 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm ² Cobre 50 mm ² Hierro
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3. Bornes de puesta a tierra

En la instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

4. Conductores de protección

Los conductores de protección que unen eléctricamente las masas de la instalación para asegurar la protección contra los contactos indirectos tendrán una sección no inferior a la fijada en la tabla adjunta:

Sección conductores fase S (mm ²)	Sección conductores protección Sp (mm ²)
$S \leq 16$	$Sp = S$
$16 < S \leq 35$	$Sp = 16$
$S > 35$	$Sp = S / 2$

- Red de equipotencialidad

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm² si es de cobre.

- Instalaciones interiores o receptoras

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito serán selectivos con los dispositivos de protección que les preceden.

Toda instalación se subdividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse.

Si el sistema de canalización elegido es montaje bajo tubo superficial y/o empotrado, se tendrá en cuenta lo indicado en la ITC-BT-20.

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, la distancia entre ambas superficies exteriores debe ser como mínimo de 3 cm. Para conductos de calefacción, aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, y estarán dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección, acceso a sus conexiones y su eventual reparación o modificación. En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Los conductores y cables que se empleen serán de cobre o aluminio, y aislamiento seco termoplástico con una tensión asignada no inferior a 0,6/1 KV, para líneas exteriores y 450/750 V para líneas interiores, excepto cuando vayan sobre aisladores y cumplan lo indicado en la ITC-BT-20. Tendrán una sección de acuerdo con la intensidad máxima admisible y de acuerdo con ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

La caída de tensión se calculará considerando todos los aparatos capaces de funcionar simultáneamente. Su valor debe ser menor de:

- 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado.
- 5% de la tensión nominal en origen, para fuerza y otros usos.

Los conductores deben ser fácilmente identificables mediante colores, especialmente el conductor neutro y el de protección.

Su tendido se realizará mediante tubo protector rígido de PVC, con características de no propagadores de la llama, del incendio y libres de halógenos cumpliendo las normas UNE-EN 50.085-1 y 50.086-1. Su instalación y colocación se hará conforme la ITC-BT-21, y en su defecto la norma UNE 20.640-5-523 y las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

1. Instalación y colocación de los tubos protectores

Las dimensiones y características de los tubos, así como las canalizaciones, serán según ITC-BT-21. Se seguirán las siguientes prescripciones generales:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, empleando una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura serán conforme a UNE-EN 50.086-2-2
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos, una vez colocados y fijados, disponiendo para ello de registros. Estos registros, en tramos rectos, no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3.
- Los registros podrán estar utilizados como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas que permitan alojar holgadamente todos los conductores. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se evitará que se produzcan condensaciones de agua en su interior, mediante montajes apropiados.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Si son flexibles la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas será menor de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

a) Tubos en montaje superficial:

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que fijan curvándose o usando los accesorios necesarios. Se fijarán a las paredes o techos con bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas cada 0,50 metros como máximo. Además se dispondrán en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Los tubos se dispondrán a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo para protegerlos de eventuales daños mecánicos.

b) Tubos en montaje empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Las rozas en los elementos de construcción no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Los tubos deben quedar recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo, que en los ángulos puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores. Cuando se instalen para la propia planta, los tubos deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de al menos 1 centímetro de espesor, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados con tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables al acabar la obra. Si se instalan en el interior de un alojamiento cerrado y practicable quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento
- Par tubos empotrados en paredes, los recorridos horizontales irán a 50 centímetros como máximo, de suelo o techo y los verticales a una distancia de los ángulos de las esquinas no superior a 20 centímetros.

c) Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Los cables tendrán una tensión asignada no inferior a 600/1000 V. armados, provistos de aislamiento y cubierta. Las dimensiones y características de los tubos, así como las canalizaciones, serán según ITC-BT-21. Este tipo de instalación cumplirá con lo especificado en la ITC-BT-20.

- Los cables se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen sus cubiertas.
- La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros, para evitar que los cables puedan doblarse por su propio peso.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación, se utilizarán cables armados o con una protección mecánica complementaria.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño, y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la protección mecánica, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación.

d) Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

- Los cables tendrán una tensión asignada no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección.
- Los cables o tubos podrán instalarse en los huecos de la construcción totalmente contruidos con materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120 como mínimo.
- Los huecos podrán ser conductos continuos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, o bien estar en falsos techos o muros con cámaras de aire.

- La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.
- Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, deberán protegerlas contra las acciones previsibles.
- Se evitarán las asperezas en el interior de los huecos, los elevados cambios de dirección y los pequeños radios de curvatura.
- La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial del elemento constructivo.
- Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles. Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco.

e) Conductores aislados bajo canales protectoras.

La canal protectora estará constituida por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar los conductores, y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

- Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X o superior, y estarán clasificadas según UNE-EN 50.085 como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos conforme a las instrucciones del fabricante y realizar empalmes de conductores.
- Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina y que sean conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las paredes.
- Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, asegurando su continuidad eléctrica.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- Alumbrado normal

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra. Este elemento irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para los receptores con lámparas de halógenos metálicos y halógenos de 12 V, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. Para las lámparas fluorescentes equipadas con reactancia electrónica, la carga mínima prevista será de 1,25 veces la potencia en vatios de cada una de ellas.

En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y además se conozca la

carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Los niveles de iluminación estarán de acuerdo con el apartado de cálculos luminotécnicos y en su defecto a la norma UNE-EN- 12464 en vigor.

- Alumbrado de emergencia

La instalación de alumbrado de emergencia tiene por objeto asegurar, en caso de fallo del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve (alimentación automática disponible en 0,5 segundos como máximo) y se instalará:

- repartido en todo el recinto
- en los pasillos de evacuación
- en los aseos generales
- en el local donde se ubique el cuadro general u otras instalaciones de protección
- en las salidas de emergencia
- en todo cambio de dirección de la ruta de evacuación
- en toda intersección de pasillo con las rutas de evacuación

1. Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía.

a) Alumbrado de evacuación

Es parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En las rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel de suelo y en el eje de los pasos principales una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

Donde estén situados los equipos manuales de protección contra incendios y en el cuadro de distribución, la iluminancia mínima será de 5 lux.

La relación entre la iluminancia máxima y mínima en el eje de los pasos principales será menor a 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

b) Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Lugares en que deberá instalarse alumbrado de emergencia.

Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

- a) En todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas dedicadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de mas de 100 personas.
- c) En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- d) En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- f) En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- g) En todo cambio de dirección de una ruta de evacuación.
- h) En toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- i) En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- j) A menos de 2 metros de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- k) A menos de 2 metros de cada cambio de nivel.
- l) A menos de 2 metros de cada puesto de primeros auxilios
- m) A menos de 2 metros de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
- n) En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de 5 lux a nivel de operación.

Sólo se instalará alumbrado de seguridad para zonas de alto riesgo en las zonas que así lo requieran.

Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia.

Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia.

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 metro de ella.

c) Alumbrado de zonas de alto riesgo

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

1.1.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LAS INSTALACIONES

La actividad a desarrollar es la de Docencia en Mecánica de Automóvil, por lo que deben cumplirse en particular las instrucciones técnicas siguientes:

ITC-BT-28 "Instalaciones en locales de pública concurrencia", en lo referente a instalaciones donde se produce la presencia de personas que desconocen las medidas de seguridad y evacuación del local.

Por lo tanto;

- Se dispondrá de alumbrado de emergencia que asegure, en caso de fallo del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas. Este alumbrado se repartirá entre las tres fases.

ITC-BT-29 "Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión"

Por lo tanto:

Los sistemas de cableado cumplirán con la norma UNE-EN 600079-14 y la norma UNE-EN 50039.

Los cables se dispondrán en conductos o bandejas que cumplan lo indicado en el punto 9.3 de la ITC-BT-29. En el caso de emplear canaletas, estas se dispondrán pegadas al techo con prensaestopas en las entradas y salidas.

No se situarán interruptores ni enchufes a altura inferior a 1,5 m. con respecto al suelo.

1.1.3. SOLUCION ADOPTADA

La instalación eléctrica se realizará en toda la edificación objeto del presente proyecto, consistirá en alumbrado, alumbrado de emergencia, tomas de corriente para maquinas y usos varios, climatización, cuadros de tomas de fuerza para alimentación varia e instalación de red de tierras.

La corriente será alterna trifásica a 400 Voltios de tensión de servicio y 50 Hz. de frecuencia, procedente del Centro de Transformación situado en las inmediaciones del local. La distancia entre el Cuadro General de Distribución y el centro de transformación, se resuelve con una línea trifásica de 25 metros de longitud, formada por un cable de $3 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ Cu}$, bajo tubo normalizado de plástico.

Esta derivación individual admitirá una intensidad máxima en servicio permanente de 224 A (teniendo en cuenta los factores de corrección correspondientes al tipo de instalación), superior a la intensidad máxima prevista en la instalación. La potencia máxima admisible de la instalación es de 128 Kw superior a la instalada de 81 Kw. La instalación se protege con un interruptor magnetotérmico de IV polos, intensidad nominal 125 A, siendo por tanto la potencia máxima utilizable por la instalación de 87 Kw.

Desde el Cuadro General de Distribución ubicado según planos, parten las 2 líneas trifásicas que alimentan a los cuadros de los talleres, la fuerza y el alumbrado para las zonas comunes y las emergencias. De este modo se puede cortar el suministro de todo el edificio en la entrada. En este cuadro se instalan los interruptores contra sobrecargas y cortacircuitos de corte omnipolar para los circuitos de los aseos, vestíbulo y acceso, así como interruptores diferenciales de alta sensibilidad destinados a la protección contra contactos indirectos.

En cada uno de los talleres se dispone de un cuadro secundario con los elementos de protección necesarios para la red de fuerza y alumbrado propia del taller.

Para la instalación interior se proyectan conductores aislados 1000 V sobre canaleta metálica para la red de fuerza en los talleres y sobre tubo empotrado en los aseos, vestíbulo y acceso. Para el alumbrado se emplea cables unipolares de 750V, bajo tubo. Toda la instalación queda definida en el correspondiente anejo del proyecto de ejecución.

Los conductores serán de polietileno reticulado de cobre, no propagadores de incendio con emisión de humos y opacidad reducida con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 parte 4 ó 5; o la norma UNE 211002 en las zonas comunes. En los talleres además deben cumplir los requisitos específicos que fija la ITC-BT-29.

Los circuitos de alumbrado y fuerza se distribuyen en las tres fases garantizando el equilibrado de cargas en la instalación.

1.2. CÁLCULOS

1.2.1. OBJETO

El objeto del presente anexo es el estudio para su ejecución y puesta en servicio de la instalación eléctrica para los talleres de prácticas para la Docencia en Mecánica del Automóvil.

1.2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La instalación eléctrica se realizará en toda la edificación objeto del presente proyecto, consistirá en alumbrado, alumbrado de emergencia, tomas de corriente para maquinaria y usos varios, climatización, cuadros de tomas de fuerza para alimentación varia e instalación de red de tierras.

Su descripción completa se encuentra en el apartado de Memoria. Los datos fundamentales se reflejan en el cuadro siguiente:

LINEA	Nº líneas	Tensión (V)	Intensidad (A)	Pot. Total (Kw)
Derivación individual	1	400	123	81
Derivación trifásica a Taller T1	1	400	60	41,4
Derivación trifásica a Taller T2	1	400	48	33,3
Red Trifásica de fuerza	20	400	-	-
Red Monofásica de fuerza	8	240	-	-
Red de alumbrado	11	240	-	3,7
Red de emergencia	3	240	-	0,1

Los diámetros de los conductores y las protecciones correspondientes se calculan a continuación. Los resultados figuran en el esquema unifilar.

1.2.3. SUPERFICIES Y DEPENDENCIAS

Las aulas de prácticas y sus correspondientes servicios constituyen un edificio aislado de planta baja, con las características adecuadas para el fin previsto, comprendiendo las dependencias y superficies indicadas en la memoria.

Todos estos módulos están reflejados con sus dimensiones en los correspondientes planos.

1.2.4. CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN

El cálculo de la ocupación realizado de conformidad con el CTE SI 3, y que figura en la Memoria, resulta ser de 100 personas. La actividad del local será la de docencia.

Dado que se trata de un establecimiento de carácter docente con una ocupación prevista según el DB-SUA mayor de 50 personas, está catalogado como de pública concurrencia por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión; por lo que será preceptivo lo indicado en su ITC-BT-028.

Si realizamos el cálculo de ocupación de conformidad con la ITC-BT-028 deberemos considerar el espacio útil descontando los pasillos, vestíbulos y servicios. Obteniendo:

- Superficie computable; $199,7 + 299,0 = 498,7 \text{ m}^2$
- Ocupación (razón de 1 persona/0,8 m^2) = 624 personas

A pesar de lo anteriormente expuesto en la revisión 2 de septiembre de 2004 de la Guía Técnica de Aplicación (Guía BT-28) "Instalaciones en locales de pública concurrencia" de la mencionada ITC-BT-28 la interpretación de la ocupación es menos restrictiva. En un párrafo de dicha Guía se dice:

"Dado que la determinación de la superficie útil de cada local de pública concurrencia depende de su actividad y teniendo en cuenta que existen valores de densidad de ocupación particularizados en cada tipo de actividad tanto en la NBR-CP-96, como en el futuro Código Técnico de la Edificación (CTE), se recomienda que el cálculo de la ocupación del local se realice utilizando los valores indicados es éstos últimos y en el caso de que la actividad del local no esté contemplada en ellos se utilice el valor genérico indicado en esta ITC-BT-28"

Por lo tanto, se tomará la ocupación resultante del cálculo realizado según el Código Técnico; en donde los valores de ocupación se adecuan más a la actividad a realizar.

1.2.5. CIRCUITOS DE ALUMBRADO

Los equipos de alumbrado cumplirán con lo establecido en la norma UNE-EN 60598 y las partes metálicas deberán tener conexión a la red de puesta a tierra. En esta instalación se emplearán los siguientes tipos:

- Luminarias cerradas industriales con tubos tipo led.
- Luminarias cerradas con tubos fluorescentes T-5.
- Pantallas empotrables con 4 tubos led TL-5.

Como se ha mencionado en la Memoria se dispone un cuadro principal que contiene el alumbrado y fuerza de los aseos, el vestíbulo y el acceso y dos subcuadros, uno para cada uno de los talleres con la fuerza y alumbrado de estos.

La parte de alumbrado asociado al Cuadro principal es:

CUADRO GENERAL. ALUMBRADO					
ZONA	DESCRIPCION LUMINARIA	Nº	Pot. absor	Pot. Total	Circuito
Aseos Masculinos	Smartform TPS 4xTL5	2	59	118	A-1
Aseos Femeninos	Smartform TPS 4xTL5	2	59	118	A-2
Vestíbulo	Smartform TPS 4xTL5	3	59	177	A-3
Almacén General	Tubo cerrado T5 49 w	3	53	286	A-3
Acceso	Smartform TPS 4xTL5	2	59	118	A-3
POTENCIA TOTAL (w)				817	

La parte de alumbrado asociado al Cuadro Secundario del Taller 1 es:

CUADRO SECUNDARIO TALLER 1. ALUMBRADO					
ZONA	DESCRIPCION LUMINARIA	Nº	Pot. absor	Pot. Total	Circuito
Almacén Taller 1	Tubo cerrado T5 49 w	2	53	191	A-4
Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	7	50,2	351,4	A-5

Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	7	50,2	351,4	A-6
Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	6	50,2	301,2	A-7
POTENCIA TOTAL (w)				1.195	

La parte de alumbrado asociado al Cuadro Secundario del Taller 2 es:

CUADRO SECUNDARIO TALLER 2. ALUMBRADO					
ZONA	DESCRIPCION LUMINARIA	Nº	Pot. absor	Pot. Total	Circuito
Almacén Taller 2	Tubo cerrado T5 49 w	2	53	191	A-8
Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	10	50,2	502	A-9
Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	10	50,2	502	A-10
Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	10	50,2	502	A-11
POTENCIA TOTAL (w)				1.697	

* Nota: En estos cuadros las potencias de las lámparas de descarga y fluorescente se han multiplicado por 1,8 para calcular los conductores.

1.2.6. CIRCUITO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El circuito de alumbrado emergencia tendrá protección específica no dependiendo de la protección de los demás equipos de alumbrado. En este caso se reparte en tres circuitos, uno por fase, para evitar la posible caída de una sola fase. Sus cálculos figuran en el apartado de iluminación.

Como se ha mencionado en la Memoria la iluminación de emergencia va en el cuadro principal.

CUADRO GENERAL. ALUMBRADO EMERGENCIA					
ZONA	DESCRIPCION LUMINARIA	Nº	Pot. absor	Pot. Total	Circuito
Taller 1	Legrand 661404	1	11	11	E-1
Taller 2	Legrand 661404	1	11	11	E-1
Almacén Taller 1	Legrand 661402	1	6	6	E-1
Baños masculinos	Legrand 661402	1	6	6	E-1
Taller 1	Legrand 661404	1	11	11	E-2
Taller 2	Legrand 661404	1	11	11	E-2
Almacén Taller 2	Legrand 661402	1	6	6	E-2
Baños femeninos	Legrand 661402	1	6	6	E-2
Taller 1	Legrand 661404	1	11	11	E-3
Taller 2	Legrand 661404	1	11	11	E-3
Vestíbulo	Legrand 661402	1	6	6	E-3
Almacén General	Legrand 661402	1	6	6	E-3
Acceso	Legrand 661402	1	6	6	E-3
POTENCIA TOTAL (w)				108	

1.2.7. SUMINISTROS COMPLEMENTARIOS

Son aquellos que a efectos de seguridad y continuidad de suministro complementan a un suministro normal.

Deberán disponer de suministro de socorro los locales de reunión con una ocupación prevista de más de 300 personas, ITC - BT 28. Como en el caso que nos ocupa el aforo es inferior a 300 personas no es necesario disponer de suministro de socorro.

Los locales de uso administrativo no están incluidos en los establecimientos que deben disponer de suministro de reserva, por lo que no le es aplicable.

1.2.8. FUERZA

Se dispone un cuadro principal de fuerza que alimenta a los dos subcuadros de los Talleres y a los servicios comunes a ambos; aseos, vestíbulo, acceso y almacén general. Este cuadro se compone de las siguientes líneas:

CUADRO GENERAL. POTENCIA					
ZONA	DESCRIPCION	Nº	Pot. kW	Pot. Total	Circuito
Aseo Masculino	Secamanos, Enchufes varios	2	1	2	F-2
Aseo Femenino	Secamanos, Enchufes varios	2	1	2	F-3
Vestíbulo	Enchufes varios	1	1	1	F-4
Almacén General	Enchufes varios	1	1	1	F-4
Acceso	Enchufes varios	1	1	1	F-4
Taller 1	Cuadro Taller 1	1	70	70	F-5
Taller 2	Cuadro Taller 2	1	70	70	F-6
General	Reserva 1	1			R-1

En previsión de futuras ampliaciones, exclusivamente para el dimensionamiento de los conductores de las líneas de enlace entre el cuadro general y los cuadros de los talleres se toma como potencia nominal 70 Kw. También y solo para el dimensionado de las líneas de los enchufes de usos varios se aceptan 2000 w.

Los cuadros de los talleres se componen de las siguientes líneas:

CUADRO SECUNDARIO TALLER 1. POTENCIA					
ZONA	DESCRIPCION	Nº	Pot. kW	Pot. Total	Circuito
Taller 1	Toma de fuerza 1	1	22,2	22,2	T-1
Taller 1	Toma de fuerza 2	1	22,2	22,2	T-2
Taller 1	Toma de fuerza 3	1	22,2	22,2	T-3
Taller 1	Toma de fuerza 4	1	22,2	22,2	T-4
Taller 1	Toma de fuerza 5	1	22,2	22,2	T-5
Taller 1	Toma de fuerza 6	1	22,2	22,2	T-6
Taller 1	Elevador de 2 columnas	1	3	3	F-7
Taller 1	Elevador de 2 columnas	1	3	3	F-8
Almacén Taller 1	Enchufes varios	1	2	2	F-9
Taller 1	Climatización y ventilación	2	0,75	1,5	F-10
Taller 1	Reserva 2	1			R-2
Taller 1	Reserva 3	1			R-3

CUADRO SECUNDARIO TALLER 2. POTENCIA					
ZONA	DESCRIPCION	Nº	Pot. W	Pot. Total	Circuito
Taller 2	Toma de fuerza 11	1	22,2	22,2	T-11
Taller 2	Toma de fuerza 12	1	22,2	22,2	T-12
Taller 2	Toma de fuerza 13	1	22,2	22,2	T-13
Taller 2	Toma de fuerza 14	1	22,2	22,2	T-14
Taller 2	Toma de fuerza 15	1	22,2	22,2	T-15
Taller 2	Toma de fuerza 16	1	22,2	22,2	T-16
Taller 2	Toma de fuerza 17	1	22,2	22,2	T-17

Taller 2	Toma de fuerza 18	1	22,2	22,2	T-18
Taller 2	Elevador de 2 columnas	1	3	3	F-12
Taller 2	Elevador de 2 columnas	1	3	3	F-13
Taller 2	Elevador de 4 columnas	1	2,2	2,2	F-14
Taller 2	Elevador de 4 columnas	1	2,2	2,2	F-15
Almacén Taller 2	Enchufes varios	1	2	2	F-16
Taller 2	Climatización y ventilación	2	1,5	3	F-17
Taller 2	Reserva 3	1		0	R-4
Taller 2	Reserva 4	1		0	R-5

En cada uno de los talleres se disponen cuadros auxiliares con tomas Cetac donde se conectarán los equipos móviles. Estos cuadros son todos iguales y disponen de las siguientes conexiones;

CUADROS AUXILIARES TALLERES					
Elemento	Intensidad (A)	Tensión (V)	Nº	Pot. kW	Pot. Total
Toma trifásica	25	400	1	17,3	17,3
Toma trifásica	16	400	1	11	11
Toma monofásica	16	240	5	3,5	17,5

El térmico general de cada cuadro auxiliar será trifásico de 32 A por lo tanto la potencia de cálculo de la línea será de 22,2 Kw.

Nota; Para el cálculo de los circuitos, en los motores aislados se multiplicará la potencia nominal por 1,25. Cuando hay varios motores se multiplica el de mayor potencia por 1,25 y los demás por 1.

1.2.9. POTENCIAS PREVISTA, MÁXIMA Y CONTRATADA

Para calcular la potencia prevista consideramos:

Alumbrado: Todas las estancias y puestos de trabajo están iluminados simultáneamente, siendo únicamente esporádicas en los aseos y cuartos de instalaciones. Se estima un coeficiente de simultaneidad de 1.

Fuerza: Se considera un coeficiente de simultaneidad de 0,85 para todos los equipos, valor que difícilmente se dará en la realidad, pues entre otras razones rara vez no funcionarán los elevadores al mismo tiempo.

Emergencias: No se considera pues su uso anula una de las anteriores.

En consecuencia:

POTENCIAS MÁXIMA Y PREVISTA	
Potencia alumbrado (Kw)	2,51
Potencia fuerza (Kw)	78,6
Coeficiente de simultaneidad alumbrado	1
Coeficiente de simultaneidad fuerza	0,85
Factor de potencia	0,9
Potencia Máxima (Kw)	81,1
Potencia Prevista (Kw)	77

Al ser la potencia prevista inferior a 100 KVA no es necesario prever el espacio para un centro de transformación.

En función de la potencia instalada indicada, la simultaneidad de funcionamiento previsible, el horario de trabajo y demás características, se determinará en su momento la potencia a contratar, así como el equipo de medida idóneo.

Si aplicamos la ITC-BT-10 del REBT, tenemos que para instalaciones de oficinas se debe estimar una carga de 100 w/m². Para nuestro caso serían 1061 x 100 = 106 Kw, valor inferior al que hemos obtenido en función de las cargas consideradas.

1.2.10. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES

Todos los conductores serán de cobre o aluminio, aislamiento seco termoplástico con una tensión asignada de 0,6/1 KV. para líneas exteriores y 450/750 V. para líneas interiores, su cubierta estará libre de halógenos, baja emisión de humos en el interior de tubos protectores rígidos de PVC, enterrados o empotrados.

El cálculo y elección de estas secciones se hace teniendo en cuenta:

	Contadores totalmente concentrados		Contadores parcialmente concentrados		Suministro para un único usuario sin LGA	
	Alumb.	Fuerza	Alumb.	Fuerza	Alumb.	Fuerza
Línea general alimentación (ITC-BT-14)	0,5 %		1 %		-	
Derivaciones individuales (ITC-BT-15)	1 %		0,5 %		1,5 %	
Instalación interior (ITC-BT-19)	3 %	5 %	3 %	5 %	3 %	5 %
Caída de tensión admisible TOTAL	4,5 %	6,5 %	4,5 %	6,5 %	4,5 %	6,5 %

En instalaciones industriales que se alimente directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, los valores máximos admisibles de la caída de tensión serán del 4,5 % para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para los de fuerza.

Para el cálculo de la sección de los conductores se tienen en cuenta las expresiones siguientes:

Circuitos trifásicos
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} \text{ A} \quad S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot e} \text{ o } \frac{P \cdot l}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Circuitos monofásicos:
$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \text{ A} \quad S = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{c \times e} \text{ o } \frac{2 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Si despreciamos el término de reactancia, al ser mucho mayor la componente resistiva, la caída de tensión será:

Circuitos trifásicos: $\Delta U = \sqrt{3} \times R \times I \times \cos \varphi$ siendo $R = c \times L / S$

Circuitos monofásicos: $\Delta U = 2 \times R \times I \times \cos \varphi$ siendo $R = c \times L / S$

siendo:

P = potencia en vatios

S = sección del conductor de fase (mm²)

L = longitud de la línea en metros

e = caída de tensión en voltios (máx. 3 %, 12 V para alimentación trifásica)

I = Intensidad en amperios

c = conductividad en Siemens (1/56 para el cobre y 1/36 para el aluminio a 20°C), que se corregirá para la temperatura máxima de trabajo del cable

V = tensión en voltios (230 V monofásica, 400 V trifásica)

Se tendrá en cuenta asimismo la tabla 1 de ITC-BT-19

La intensidad de cortocircuito será:

$$\text{Entre fases: } I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} Z}$$

$$\text{Entre fase y neutro: } I_{cc} = \frac{U_f}{2 \times Z}$$

Donde:
 U_l = tensión compuesta o de línea en voltios
 U_f = tensión simple o de fase en voltios
 Z = impedancia total en el punto de cortocircuito en Mohm
 I_{cc} = intensidad de cortocircuito en KA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia y reactancia totales de los elementos hasta el punto de cortocircuito:

$$Z = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo: $R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ Resistencia total en el punto de cortocircuito.
 $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse lo siguiente:

$$I^2 \times t \leq K \times \Delta T \times S^2 \quad \text{para } 0,01 \leq 0,1 \text{ s,} \quad \text{y donde:}$$

I = Intensidad permanente de cortocircuito.
 t = Tiempo de desconexión en segundos.
 K = Constante que depende del tipo de material.
 ΔT = Sobretemperatura máxima del cable en °C.
 S = Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Este valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 segundos.

1.2.11. DERIVACIÓN INDIVIDUAL

La derivación individual parte de la línea general de alimentación y suministra energía eléctrica a la instalación de usuario. El conductor a emplear será cobre o aluminio siguiendo el código de colores indicado en la ITC-BT-19, con una tensión asignada de 0,6/1 kV, de seguridad aumentada, no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. El tubo irá en canalización enterrada en tubo de PVC y tendrá un diámetro tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%.

Considerando una temperatura máxima del cable de 90°, y en consecuencia una conductividad de 1/44, los resultados figuran en la tabla siguiente:

CÁLCULO DERIVACIÓN INDIVIDUAL TRIFÁSICA			
DATOS		RESULTADOS	
Potencia instalada (Kw)	81,1	Intensidad para la potencia instalada (A)	123

Potencia demandada (Kw)	77	Intensidad para la potencia demandada (A)	117
Tensión de alimentación (V)	400	Sección mínima por caída de tensión (mm ²)	19
Caída de tensión admisible %	1,5	Caída de tensión resultante (%)	0,41
Longitud (m)	25	Caída de tensión resultante V	1,65
Tipo instalación	enterrada	Sección de fases (mm ²)	70
Tipo conductor (PCV, XLPE) (Cu, Al)	XLPE, Cu	Sección de neutro (mm ²)	70
Resistividad conductor	44	Sección protección (mm ²)	50
Factor de potencia, Cos ϕ	0,95	Diámetro tubo PVC (mm)	140
Sección elegida (mm ²)	70	Interruptor automático (A)	160
Intensidad max. Sección (A)	224	Coefficiente de seguridad de la línea	1,91

Para la derivación individual se usarán cables unipolares XLPE (RZ1 0,6/1 kV) de Cu de 70 mm² de sección, cuya intensidad máxima admisible para montaje enterrado es de 186 A con un factor de corrección de 0,8.

El diámetro del tubo para montaje enterrado será de 140 mm

1.2.12. CIRCUITOS DE ALUMBRADO

El conductor a emplear será de cobre siguiendo el código de colores indicado en la ITC-BT-19, con una tensión asignada de 0,6/1 kV, no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Irá alojado bajo tubo plástico rígido.

En todas las zonas se establecerán, partiendo de la red trifásica de alimentación de alumbrado, tres circuitos monofásicos de dos conductores RN, SN y TN, (fase y neutro) protegidos con interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales independientes para cada uno de estos circuitos, de forma que se realice un reparto equitativo de las lámparas de alumbrado entre las tres fases. A fin de conseguir una mayor fiabilidad en el alumbrado para el caso de fallo de suministro en una de estas fases que se protegerán por separado según se indica en los planos.

La distribución del alumbrado se realizará con un cuadro general de alumbrado con sus correspondientes interruptores magnetotérmicos, desde los que se realizarán los encendidos centralizados. Los encendidos localizados se accionarán mediante mecanismos de 10 A.

Los circuitos de alumbrado, la tensión nominal, la potencia demandada, la longitud de la línea, la sección de los conductores, la caída de tensión se reflejan en los cuadros adjuntos: *Cálculos de los conductores de los circuitos de alumbrado*.

CALCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE ALUMBRADO																	
Línea	Derivación	LOCAL	TIPO DE LUMINARIA	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	$\cos \varphi$	Resistividad	Intensidad (l)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caída tensión (V)	Caída tens. %
A-1	1	Aseos Masc. + V + A	Smartform TPS 4xTL5	15	236	230	1	1	3	0,9	44	1,1	0,1	1,5	16	0,47	0,20
A-2	1	Aseos Fem + V + A	Smartform TPS 4xTL5	15	236	230	1	1	3	0,9	44	1,1	0,1	1,5	16	0,47	0,20
A-3	1	Vestíbulo	Smartform TPS 4xTL5	7	118	230	1	1	3	0,9	44	0,6	0,0	1,5	16	0,11	0,05
A-3	2	Almacén General	Tubo cerrado T5 49 w	4	286	230	1	1	3	0,9	44	1,4	0,0	1,5	16	0,15	0,07
A-3	1	Acceso	Smartform TPS 4xTL5	7	118	230	1	1	3	0,9	44	0,6	0,0	1,5	16	0,11	0,05

CÁLCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE ALUMBRADO																	
Línea	Derivación	LOCAL	TIPO DE LUMINARIA	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	$\cos \varphi$	Resistividad	Intensidad (l)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caída tensión (V)	Caída tens. %
A-4	R	Almacén Taller 1	Tubo cerrado T5 49 w	20	191	230	1	1	3	0,9	44	0,9	0,1	1,5	16	0,50	0,22
A-5	R	Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	28	301	230	1	1	3	0,9	44	1,5	0,2	1,5	16	1,11	0,48
A-6	S	Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	28	351	230	1	1	3	0,9	44	1,7	0,3	1,5	16	1,29	0,56
A-7	T	Taller 1	Tubo led WT 460 CL 1600	28	351	230	1	1	3	0,9	44	1,7	0,3	1,5	16	1,29	0,56
A-8	R	Almacén Taller 2	Tubo cerrado T5 49 w	20	191	230	1	1	3	0,9	44	0,9	0,1	1,5	16	0,50	0,22
A-9	R	Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	35	502	230	1	1	3	0,9	44	2,4	0,5	1,5	16	2,31	1,01
A-10	S	Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	35	502	230	1	1	3	0,9	44	2,4	0,5	1,5	16	2,31	1,01
A-11	T	Taller 2	Tubo led WT 460 CL 1600	35	502	230	1	1	3	0,9	44	2,4	0,5	1,5	16	2,31	1,01

1.2.13. CIRCUITOS DE FUERZA

El conductor a emplear será de cobre siguiendo el código de colores indicado en la ITC-BT-19, con una tensión asignada de 0,6/1 kV, no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Irá alojado bajo tubo plástico rígido.

La tomas de corriente, tanto trifásicas como monofásicas, estarán construidas en material aislante total, cuerpo y piezas soporte de polyamida, aislante autoextinguible y resistencia a la corrosión, protección IP-447, 500 V. 3P+T y 2P+T, 16 y 25 A, construidas cumpliendo UNE 20315 y UNE EN 60309 en zonas de uso industrial y no público.

Las acometidas finales a los motores y máquinas se realizarán bajo tubo metálico flexible, con racores de conexión roscados.

En el caso de tomas de fuerza de usos varios se usa un coeficiente de simultaneidad que depende del número de equipos iguales y de su probabilidad de uso. Para el caso de los enchufes de usos varios se acepta para dos enchufes 0,9, para tres 0,8 y para cuatro o más 0,75.

Los circuitos de fuerza, la tensión nominal, la potencia demandada, la longitud de la línea, la sección de los conductores, la caída de tensión se reflejan en el cuadro adjunto; *“Cálculos de los conductores de los circuitos de fuerza”*.

CÁLCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE FUERZA TRIFÁSICO																
Línea	LOCAL	EQUIPO	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	cos φ	Resistividad	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caida tensión (V)	Caida tens. %
F-5	Taller 1	Cuadro T-1	10	70.000	400	0,85	1	5	0,85	44	101,2	1,7	35,0	50	0,58	0,14
F-6	Taller 2	Cuadro T-2	5	70.000	400	0,85	1	5	0,85	44	101,2	0,8	35,0	50	0,29	0,07

CÁLCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE FUERZA TRIFÁSICO																
Línea	LOCAL	EQUIPO	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	cos φ	Resistividad	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caida tensión (V)	Caida tens %
T-1	Taller 1	Toma de Fuerza 1	30	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,7	6,0	25	3,31	0,83
T-2	Taller 1	Toma de Fuerza 2	22	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,2	6,0	25	2,42	0,61
T-3	Taller 1	Toma de Fuerza 3	15	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	0,8	6,0	25	1,65	0,41
T-4	Taller 1	Toma de Fuerza 4	10	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	0,6	6,0	25	1,10	0,28
T-5	Taller 1	Toma de Fuerza 5	23	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,3	6,0	25	2,54	0,63
T-6	Taller 1	Toma de Fuerza 6	24	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,3	6,0	25	2,65	0,66
F-7	Taller 1	Maquinaria fija 1	19	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,2	4,0	25	0,61	0,15
F-8	Taller 1	Maquinaria fija 1	12	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,1	4,0	25	0,38	0,10

T-11	Taller 2	Toma de Fuerza 11	15	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	0,8	6,0	25	1,65	0,41
T-12	Taller 2	Toma de Fuerza 12	23	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,3	6,0	25	2,54	0,63
T-13	Taller 2	Toma de Fuerza 13	21	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,2	6,0	25	2,31	0,58
T-14	Taller 2	Toma de Fuerza 14	29	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,6	6,0	25	3,20	0,80
T-15	Taller 2	Toma de Fuerza 15	35	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,9	6,0	25	3,86	0,96
T-16	Taller 2	Toma de Fuerza 16	41	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	2,3	6,0	25	4,52	1,13
T-17	Taller 2	Toma de Fuerza 17	25	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,4	6,0	25	2,76	0,69
T-18	Taller 2	Toma de Fuerza 18	33	22.170	400	0,7	1,25	5	0,85	44	33,0	1,8	6,0	25	3,64	0,91
F-12	Taller 2	Maquinaria fija 1	15	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,2	4,0	20	0,48	0,12
F-13	Taller 2	Maquinaria fija 1	21	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,2	4,0	25	0,67	0,17
F-14	Taller 2	Maquinaria fija 2	29	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,3	4,0	25	0,93	0,23
F-15	Taller 2	Maquinaria fija 2	35	3.000	400	1	1,25	5	0,85	44	6,4	0,4	4,0	25	1,12	0,28
R-2	Taller 1	Reserva 1														
R-3	Taller 1	Reserva 2														
R-4	Taller 2	Reserva 3														
R-5	Taller 2	Reserva 4														

CÁLCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE FUERZA MONOFÁSICO																
Línea	LOCAL	ELEMENTO	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	$\cos \varphi$	Resistividad	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caída tensión (V)	Caída tens. %
F-2	Aseo Masculino	Secamanos, Ench .varios	16	4.000	230	0,6	1,25	5	0,9	44	14,5	0,8	2,5	25	2,28	0,99
F-3	Aseo Femenino	Secamanos, Ench. varios	16	4.000	230	0,6	1,25	5	0,9	44	14,5	0,8	2,5	25	2,28	0,99
F-4	Vestíbulo	Enchufes varios	11	2.000	230	0,5	1	5	0,9	44	4,8	0,2	2,5	25	0,52	0,23
F-4	Almacén General	Enchufes varios	5	2.000	230	0,5	1	5	0,9	44	4,8	0,1	2,5	25	0,24	0,10
F-4	Acceso	Enchufes varios	7	2.000	230	0,5	1	5	0,9	44	4,8	0,1	2,5	25	0,33	0,14

CALCULO CONDUCTORES CIRCUITO DE FUERZA MONOFASICO																
Línea	LOCAL	ELEMENTO	Longitud (m)	Potencia (W)	Tensión (V)	Coef. Simult.	Coef. Corrección	Δ Tensión (%)	cos φ	Resistividad	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Sección (mm ²)	Ø tubo	Caida tensión (V)	Caída tens. %
F-9	Almacén Taller 1	Enchufes varios	17	2.000	230	0,6	1	5	0,9	44	5,8	0,4	2,5	25	0,97	0,42
F-10	Taller 1	Clima- Ventilación	20	1.500	230	1	1,25	5	0,9	44	9,1	0,6	2,5	25	1,78	0,77
F-16	Almacén Taller 2	Enchufes varios	17	2.000	230	0,6	1	5	0,9	44	5,8	0,4	2,5	25	0,97	0,42
F-17	Taller 2	Clima- Ventilación	20	3.000	230	1	1,25	5	0,9	44	18,1	1,3	2,5	25	3,56	1,55

1.2.14. PROTECCIONES

En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán los dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen. El conexionado interior de los cuadros se realizará con conductores de cobre con aislamiento ES07Z1-K(AS), es decir libre de halógenos y no propagadores de la llama.

Los dispositivos a colocar serán:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Relés diferenciales destinados a la protección contra contactos indirectos por cada grupo de circuitos.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

1.2.15. PROTECCIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES

a) Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_u \leq I_n \leq I_z \text{ cable} \quad \text{e} \quad I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Siendo:

- I_{uso} = Intensidad de utilización prevista.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Los resultados para cada una de las líneas incluyendo la protección a emplear, se reflejan en el cuadro adjunto; “Cálculos de protecciones circuitos de alumbrado” y “Cálculos de protecciones circuitos de fuerza”.

Por ser los talleres locales de riesgo de incendio la intensidad máxima de los conductores se reduce en un 15%.

CÁLCULO PROTECCIONES CIRCUITOS DE ALUMBRADO									
Circuito	LOCAL	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Int. max cable (A)	Término Nominal	Coefte de protecc (1,3 - 1,45)	Sobrecarga	Curva de disparo	Poder de corte (kA)
A-1	Aseos Masc+V+A	1,1	1,5	16	10	1,45	Cumple	C	4500
A-2	Aseos Fem+V+A	1,1	1,5	16	10	1,45	Cumple	C	4500
A-3	Vestib. Acceso,...	1,2	1,5	16	10	1,45	Cumple	C	4500
A-4	Almacén Taller 1	0,9	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-5	Taller 1	1,5	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-6	Taller 1	1,7	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-7	Taller 1	1,7	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500

A-8	Almacén Taller 2	0,9	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-9	Taller 2	2,4	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-10	Taller 2	2,4	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500
A-11	Taller 2	2,4	1,5	13,6	10	1,45	Cumple	C	4500

CÁLCULO PROTECCIONES CIRCUITOS DE FUERZA TRIFÁSICO										
Circuito	LOCAL	EQUIPO	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Int. max cable (A)	Termico Nominal	Coefte de protección (1,3 - 1,45)	Sobrecarga	Curva de disparo	Poder de corte (kA)
F-5	Taller 1	Cuadro T-1	101,2	35,0	111	100	1,30	Cumple	D	15000
F-6	Taller 2	Cuadro T-2	101,2	35,0	111	100	1,30	Cumple	D	15000

CÁLCULO PROTECCIONES CIRCUITOS DE FUERZA TRIFÁSICO										
Circuito	LOCAL	EQUIPO	Intensidad (I)	Sección (mm ²)	Int. max cable (A)	Termico Nominal	Coefte de protección (1,3 - 1,45)	Sobrecarga	Curva de disparo	Poder de corte (kA)
T-1	Taller 1	Toma de Fuerza 1	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-2	Taller 1	Toma de Fuerza 2	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-3	Taller 1	Toma de Fuerza 3	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-4	Taller 1	Toma de Fuerza 4	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-5	Taller 1	Toma de Fuerza 5	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-6	Taller 1	Toma de Fuerza 6	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
F-7	Taller 1	Maquinaria fija 1	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
F-8	Taller 1	Maquinaria fija 1	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
T-11	Taller 2	Toma de Fuerza 11	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-12	Taller 2	Toma de Fuerza 12	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-13	Taller 2	Toma de Fuerza 13	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-14	Taller 2	Toma de Fuerza 14	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-15	Taller 2	Toma de Fuerza 15	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-16	Taller 2	Toma de Fuerza 16	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-17	Taller 2	Toma de Fuerza 17	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
T-18	Taller 2	Toma de Fuerza 18	33,0	6,0	37	32	1,30	Cumple	C	15000
F-12	Taller 2	Maquinaria fija 1	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
F-13	Taller 2	Maquinaria fija 1	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
F-14	Taller 2	Maquinaria fija 2	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
F-15	Taller 2	Maquinaria fija 2	6,4	4,0	29	25	1,30	Cumple	C	10000
R-2	Taller 1	Reserva 1								

R-3	Taler 1	Reserva 2								
R-4	Taller 2	Reserva 3								
R-5	Taller 2	Reserva 4								

CÁLCULO PROTECCIONES CIRCUITOS DE FUERZA MONOFÁSICA										
Circuito	LOCAL	ELEMENTO	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Int. max cable (A)	Termico Nominal	Coeffe de protecc (1,3 - 1,45)	Sobrecarga	Curva de disparo	Poder de corte (kA)
F-2	Aseo Masculino	Secamanos, Ench .varios	14,5	2,5	25	16	1,45	Cumple	C	4500
F-3	Aseo Femenino	Secamanos, Ench. varios	14,5	2,5	25	16	1,45	Cumple	C	4500
F-4	Vestíbulo	Enchufes varios	14,4	2,5	25	16	1,45	Cumple	C	4500

CALCULO PROTECCIONES CIRCUITOS DE FUERZA MONOFASICA										
Circuito	LOCAL	ELEMENTO	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Int. max cable (A)	Termico Nominal	Coeffe de protecc (1,3 - 1,45)	Sobrecarga	Curva de disparo	Poder de corte (kA)
F-9	Almacén Taller 1	Enchufes varios	5,8	2,5	21	16	1,45	Cumple	C	4500
F-10	Taller 1	Clima- Ventilación	9,1	2,5	21	16	1,45	Cumple	C	4500
F-16	Almacén Taller 2	Enchufes varios	5,8	2,5	21	16	1,45	Cumple	C	4500
F-17	Taller 2	Clima- Ventilación	18,1	4,0	29	25	1,45	Cumple	C	4500

b) Para que la línea quede protegida contra un cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\begin{aligned} \text{Para } I_{cc} \text{ máx:} & \quad T_p \text{ cc máx} < T_{\text{cable cc máx}} \\ \text{Para } I_{cc} \text{ mín:} & \quad T_p \text{ cc mín} < T_{\text{cable cc mín}} \end{aligned}$$

Siendo:

I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.

I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere a la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.

T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito max/ min.

T_{cable} = Valor de tiempo admisible para que no se quemen los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito max/min.

Los resultados para cada una de las líneas incluyendo la protección a emplear, se reflejan en el anexo; "Cálculos de las líneas a cortocircuito".

1.2.16. PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES

Se analiza de acuerdo al DB-SUA 8. Aunque por tratarse de una reforma de un local y este estar situado en un edificio debidamente legalizado no le es de aplicación esta exigencia, lo calculamos para proceder a su comprobación si fuera preciso.

Es necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos sea mayor que el riesgo admisible, excepto cuando la eficiencia este comprendida entre 0 y 0,8.

Fórmulas empleadas:

- Frecuencia esperada de impactos; $N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$

Siendo N_g : Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año, km²).
 A_e : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m².
 C_1 : Coeficiente relacionado con el entorno.

- Riesgo admisible; $N_a = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C_2 C_3 C_4 C_5}$

Siendo: C_2 : Coeficiente en función del tipo de construcción.
 C_3 : Coeficiente en función del contenido del edificio.
 C_4 : Coeficiente en función del uso del edificio.
 C_5 : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

En nuestro caso; Superficie = 568 m²
 Altura del edificio = 5 m.
 Sup. Captura = (38,45+3x2x5) x (17,2+3x2x5) = 3.231 m

SEGURIDAD FRENTE AL RAYO	
DATOS DE ENTRADA	
Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año. Km ²)	1,50
Superficie de captura equivalente del edificio aislado (m ²)	3231,00
Coeficiente relacionado con el entorno (C ₁)	0,50
Coeficiente en función del tipo de construcción (C ₂)	1,00
Coeficiente en función del contenido del edificio (C ₃)	3,00
Coeficiente en función del uso del edificio (C ₄)	1,00
Coeficiente en función de la necesidad de la continuidad de las actividades (C ₅)	1,00
RESULTADOS	
Frecuencia esperada de impactos (N _e)	2,4233E-03
Riesgo admisible (N _a)	1,8333E-03
Verificación	Hace falta protección
Eficacia requerida	0,24

Se aconseja protección frente al rayo, pero no es obligatoria pues $E < 0,80$. De disponerse será de nivel 4.

Protección interna contra sobretensiones en la instalación:

Al estar alimentada por una red subterránea en su totalidad se considera sufriente la resistencia a las sobretensiones de los equipos que se indica en la tabla 1 de la ITC-BT-23 y no se requiere ninguna protección especial contra las sobretensiones transitorias.

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFÁSICOS	SISTEMAS MONOFÁSICOS	CATEGORIA IV	CATEGORIA III	CATEGORIA II	CATEGORIA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	-	8	6	4	2,5

1.2.17. PROTECCIONES CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". De este modo se impedirá que una tensión de contacto se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar interconectadas y unidas por conductores de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición: $R_a \times I_a \leq U$ donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

Los dispositivos a utilizar para la protección serán relés diferenciales. Los resultados del cálculo se reflejan en el anexo "*Cálculo de las protecciones contra contactos indirectos*".

Para el caso que nos ocupa la resistencia de tierra en función de los relés diferenciales de menor sensibilidad (300 mA) colocados será de:

$$R_a = 24 / 0,3 = 80 \, \Omega.$$

No obstante, conforme a las recomendaciones del REBT y las normas generales de las compañías eléctricas para conducciones enterradas la resistencia de la red de tierra será inferior a 37 Ohmios.

Todos los dispositivos de protección quedan definidos en los esquemas eléctricos.