



PROJETO DE EXECUÇÃO DA EXPANSÃO DA UNIDADE DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS DE BIGORNE.

ATERRO SANITÁRIO DE BIGORNE

Bigorne, Lamego

ANEXO À MEMÓRIA DESCRITIVA

DOCUMENTO - I.1. ANEXO Cálculo Instalação Elétrica

Projeto de integração, arranjos exteriores e volumes para deposição de resíduos

Memória Descritiva

Anexo nº 1. Cálculo Instalação Elétrica

372-PDR-PE-A1 MD_R01.DOCX

PROJETO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA

Anexo nº 1. Cálculo Instalação Elétrica

Fevereiro 2022

ATERRO SANITÁRIO DE BIGORNE	1
Bigorne, Lamego	1
1 Objetivo do Projeto.....	4
2 Regulamento e disposições oficiais e particulares.....	4
3 Instalações de Ligação	4
3.1 Dispositivos de proteção e controlo gerais e individuais.....	4
4 Instalações interiores	6
4.1 Condutores.....	6
4.2 Identificação dos condutores.....	6
4.3 Subdivisão de instalações.....	6
4.4 Balanceamento de cargas	7
4.5 Resistência de isolamento e rigidez dielétrica.....	7
4.6 Conexões.....	7
4.7 Sistemas de instalação	7
4.7.1 Prescrições Gerais.....	7
4.7.2 Condutores isolados sob tubos de proteção.....	8
4.7.3 Condutores isolados fixados diretamente nas paredes	9
4.7.4 Condutores isolados enterrados.....	10
4.7.5 Condutores isolados diretamente embutidos em estruturas	10
4.7.6 Condutores isolados dentro de furos de construção	10
4.7.7 Condutores isolados sob canais de proteção.....	11
4.7.8 Condutores isolados	11
4.7.9 Condutores isolados em bandeja ou suporte de bandeja.....	12
5 Proteção contra sobrecargas	12
6 Proteção de surto	13

6.1	Categorias de sobre tensão	13
6.2	Medidas para controlar sobretensões	14
6.3	Seleção de materiais na instalação	14
7	Proteção contra contatos diretos e indiretos	15
7.1	Proteção contra contatos diretos.....	15
7.2	Proteção contra contatos diretos e indiretos.....	15
8	Ligação à terra.....	16
8.1	Juntas de terra	16
8.2	Condutores equipotenciais	18
8.3	Resistência das ligações à terra.....	18
8.4	Toques de terra independente.....	19
8.5	Revisão das ligações à terra	19
9	Recetores de iluminação.....	19
10	Recetores de motores.....	20
11	Justificativa de cálculos elétricos	21

1 Objetivo do Projeto

O objetivo deste projeto é expor aos Órgãos Competentes que a instalação em questão atende às condições e garantias mínimas exigidas pela regulamentação vigente, a fim de obter a Autorização Administrativa e a Autorização de Execução da instalação, bem como servir de base ao prosseguir da execução do referido projeto.

2 Regulamento e disposições oficiais e particulares

Este projeto contempla as características dos materiais, os cálculos que justificam a sua utilização e a forma de execução das obras a realizar, cumprindo a normativa portuguesa em vigor que deve também ser cumprida na sua totalidade pela equipa executante.

3 Instalações de Ligação

3.1 Dispositivos de proteção e controlo gerais e individuais

Os dispositivos gerais de controlo e proteção estarão localizados o mais próximo possível do ponto de entrada da derivação individual. Nos estabelecimentos onde for apropriado, será colocada uma caixa para o interruptor de controlo de potência, imediatamente antes dos demais dispositivos, em compartimento separado e lacrado. A referida caixa pode ser colocada na mesma caixa onde são colocados os dispositivos gerais de controlo e proteção.

Os dispositivos individuais de controlo e proteção de cada um dos circuitos, que são a origem da instalação interna, podem ser instalados em painéis separados e em outros locais.

Em locais de uso comum ou de atendimento ao público, devem ser tomadas as precauções necessárias para que os dispositivos de controlo e proteção não sejam acessíveis ao público em geral.

A altura em que estarão localizados os dispositivos de controlo e proteção do circuito geral e individual, medida do nível do solo, será entre 1 e 2 m.

Os invólucros dos quadros obedecerão às normas portuguesas em vigor, com grau mínimo de proteção indicado conforme quadro normativo em vigor. O invólucro para a chave de controlo de potência será lacrado e suas dimensões estarão de acordo com o tipo de alimentação e taxa a ser aplicada. As suas características e tipo deverão corresponder a um modelo oficialmente aprovado.

O instalador afixará permanentemente no quadro de distribuição uma placa, impressa com caracteres indeléveis, onde conste o seu nome ou marca, a data em que foi efetuada a instalação, bem como a intensidade atribuída ao interruptor geral automático.

Os dispositivos gerais e individuais de controlo e proteção serão, no mínimo:

-Interruptor geral de corte omipolar automático, com intensidade nominal mínima de 25 A, que permite acionamento manual e que está equipado com elementos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito (conforme ITC-BT-22). Terá capacidade de corte suficiente para a intensidade de curto-circuito que possa ocorrer

no ponto de sua instalação, de pelo menos 4,5 kA. Este interruptor será independente do interruptor de controlo de energia.

- Uma chave diferencial geral, com intensidade nominal maior ou igual à da chave geral, destinada à proteção contra contatos indiretos de todos os circuitos (conforme ITC-BT-24). A seguinte condição será atendida:

$$R_a \times I_a \leq U$$

onde:

" R_a " é a soma das resistências da ligação à terra e dos condutores de proteção à terra.

" I_a " é a corrente que garante o funcionamento do dispositivo de proteção (corrente diferencial-residual nominal).

" U " é a tensão de contato limite convencional (50V em locais secos e 24V em locais úmidos).

Se, pelo tipo ou natureza da instalação, for instalado um interruptor diferencial para cada circuito ou grupo de circuitos, o interruptor diferencial geral poderá ser dispensado, desde que todos os circuitos estejam protegidos. Caso mais de um interruptor diferencial seja instalado em série, haverá seletividade entre eles.

Todas as massas dos equipamentos elétricos protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção devem ser interligadas e unidas por um condutor de proteção à mesma ligação à terra.

- Dispositivos de interrupção omnipolares, destinados à proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos de cada um dos circuitos internos (conforme normativa portuguesa em vigor).
- Dispositivo de proteção contra sobretensões, conforme normativa portuguesa em vigor, se necessário.

4 Instalações interiores

4.1 Condutores

Os condutores e cabos utilizados nas instalações serão de cobre ou alumínio e serão sempre isolados. A tensão atribuída não será inferior a 450/750 V. A secção dos condutores a utilizar será determinada de forma a que a queda de tensão entre a origem da instalação interna e qualquer ponto de utilização seja inferior a 3% para iluminação e 5% para % para outros usos.

O valor da queda de tensão pode ser compensado entre o da instalação interna (3-5%) e o do ramal individual (1,5%), de modo que a queda de tensão total seja menor que a soma dos valores limites especificados para ambos (4,5-6,5%). Para as instalações alimentadas diretamente com alta tensão, por meio de transformador próprio, será considerado que a instalação interna de baixa tensão tem sua origem na saída do transformador, sendo que neste caso as quedas de tensão máximas admissíveis também são de 4,5% para iluminação e 6,5% para outros usos.

Em instalações internas, para levar em consideração as correntes harmônicas devido a cargas não lineares e possíveis desequilíbrios, a menos que justificado por cálculo, a seção do condutor neutro será pelo menos igual à das fases. O mesmo condutor neutro não será usado para vários circuitos.

As intensidades máximas admissíveis serão integralmente regidas pelo indicado na conforme normativa portuguesa em vigor.

Os condutores de proteção terão seção mínima igual à indicada na tabela a seguir:

<u>Secção do condutor de fase (mm²)</u>	<u>Secção do condutor de proteção (mm²)</u>
Sf ≤ 16	Sf
16 < Sf ≤ 35	16
Sf > 35	Sf/2

4.2 Identificação dos condutores

Os condutores da instalação devem ser facilmente identificáveis, especialmente no que diz respeito ao condutor neutro e ao condutor de proteção. Essa identificação será feita pelas cores que seus isolados apresentam. Quando existe um condutor neutro na instalação ou se espera que um condutor de fase seja posteriormente convertido em condutor neutro, estes serão identificados pela cor azul claro. O condutor de proteção será identificado pela cor verde-amarela. Todos os condutores de fase, ou se for o caso, aqueles para os quais não esteja prevista sua posterior transição para neutro, serão identificados pelas cores marrom, preto ou cinza.

4.3 Subdivisão de instalações

As instalações serão subdivididas de tal forma que as perturbações causadas por avarias que possam ocorrer em um ponto das mesmas afetem apenas algumas partes da instalação, por exemplo, um setor do edifício, um andar, uma única sala, etc., a fim de ao qual os dispositivos de proteção de cada circuito serão devidamente coordenados e serão seletivos com os dispositivos de proteção geral que os precedem.

Todas as instalações serão divididas em vários circuitos, de acordo com as necessidades, de forma a:

- evitar interrupções desnecessárias de todo o circuito e limitar as consequências de uma falha;
- facilitar verificações, testes e manutenção;
- evitar os riscos que podem resultar da falha de um único circuito que pode ser dividido, por exemplo, se houver apenas um circuito de iluminação.

4.4 Balanceamento de cargas

Para manter o maior equilíbrio possível na carga dos condutores que fazem parte de uma instalação, garantir-se-á que ela seja distribuída entre seus condutores de fases ou pólos.

4.5 Resistência de isolamento e rigidez dielétrica

As instalações devem apresentar uma resistência de isolamento pelo menos igual aos valores indicados na tabela seguinte:

<u>Tensão nominal de instalação</u>	<u>Tensão de teste de corrente contínua (V)</u>	<u>Resistência de isolamento (MΩ)</u>
MBTS o MBTP	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,50
> 500 V	1000	≥ 1,00

A rigidez dielétrica será tal que, com os dispositivos de uso (receptores) desconectados, suportará um teste de tensão de $2U + 1000$ V em frequência industrial por 1 minuto, sendo U a tensão máxima de serviço expressa em volts, e com mínimo de 1.500 v.

As correntes de fuga não serão superiores, para a instalação como um todo ou para cada um dos circuitos em que ela pode ser dividida para fins de proteção, do que a sensibilidade dos interruptores diferenciais instalados como proteção contra contatos indiretos.

4.6 Conexões

Em nenhum caso será permitida a união de condutores por meio de conexões e/ou derivações por simples torção ou enrolamento dos condutores, mas deve sempre ser feita utilizando terminais de conexão montados individualmente ou constituindo blocos ou tiras de conexão; o uso de flanges de conexão também pode ser permitido. Devem sempre ser realizadas dentro de caixas de junção e/ou derivação.

No caso de condutores com vários fios cablados, as ligações serão feitas de forma que a corrente seja distribuída por todos os fios componentes.

4.7 Sistemas de instalação

4.7.1 Prescrições Gerais

Vários circuitos podem estar no mesmo tubo ou no mesmo compartimento de calhas se todos os condutores estiverem isolados para a tensão nominal mais alta.

Em caso de proximidade de tubos elétricos com outros não elétricos, eles serão dispostos de forma que seja mantida uma distância mínima de 3 cm entre as superfícies externas de ambos. No caso de proximidade de condutas de aquecimento, ar quente, vapor ou fumo, as condutas elétricas serão estabelecidas de forma a que

não possam atingir uma temperatura perigosa e, portanto, serão mantidas separadas por uma distância conveniente ou por meio de telas de isolamento térmico.

As condutas elétricas não ficarão situadas por baixo de outras condutas que possam dar origem a condensação, como as destinadas à condução de vapor, água, gás, etc., exceto se forem tomadas as medidas necessárias para proteger as condutas elétricas contra os efeitos dessas condensações.

As tubagens devem ser dispostas de forma a facilitar a sua manobra, inspeção e acesso às suas ligações. As condutas elétricas serão estabelecidas de forma a que, através da cómoda identificação dos seus circuitos e elementos, possam ser efetuadas a todo o momento reparações, transformações, etc.

Em toda a extensão das passagens de canalização através de elementos construtivos, como paredes, divisórias e tetos, não haverá emendas ou derivações de cabos, estando protegidos contra deterioração mecânica, ações químicas e os efeitos da umidade.

As tampas ou invólucros, controlos e botões de operação de dispositivos como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados em ambientes húmidos ou molhados, serão feitos de material isolante.

4.7.2 Condutores isolados sob tubos de proteção

Os cabos utilizados terão uma tensão nominal não inferior a 450/750 V.

O diâmetro externo mínimo dos tubos, dependendo do número e seção dos condutores a serem acionados, serão obtidos nas tabelas indicadas na normativa portuguesa em vigor, bem como as características mínimas de acordo com o tipo de instalação.

Para a execução dos tubos sob tubos de proteção, serão considerados os seguintes requisitos gerais:

- A disposição das tubagens será feita seguindo linhas verticais e horizontais ou paralelas às arestas das paredes que delimitam o local onde é efetuada a instalação.
- Os tubos serão unidos por meio de acessórios adequados à sua classe que garantam a continuidade da proteção que proporcionam aos condutores.
- Tubos de isolamento rígidos dobráveis a quente podem ser soldados a quente, cobrindo a junta com uma cola especial quando for necessária uma junta estanque.
- As curvas feitas nos tubos serão contínuas e não causarão reduções de seção inadmissíveis. Os raios de curvatura mínimos para cada classe de tubo serão os especificados pelo fabricante de acordo com a conforme normativa portuguesa em vigor.
- Será possível introduzir e retirar facilmente os condutores nos tubos após a sua colocação e fixação dos mesmos e respetivos acessórios, prevendo para isso os registos que se considerem convenientes, que em troços retos não estarão separados entre si por mais de 15 metros. O número de curvas angulares localizadas entre dois registos consecutivos não excederá 3. Os condutores normalmente serão alojados nos tubos depois de colocados.
- Os registos podem ser destinados apenas a facilitar a introdução e remoção dos condutores nos tubos ou servir ao mesmo tempo como caixas de emenda ou derivação.
- As ligações entre os condutores serão feitas dentro de caixas apropriadas de material isolante e ignífugo. Se forem metálicos, estarão protegidos contra a corrosão. As dimensões destas caixas serão tais que acomodem confortavelmente todos os condutores que devem conter. A sua profundidade será no mínimo

igual ao diâmetro do tubo maior mais 50% deste, com um mínimo de 40 mm. O seu diâmetro ou lado interno mínimo será de 60 mm. Quando se pretender impermeabilizar as entradas dos tubos nas caixas de ligação, devem ser utilizados prensa-cabos ou guarnições adequadas.

- Nos tubos metálicos sem isolamento interno, deve-se levar em consideração a possibilidade de condensação de água no seu interior, devendo-se escolher adequadamente o layout de sua instalação, antecipando a evacuação e estabelecendo ventilação adequada no interior dos tubos como, por exemplo, o uso de um "T" do qual um dos braços não é usado.

- Os tubos metálicos acessíveis devem ser aterrados. A sua continuidade elétrica deve ser convenientemente assegurada. No caso de utilização de tubos metálicos flexíveis, é necessário que a distância entre dois aterros consecutivos dos tubos não ultrapasse 10 metros.

- Tubos metálicos não podem ser usados como condutores de proteção ou neutros.

Quando os tubos são instalados em montagem saliente, os seguintes requisitos também serão levados em consideração:

- Os tubos serão fixados nas paredes ou tetos por meio de flanges ou grampos protegidos contra corrosão e solidamente fixados. A distância entre eles será de no máximo 0,50 metros. Haverá fixações em ambos os lados nas mudanças de direção, nas juntas e nas imediações das entradas das caixas ou dispositivos.

- Os tubos serão colocados adaptando-se à superfície em que estão instalados, dobrando ou utilizando os acessórios necessários.

- Em alinhamentos retos, os desvios do eixo do tubo em relação à linha que une os pontos extremos não serão superiores a 2%.

- É aconselhável colocar os tubos, sempre que possível, a uma altura mínima de 2,50 metros acima do solo, de forma a protegê-los de possíveis danos mecânicos.

Quando os tubos são colocados embutidos, os seguintes requisitos também serão levados em consideração:

- Na instalação das tubagens no interior dos elementos construtivos, as ranhuras não põem em perigo a segurança das paredes ou tetos em que são feitas. As dimensões das ranhuras serão suficientes para que os tubos sejam cobertos por uma camada de pelo menos 1 centímetro de espessura. Nos cantos, a espessura dessa camada pode ser reduzida para 0,5 centímetros.

- Não serão instaladas tubagens destinadas à instalação elétrica dos pisos inferiores entre o piso e o revestimento.

- Para a instalação correspondente à própria planta, somente tubulações podem ser instaladas entre o piso e o forro, que deve ser coberto por uma camada de concreto ou argamassa de pelo menos 1 centímetro de espessura, além do forro.

- No caso de utilização de tubos embutidos em paredes, é conveniente dispor as vias horizontais a no máximo 50 centímetros do piso ou teto e as verticais a uma distância não superior a 20 centímetros das cantoneiras.

4.7.3 Condutores isolados fixados diretamente nas paredes

Estas instalações serão estabelecidas com cabos com tensões nominais não inferiores a 0,6/1 kV, dotados de isolamento e cobertura (inclui cabos blindados ou com isolamento mineral).

Para a execução das canalizações, serão levadas em consideração as seguintes prescrições:

- Serão fixados nas paredes por meio de flanges, grampos ou colares de forma que não danifiquem suas tampas.
- Para que os cabos não se dobrem devido ao seu próprio peso, os seus pontos de fixação devem estar suficientemente próximos. A distância entre dois pontos de fixação sucessivos não excederá 0,40 metros.
- Quando os cabos devam ter proteção mecânica devido ao local e condições de instalação em que é realizada, serão utilizados cabos blindados. Caso estes cabos não sejam utilizados, será estabelecida sobre eles uma proteção mecânica complementar.
- Evite dobrar os cabos com um raio muito pequeno e salvo indicação em contrário na Norma UNE correspondente ao cabo utilizado, este raio não será inferior a 10 vezes o diâmetro externo do cabo.
- O cruzamento dos cabos com tubos não elétricos pode ser feito pela parte frontal ou traseira dos mesmos, deixando uma distância mínima de 3 cm entre a superfície externa do tubo não elétrico e a tampa dos cabos quando o cruzamento é feito pela parte frontal do mesmo.
- As extremidades dos cabos serão estanques quando as características das instalações ou locais assim o exigirem, utilizando caixas ou outros dispositivos adequados para o efeito. A estanqueidade pode ser assegurada com a ajuda de prensa-cabos.
- As emendas e conexões serão feitas por meio de caixas ou dispositivos equivalentes providos de tampas removíveis que assegurem ao mesmo tempo a continuidade da proteção mecânica estabelecida, o isolamento e a inacessibilidade das conexões e permitindo sua verificação se necessário.

4.7.4 Condutores isolados enterrados

As condições para esses dutos, em que os condutores isolados devem passar por baixo de um tubo, a menos que tenham tampa e tensão nominal de 0,6/1 kV, serão estabelecidas de acordo com o disposto nas Instruções conforme normativa portuguesa em vigor.

4.7.5 Condutores isolados diretamente embutidos em estruturas

Para esses dutos, são necessários condutores isolados com bainhas (incluindo cabos blindados ou com isolamento mineral). A temperatura mínima e máxima para instalação e serviço será de -5°C e 90°C respetivamente (polietileno reticulado ou etileno-propileno).

4.7.6 Condutores isolados dentro de furos de construção

Os cabos utilizados terão uma tensão nominal não inferior a 450/750 V.

Cabos com a classe mínima de reação ao fogo ECA e tubos ignífugos podem ser instalados diretamente nas aberturas da construção.

Os vãos na construção admissíveis para estes tubos podem ser dispostos em paredes, vigas, pavimentos ou tetos, tomando a forma de condutas contínuas ou entre duas superfícies paralelas como no caso de tetos falsos ou paredes com câmaras de ar.

A seção dos furos será, no mínimo, igual a quatro vezes a ocupada pelos cabos ou tubos, e sua menor dimensão não será inferior a duas vezes o diâmetro externo de sua maior seção, com um mínimo de 20 milímetros.

As paredes que separam um furo que contém tubos de eletricidade das instalações imediatas, terão solidez suficiente para protegê-los contra ações previsíveis.

As asperezas no interior dos furos e as mudanças de direção em grande número ou com um pequeno raio de curvatura serão evitadas ao máximo.

A canalização pode ser reconhecida e preservada sem a necessidade de destruição parcial das paredes, tetos, etc., ou dos seus remates e decorações.

As emendas e derivações dos cabos estarão acessíveis, possuindo as caixas de derivação apropriadas para elas.

Serão evitadas infiltrações, fugas ou condensações de água que possam penetrar no interior do furo, prestando especial atenção à impermeabilização das suas paredes exteriores, bem como à proximidade de tubagens de condução de líquidos, penetração de água ao efetuar a limpeza do pavimento, possibilidade de acumulação do mesmo nas partes inferiores do furo, etc.

4.7.7 Condutores isolados sob canais de proteção

O canal de proteção é um material de instalação constituído por um perfil com paredes, perfuradas ou não, destinado a abrigar condutores ou cabos e fechado por uma tampa removível. Os cabos utilizados terão uma tensão nominal não inferior a 450/750 V.

Os canais de proteção terão grau de proteção IP 4X e serão classificados como "canais com tampa de acesso que só podem ser abertos com ferramentas". Mecanismos como interruptores, tomadas, dispositivos de comando e controlo, etc., podem ser colocados no seu interior, desde que fixados de acordo com as instruções do fabricante. Também será possível fazer emendas de condutores no interior e conexões aos mecanismos.

Os canais de proteção para aplicações não comuns devem ter características mínimas de resistência ao impacto, temperatura mínima e máxima de instalação e serviço, resistência à penetração de objetos sólidos e resistência à penetração de água, adequadas às condições do local a que se destina. Da mesma forma, as carcaças não propagarão a chama. Estas características estarão de acordo com a normativa portuguesa em vigor.

A disposição das tubagens será feita preferencialmente seguindo linhas verticais e horizontais ou paralelas às arestas das paredes que delimitam o local onde é efetuada a instalação.

Os canais com condutividade elétrica devem ser conectados à rede terra, sendo a sua continuidade elétrica convenientemente assegurada.

A parte superior do canal estará sempre acessível.

4.7.8 Condutores isolados

Estes tubos elétricos são compostos por cabos alojados em ranhuras sob molduras. Só podem ser utilizados em locais classificados como secos, temporariamente húmidos ou poeirentos. Os cabos terão uma tensão nominal não inferior a 450/750 V.

As molduras atenderão às seguintes condições:

- As ranhuras terão dimensões que permitam instalar sem dificuldade os condutores ou cabos. Em princípio, não será colocado mais de um condutor por slot, no entanto, é permitida a colocação de vários condutores desde que pertençam ao mesmo circuito e o slot tenha dimensões adequadas para isso.

- A largura das ranhuras destinadas a receber cabos rígidos com seção igual ou inferior a 6 mm² será de, no mínimo, 6 mm.

Para a instalação das molduras, será levado em consideração o seguinte:

- As molduras não apresentarão qualquer descontinuidade ao longo de toda a extensão onde contribuam para a proteção mecânica dos condutores. Nas mudanças de direção, os ângulos das ranhuras serão obtusos.
- As tubagens podem ser colocadas ao nível do teto ou imediatamente acima dos rodapés. Na ausência destes, o fundo da moldura ficará pelo menos 10 cm acima do solo.
- No caso de utilização de rodapés ranhurados, o condutor isolado mais baixo estará a pelo menos 1,5 cm acima do solo.
- Quando não for possível evitar os cruzamentos desses tubos com os destinados a outro uso (água, gás, etc.), será utilizada uma moldura especialmente projetada para esses cruzamentos ou preferencialmente um tubo rígido embutido que sobressairá de ambos os lados do cruzamento. A separação entre dois tubos cruzados será de pelo menos 1 cm no caso de utilização de molduras especiais para o cruzamento e de 3 cm no caso de utilização de tubos rígidos embutidos.
- As conexões e derivações dos condutores serão feitas por meio de dispositivos de conexão a parafuso ou sistemas equivalentes.
- As molduras não serão totalmente embutidas na parede ou cobertas por papel, estofados ou qualquer outro material, devendo a cobertura permanecer sempre no ar.
- Antes de colocar as molduras de madeira na parede, deve ser certificado que a parede esteja suficientemente seca; caso contrário, as molduras serão separadas da parede por meio de um produto hidrorrepelente.

4.7.9 Condutores isolados em bandeja ou suporte de bandeja

Apenas condutores isolados com bainha (incluindo cabos blindados ou com isolamento mineral), unipolar ou multipolar de acordo com a normativa portuguesa em vigor.

5 Proteção contra sobrecargas

Todo circuito estará protegido contra os efeitos de sobrecarga que nele possam ocorrer, para o qual a interrupção deste circuito será realizada em tempo conveniente ou será dimensionado para sobrecargas previsíveis.

As sobrecargas podem ser causadas por:

- Dispositivos utilizados ou defeitos de isolamento de alta impedância;
- Curto circuitos;
- Descargas elétricas atmosféricas.

a) Proteção contra sobrecarga. O limite de intensidade de corrente admissível num condutor deve ser garantido em todos os casos pelo dispositivo de proteção utilizado. O dispositivo de proteção pode ser constituído por um interruptor automático de corte omipolar com curva de corte térmico, ou por fusíveis calibrados com características de funcionamento adequadas.

b) Proteção contra curto-circuito. Na origem de cada circuito será estabelecido um dispositivo de proteção contra curtos-circuitos, cuja capacidade de interrupção será de acordo com a intensidade do curto-circuito que

possa ocorrer no ponto de sua conexão. No entanto, admite-se que no caso de circuitos de derivação de um circuito principal, cada um desses circuitos de derivação possui proteção contra sobrecargas, enquanto um único dispositivo geral pode garantir proteção contra curtos-circuitos para todos os circuitos de derivação. Fusíveis calibrados com características operacionais adequadas e interruptores automáticos com sistema de corte omnipolar são admitidos como dispositivos de proteção contra curtos-circuitos.

A normativa portuguesa em vigor inclui todos os aspetos necessários para dispositivos de proteção. Define a aplicação de medidas de proteção por sobrecargas ou curtos-circuitos, indicando a sua localização ou omissão em cada caso.

6 Proteção de surto

6.1 Categorias de sobre tensão

As categorias indicam os valores de tensão resistidos à onda de choque de sobretensão que o equipamento deve ter, determinando, por sua vez, o valor limite máximo de tensão residual que os diferentes dispositivos de proteção de cada zona devem permitir para evitar os possíveis danos a tais equipamentos.

Existem 4 categorias diferentes, indicando em cada caso o nível de tensão suportável de impulso, em kV, de acordo com a tensão nominal da instalação.

<u>Tensão nominal de instalação</u>		<u>Tensão suportável de impulso 1,2/50 (kV)</u>			
<u>Sistemas III</u>	<u>Sistemas II</u>	<u>Categoria IV</u>	<u>Categoria III</u>	<u>Categoria II</u>	<u>Categoria I</u>
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000		8	6	4	2,5

- Categoria I

Aplica-se a equipamentos altamente sensíveis a sobretensões e destinados a serem ligados à instalação elétrica fixa (computadores, equipamentos eletrónicos altamente sensíveis, etc.). Neste caso, as medidas de proteção são tomadas fora do equipamento a proteger, seja na instalação fixa ou entre a instalação fixa e o equipamento, de forma a limitar as sobretensões a um determinado nível.

- Categoria II

Aplica-se a equipamentos destinados a serem ligados a uma instalação elétrica fixa (aparelhos, ferramentas portáteis e outros equipamentos similares).

- Categoria III

Aplica-se aos equipamentos e materiais que fazem parte da instalação elétrica fixa e a outros equipamentos para os quais seja necessário um alto nível de confiabilidade (armários de distribuição, barramentos, quadros: interruptores, seccionadores, tomadas, etc., tubos e seus acessórios: cabos, caixa de junção, etc., motores com ligação elétrica fixa: elevadores, máquinas industriais, etc.

- Categoria IV

Aplica-se a equipamentos e materiais ligados na origem ou muito próximos da origem da instalação, a montante do quadro de distribuição (medidores de energia, dispositivos de telemetria, equipamentos principais de proteção de sobrecarga, etc.).

6.2 Medidas para controlar sobretensões

Duas situações diferentes podem ocorrer:

- Situação natural: quando a proteção contra sobretensões transitórias não é necessária, uma vez que se espera um baixo risco de sobretensões na instalação (por ser totalmente alimentada por uma rede subterrânea). Neste caso, a resistência do equipamento a sobretensões indicada na tabela de categorias é considerada suficiente, não sendo necessária nenhuma proteção complementar contra sobretensões transitórias;

- Situação controlada: quando é necessária a proteção contra sobretensões transitórias na fonte da instalação, uma vez que a instalação é alimentada ou inclui uma linha aérea com condutores nus ou isolados.

Considera-se também situação controlada aquela situação natural em que convém incluir dispositivos de proteção para maior segurança (continuidade de serviço, valor econômico do equipamento, perdas irreparáveis, etc.).

Os dispositivos de proteção contra sobretensões de origem atmosférica devem ser selecionados de modo a que o seu nível de proteção seja inferior à tensão suportável de impulso da categoria de equipamentos e materiais que se espera serem instalados.

Os para-raios serão conectados entre cada um dos condutores, incluindo o neutro ou compensador, e o terra da instalação.

6.3 Seleção de materiais na instalação

Os equipamentos e materiais devem ser escolhidos de modo que sua tensão suportável de impulso não seja inferior à tensão suportável prescrita na tabela anterior, de acordo com a sua categoria.

Podem ser utilizados equipamentos e materiais que tenham uma tensão suportável de impulso inferior à indicada na tabela, no entanto:

- numa situação natural, quando o risco é aceitável;
- numa situação controlada, se a proteção contra sobretensões for adequada.

7 Proteção contra contatos diretos e indiretos

7.1 Proteção contra contatos diretos

Proteção por isolamento das partes ativas

As partes ativas devem ser cobertas com um isolamento que só pode ser removido destruindo-o.

Proteção por meio de barreiras ou invólucros

As partes ativas devem estar localizadas dentro dos invólucros ou atrás de barreiras que possuam, no mínimo, o grau de proteção definido na norma portuguesa em vigor. Se forem necessárias aberturas maiores para reparação de peças ou para operação adequada de equipamentos, precauções adequadas devem ser tomadas para evitar que pessoas ou animais de estimação toquem nas partes vivas e deve ser assegurado que as pessoas estejam cientes de que as partes vivas não devem ser tocadas voluntariamente.

As superfícies superiores das barreiras horizontais ou invólucros de fácil acesso devem responder pelo menos ao grau de proteção definido na normativa portuguesa em vigor.

As barreiras ou invólucros devem ser fixados com segurança e ter robustez e durabilidade suficientes para manter os graus de proteção exigidos, com separação suficiente das partes vivas em condições normais de serviço, levando em consideração as influências externas.

Quando for necessário remover as barreiras, abrir os invólucros ou remover partes deles, isso não deve ser possível, exceto:

- se for com a ajuda de uma chave ou uma ferramenta;
- ou, após a retirada da tensão das partes ativas protegidas por essas barreiras ou invólucros, não podendo restabelecer a tensão até que as barreiras ou invólucros sejam reposicionados;
- ou, se for interposta uma segunda barreira que tenha grau de proteção pelo menos igual ao definido na normativa portuguesa em vigor, que só pode ser removida com a ajuda de uma chave ou ferramenta e que impeça qualquer contato com as partes com corrente.

Proteção complementar por dispositivos de corrente diferencial-residual.

Esta medida de proteção destina-se apenas a complementar outras medidas de proteção contra contato direto.

O uso de dispositivos de corrente diferencial-residual, cujo valor nominal de corrente diferencial de operação seja menor ou igual a 30 mA, é reconhecido como medida de proteção complementar em caso de falha de outra medida de proteção contra contatos diretos ou em caso de imprudência do usuário.

7.2 Proteção contra contatos diretos e indiretos

A proteção contra contatos indiretos será obtida por "corte automático de energia". Esta medida consiste em evitar, após o aparecimento de uma falha, que se mantenha uma tensão de contacto de valor suficiente durante um tempo tal que possa resultar em risco. A tensão limite convencional é igual a 50 V, valor efetivo em corrente alternada, em condições normais e 24 V em locais húmidos.

Todas as massas dos equipamentos elétricos protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção devem ser interligadas e unidas por um condutor de proteção à mesma ligação à terra. O ponto neutro de cada gerador ou transformador deve ser ligado à terra.

A seguinte condição será cumprida:

$$R_a \times I_a \leq U$$

onde:

- R_a : é a soma das resistências da ligação à terra e dos condutores de proteção à terra;
- I_a : é a corrente que garante o funcionamento automático do dispositivo de proteção. Quando o dispositivo de proteção é um dispositivo de corrente diferencial-residual, é a corrente diferencial-residual nominal;
- U : é a tensão de contato limite convencional (50 ou 24V).

8 Ligação à terra

As ligações à terra são estabelecidas principalmente para limitar a tensão que, em relação à terra, as massas metálicas podem apresentar num determinado momento, garantir o acionar das proteções e eliminar ou reduzir o risco de quebra dos materiais elétricos utilizados.

A ligação à terra é a ligação elétrica direta, sem fusíveis ou qualquer proteções, de uma parte do circuito elétrico ou de uma parte condutora que não lhe pertença, por meio de uma ligação à terra com um eletrodo ou grupo de eletrodos enterrados no circuito.

Através da instalação de ligação à terra, deve-se garantir que no conjunto de instalações, edifícios e área circundante do terreno não apareçam diferenças de potencial perigosas e que, ao mesmo tempo, permita a passagem de correntes de falta ou correntes de descarga para solo de origem atmosférica.

A escolha e instalação dos materiais que garantem a ligação à terra devem ser tais que:

- O valor da resistência da ligação à terra está de acordo com as normas de proteção e operação da instalação e assim se mantém ao longo do tempo;
- As correntes de fuga à terra e as correntes de fuga podem circular com segurança, principalmente do ponto de vista das tensões térmicas, mecânicas e elétricas;
- A solidez ou proteção mecânica é assegurada independentemente das condições estimadas de influências externas;
- Considere os possíveis riscos devido à eletrólise que podem afetar outras peças metálicas.

8.1 Juntas de terra

Tomadas de terra.

Para executar uma ligação à terra, podem ser usados eletrodos compostos por:

- barras, tubos;

- barras planas, condutores desencapados;
- pratos;
- anéis ou malhas metálicas compostas pelos elementos acima ou as suas combinações;
- reforço do betão enterrado; com exceção da armadura;
- outras estruturas enterradas que se mostrem adequadas.

Os condutores de cobre utilizados como elétrodos serão de construção e resistência elétrica de acordo com a classe 2 da norma portuguesa em vigor.

O tipo e a profundidade de enterro dos elétrodos de ligação à terra devem ser tais que a possível perda de humidade do solo, a presença de gelo ou outros efeitos climáticos, não aumentem a resistência do eletrodo de ligação à terra acima do valor esperado. A profundidade nunca será inferior a 0,50 m.

- Condutores de terra.

A seção dos condutores de terra, quando enterrados, deve estar de acordo com os valores indicados na tabela a seguir. A seção não será inferior ao mínimo exigido para condutores de proteção.

<u>Tipo</u>	<u>Protegido mecanicamente</u>	<u>Não protegido mecanicamente</u>
Protegido contra corrosão	igual aos condutores proteção separou. 7.7.1	16 mm ² Cu 16 mm ² Aço Galvanizado
Não protegido contra a corrosão	25 mm ² Cu 50 mm ² Ferro	25 mm ² Cu 50 mm ² Ferro

* A proteção contra corrosão pode ser obtida por um invólucro.

Durante a execução das juntas entre condutores de terra e elétrodos de terra, deve-se ter extremo cuidado para que estejam eletricamente corretas. Deve-se tomar cuidado, principalmente, para que as conexões não danifiquem os condutores ou os elétrodos de ligação à terra.

- Terminais de ligação à terra

Em todas as instalações de ligação à terra deve ser fornecido um terminal principal, ao qual devem ser conectados os seguintes condutores:

- Condutores de terra;
- Condutores de proteção;
- Principais condutores de ligação equipotencial;
- Condutores de ligação à terra, se necessário;

Deve ser previsto um dispositivo nos condutores de ligação à terra e em local acessível que permita medir a resistência da conexão de ligação correspondente. Este dispositivo pode ser combinado com o terminal de terra principal, deve ser obrigatoriamente removível por meio de uma ferramenta, deve ser mecanicamente seguro e deve garantir a continuidade elétrica.

- Condutores de proteção

Os condutores de proteção servem para conectar eletricamente as massas de uma instalação com o terminal de ligação, para garantir a proteção contra contactos indirectos.

Os condutores de proteção terão seção mínima igual à indicada na tabela a seguir:

<u>Seção do condutor de fase (mm²)</u>	<u>Seção do condutor de proteção (mm²)</u>
Sf ≤ 16	Sf
16 < Sf ≤ 35	16
Sf > 35	Sf/2

Em todos os casos, os condutores de proteção que não fazem parte do tubo de alimentação serão de cobre com seção de pelo menos:

- 2,5 mm², se os condutores de proteção tiverem proteção mecânica;
- 4 mm², se os condutores de proteção não tiverem proteção mecânica;

Como condutores de proteção podem ser usados:

- condutores em cabos multicondutores, ou
- condutores isolados ou nus que tenham um envelope comum com os condutores ativos, ou
- condutores nus ou isolados separados.

Nenhum dispositivo deve ser inserido no condutor de proteção. As massas dos equipamentos a serem conectados aos condutores de proteção não devem ser ligados em série num circuito de proteção.

8.2 Condutores equipotenciais

O condutor de ligação equipotencial principal deve ter seção não inferior a metade do condutor de proteção com a maior seção da instalação, com um mínimo de 6 mm². No entanto, a sua seção pode ser reduzida para 2,5 mm² se for de cobre.

A ligação equipotencial suplementar pode ser assegurada por elementos condutores não removíveis, como estruturas metálicas não removíveis, ou por condutores adicionais, ou por uma combinação dos dois.

8.3 Resistência das ligações à terra

O valor da resistência de terra será tal que qualquer massa não dê origem a tensões de contato maiores que:

- 24 V em local húmido ou condutor;
- 50 V em todos os outros casos.

Se as condições da instalação forem tais que possam dar origem a tensões de contacto superiores aos valores indicados acima, a rápida eliminação da falha será assegurada por meio de dispositivos de interrupção adequados à corrente de serviço.

A resistência de um eléctrodo depende das suas dimensões, forma e resistividade do solo em que está inserido. Esta resistividade varia frequentemente de um ponto para outro do solo, e também varia com a profundidade.

8.4 Toques de terra independente.

Uma ligação à terra será considerada independente da outra quando uma das conexões à terra não atingir, em relação a um ponto de potencial zero, uma tensão maior que 50 V quando a corrente máxima à terra existir na outra.

8.5 Revisão das ligações à terra

Pela importância que oferece, do ponto de vista da segurança, qualquer instalação de ligação à terra deve ser obrigatoriamente verificada pelo Diretor de Obra ou Instalador Autorizado no momento do registo da instalação para colocação em operação ou em funcionamento.

Pessoal tecnicamente competente deverá verificar a instalação de ligação à terra, pelo menos anualmente, no momento em que o solo estiver mais seco. Para isso, será medida a resistência da terra e os defeitos encontrados serão reparados com urgência.

Em locais onde o terreno não for favorável para a correta conservação dos elétrodos, estes e os condutores de ligação entre eles até o ponto de descarga, serão descobertos para exame, pelo menos uma vez a cada cinco anos.

9 Recetores de iluminação

As luminárias devem cumprir o disposto na normativa portuguesa em vigor.

A massa das luminárias excepcionalmente suspensas por cabos flexíveis não deve exceder 5 kg. Os condutores, que devem ser capazes de suportar este peso, não devem ter emendas intermediárias e o esforço deve ser realizado em outro elemento que não o terminal de conexão.

As partes metálicas acessíveis das luminárias que não sejam Classe II ou Classe III devem possuir elemento de conexão para aterramento, que será conectado de forma confiável e permanente ao condutor de proteção do circuito.

A utilização de lâmpadas a gás com descargas de alta tensão (neon, etc.) será permitido quando a sua localização for fora do volume de acessibilidade ou quando forem instaladas barreiras de separação ou fechamentos.

Nas instalações de iluminação com lâmpadas de descarga realizadas em locais onde funcionem máquinas com movimento alternativo ou de rotação rápida, devem ser tomadas as medidas necessárias para evitar a possibilidade de acidentes causados por ilusão de ótica causada pelo efeito estroboscópico.

Os circuitos de potência serão projetados para transportar a carga devida aos próprios recetores, elementos associados e suas correntes harmónicas e de partida. Para recetores com lâmpadas de descarga, a carga mínima esperada em volt-ampere será de 1,8 vezes a potência das lâmpadas. No caso de distribuições monofásicas, o condutor neutro terá a mesma seção que os condutores de fase. Um coeficiente diferente será aceitável para o cálculo da seção dos condutores, desde que o fator de potência de cada recetor seja maior ou igual a 0,9 e se a carga de cada um dos elementos associados às lâmpadas for conhecida e as correntes de partida, que tanto estes como aqueles podem produzir. Neste caso, o coeficiente será o que resultar.

No caso de recetores com lâmpadas de descarga, será obrigatória a compensação do fator de potência até um valor mínimo de 0,9.

Em instalações com lâmpadas de muito baixa tensão (por exemplo, 12 V), deve ser previsto o uso de transformadores adequados para garantir uma proteção térmica adequada contra curtos-circuitos e sobrecargas e contra choques elétricos.

Para os sinais luminosos e para as instalações que os alimentem com tensões de saída nominais em vazio entre 1 e 10 kV, aplicar-se-ão as disposições da normativa portuguesa em vigor.

10 Recetores de motores

Os motores devem ser instalados de forma que a aproximação de suas partes móveis não possa causar um acidente. Os motores não devem estar em contato com materiais facilmente inflamáveis e devem ser posicionados de forma que não possam provocar a sua ignição.

Os fios condutores que alimentam um único motor devem ser classificados para uma corrente de 125% da corrente de carga total do motor. Os condutores de ligação que alimentam vários motores devem ser dimensionados para uma corrente não inferior à soma de 125% da corrente a plena carga do motor de maior potência, mais a corrente a plena carga de todos os demais.

Os motores devem ser protegidos contra curtos-circuitos e sobrecargas em todas as suas fases, sendo que esta última proteção deve ser de tal natureza que cubra, em motores trifásicos, o risco de falta de tensão numa das suas fases. No caso de motores com partida estrela-triângulo, a proteção será assegurada para as conexões estrela e triângulo.

Os motores devem ser protegidos contra falta de tensão por meio de um dispositivo de corte automático de energia, quando a partida espontânea do motor, como consequência do restabelecimento da tensão, puder causar acidentes ou danificar o motor, conforme as normas portuguesas em vigor.

Os motores devem ter uma corrente limitada absorvida na partida, quando podem ocorrer efeitos que possam prejudicar a instalação ou causar perturbações inaceitáveis no funcionamento de outros recetores ou instalações.

Em geral, os motores com potência superior a 0,75 quilowatts devem ser dotados de reóstatos de partida ou dispositivos equivalentes que não permitam a relação de corrente entre o período de partida e o período normal de funcionamento correspondente à sua plena carga, de acordo com as características do motor que deve ser indicado na sua placa, é superior ao indicado na tabela a seguir:

De 0,75 kW a 1,5 kW:	4,5
De 1,50 kW a 5 kW:	3,0
De 5 kW a 15 kW:	2
Más de 15 kW:	1,5

11 Justificativa de cálculos elétricos

Fórmulas, Intensidad de empleo (Ib); caída de tensión (dV)

Línea Trifásica equilibrada

$$I = P / (3 \cdot U \cdot \cos(\varphi) \cdot r) \quad dV = I \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi))$$

Línea Monofásica

$$I = P / (U \cdot \cos(\varphi) \cdot r) \quad dV = 2 \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi))$$

En donde:

- P = Potencia activa en vatios (w)
- U = Tensión de servicio en voltios (V), fase_fase o fase_neutro
- I = Intensidad en amperios (A)
- dV = Caída de tensión simple(V)
- Cosφ = Coseno de φ, factor de potencia
- r = Rendimiento (eficiencia para líneas motor)
- R = Resistencia eléctrica conductor (Ω)
- X = Reactancia eléctrica conductor (Ω)

Sistema eléctrico en general (desequilibrado o equilibrado)

$$SR = PR + QR \cdot i \quad |SR| = (PR^2 + QR^2)$$

$$IR = SR^* / VR^* \quad IN = IR + IS + IT$$

Siendo,

- SR = Potencia compleja fasor R; SR* = Conjugado; |SR| = Potencia aparente (VA)
- IR = Intensidad fasorial R
- VR = Tensión fasorial R, (RN origen de fasores de tensión en 3F+N, RS en 3F)
- IN = Intensidad fasorial Neutro

Igual resto de fases

cdt Fase_Neutro

$$dVR = ZR \cdot IR + ZN \cdot IN \quad dVR1_2 = |VR1| - |VR2|$$

cdt Fase_Fase

$$dVRS = ZR \cdot IR - ZS \cdot IS \quad dVRS1_2 = |VRS1| - |VRS2|$$

Igual resto de fases

Siendo,

- dVR = Caída de tensión compleja fase R_neutro
- dVR1_2 = Caída de tensión genérica R_neutro de 1 a 2 (V)
- dVRS = Caída de tensión compleja fase R_fase S
- dVRS1_2 = Caída de tensión genérica R_S de 1 a 2 (V)

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{max} - T_0) (I/I_{max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividade del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividade del conductor a 20°C.

Cu = 0.017241 ohmiosxmm²/m

Al = 0.028264 ohmiosxmm²/m

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.003929

Al = 0.004032

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

Barras Blindadas = 85°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:
- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\varnothing = P/\sqrt{(P^2+ Q^2)}.$$

$$\operatorname{tg}\varnothing = Q/P.$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg}\varnothing_1 - \operatorname{tg}\varnothing_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

\varnothing_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

\varnothing_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi \times f$; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); $c \times 1000000$ (μF).

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = c t U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = c t U / 2 (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = c t U / \sqrt{3} (2/3 \cdot Z_Q + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Rt: $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

Ik3: Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

Ik2: Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

Ik1: Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión. (Condiciones generales de cc según Ikmax o Ikmin), UNE_EN 60909.

U: Tensión F-F.

ZQ: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. Scc (MVA) Potencia cc AT.

$$ZQ = ct U^2 / Scc$$

$$XQ = 0.995 ZQ$$

$$RQ = 0.1 XQ$$

UNE_EN 60909

ZT: Impedancia de cc del Transformador. Sn (KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$ZT = (ucc\%/100) (U^2 / Sn)$$

$$RT = (urcc\%/100) (U^2 / Sn)$$

$$XT = (ZT^2 - RT^2)^{1/2}$$

ZL,ZN,ZPE: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho L / S \cdot n$$

$$X = Xu \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (Ikmax se evalúa a 20°C, Ikmin a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

* Curvas válidas. (Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B

$$IMAG = 5 I_n$$

CURVA C

$$IMAG = 10 I_n$$

CURVA D

$$IMAG = 20 I_n$$

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot Wx \cdot n)$$

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot Wy \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

Wx: Módulo resistente por pletina eje x-x (cm³)

Wy: Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = Kc \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{tcc})$$

Siendo,

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs}: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas Lmáx

$$L_{máx} = 0.8 \cdot U \cdot S \cdot k1 / (1.5 \cdot \rho_{20} \cdot (1+m) \cdot la \cdot k2)$$

Lmáx = Longitud máxima (m), para protección de personas por corte de la alimentación con dispositivos de corriente máxima.

U = Tensión (V), Uff/ $\sqrt{3}$ en sistemas TN e IT con neutro distribuido, Uff en IT con neutro NO distribuido.

S: Sección (mm²), Sfase en sistemas TN e IT con neutro NO distribuido, Sneutro en sistemas IT con neutro distribuido.
k1 = Coeficiente por efecto inductivo en las líneas, 1 S<120mm², 0.9 S=120mm², 0.85 S=150mm², 0.8 S=185mm², 0.75 S>=240mm².

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

m = Sfase/Sneutro sistema TN_C, Sfase/Sprotección sistema TN_S, Sneutro/Sprotección sistema IT neutro distribuido, Sfase/Sprotección sistema IT neutro NO distribuido.

la: Fusibles, I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5sg.

Interruptores automáticos, Imag (A):

CURVA B IMAG = 5 In

CURVA C IMAG = 10 In

CURVA D IMAG = 20 In

k2 = 1 sistemas TN, 2 sistemas IT.

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (Lc/2\rho + Lp/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

Lc: Longitud total del conductor (m)

Lp: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

Cuadro Célula A1	54640 W
TOTAL....	54640 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2640
- Potencia Instalada Fuerza (W): 52000

Cálculo de la Línea: Cuadro Célula A1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 348 m; Cos φ_R : 0.83; Cos φ_S : 0.83; Cos φ_T : 0.83; Xu(m Ω /m): 0.08;
- Coeficiente de simultaneidad: R = 1; S = 1; T = 1;
- Potencias: P(w): 58259.05 Q(var): 39278.8
- Intensidades fasores: IR = 84.09-56.69j; IS = -91.14-44.48j; IT = 7.05+101.17i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 101.42; IS = 101.42; IT = 101.42; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 111.77

Se eligen conductores Unipolares 4x185+TTx95mm²Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI Eca

I.ad. a 25°C (Fc=1) 260 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 180 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 34.89; S = 34.89; T = 34.89; N = 25

e(parcial):

Simple: RN = 6.32 V, 2.73%; SN = 6.32 V, 2.73%; TN = 6.32 V, 2.73%;

Compuesta: RS = 10.94 V, 2.73%; ST = 10.94 V, 2.73%; TR = 10.94 V, 2.73%;

e(total):

Simple: **RN = 6.32 V, 2.73%**; SN = 6.32 V, 2.73%; TN = 6.32 V, 2.73%;

Compuesta: RS = 10.94 V, 2.73%; ST = 10.94 V, 2.73%; TR = 10.94 V, 2.73%;

Protección Termica en Principio de Línea

I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 125 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 125 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

SUBCUADRO

Cuadro Célula A1

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Alumbrado Celula A1	960 W
Bombas	22000 W
Tomas Usos varios	4000 W
RESERVA	27680 W
TOTAL....	54640 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2640
- Potencia Instalada Fuerza (W): 52000

Cálculo de la Línea: Alumbrado Celula A1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 173 m; Cos φ_R : 0.9; Cos φ_S : 0.9; Cos φ_T : 0.9; $X_u(m\Omega/m)$: 0.08;

- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	11	54	54	54
Coef. Simult.	1	1	1	1
Pot.Nom.Nudo(W)	240	240	240	240
Coef.Mayorac.	1	1	1	1
FP: Cos φ	0.9	0.9	0.9	0.9

- Potencias: P(w): 960 Q(var): 464.95
- Intensidades fasores: IR = 1.39-0.67i; IS = -1.27-0.86i; IT = -0.11+1.54i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 1.54; IS = 1.54; IT = 1.54; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 1.54

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K Eca

I.ad. a 25°C (Fc=1) 57 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 25.05; S = 25.05; T = 25.05; N = 25

e(parcial):

Simple: RN = 0.38 V, 0.16%; SN = 0.38 V, 0.16%; TN = 0.38 V, 0.16%;

Compuesta: RS = 0.65 V, 0.16%; ST = 0.65 V, 0.16%; TR = 0.65 V, 0.16%;

e(total):

Simple: **RN = 6.69 V, 2.9%**; SN = 6.69 V, 2.9%; TN = 6.69 V, 2.9%;

Compuesta: RS = 11.59 V, 2.9%; ST = 11.59 V, 2.9%; TR = 11.59 V, 2.9%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Bombas

- Potencia nominal: 22000 W
- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 1 m; Cos φ : 0.83; $X_u(m\Omega/m)$: 0.08; r: 0.92
- Potencias: P(w): 23809.52 Q(var): 16000.1
- Intensidades fasores: IR = 34.37-23.09i; IS = -37.18-18.21i; IT = 2.82+41.31i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 41.4; IS = 41.4; IT = 41.4; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 51.76

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 59 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 54.77; S = 54.77; T = 54.77; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 0.04 V, 0.02%; SN = 0.04 V, 0.02%; TN = 0.04 V, 0.02%;

Compuesta: RS = 0.08 V, 0.02%; ST = 0.08 V, 0.02%; TR = 0.08 V, 0.02%;

e(total):

Simple: **RN = 6.36 V, 2.75% ADMIS (6.5% MAX.)**; SN = 6.36 V, 2.75%; TN = 6.36 V, 2.75%;

Compuesta: RS = 11.02 V, 2.75%; ST = 11.02 V, 2.75%; TR = 11.02 V, 2.75%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Tomas Usos varios

- Potencia nominal: 4000 W
- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 1 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0.08;
- Potencias: P(w): 4000 Q(var): 3000
- Intensidades fasores: IR = 5.77-4.33i; IS = -6.64-2.83i; IT = 0.86+7.17i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 7.22; IS = 7.22; IT = 7.22; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 7.22

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 18 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 44.82; S = 44.82; T = 44.82; N = 40

e(parcial):

Simple: RN = 0.04 V, 0.02%; SN = 0.04 V, 0.02%; TN = 0.04 V, 0.02%;

Compuesta: RS = 0.08 V, 0.02%; ST = 0.08 V, 0.02%; TR = 0.08 V, 0.02%;

e(total):

Simple: **RN = 6.36 V, 2.75% ADMIS (6.5% MAX.)**; SN = 6.36 V, 2.75%; TN = 6.36 V, 2.75%;

Compuesta: RS = 11.02 V, 2.75%; ST = 11.02 V, 2.75%; TR = 11.02 V, 2.75%;

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: RESERVA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 229 m; Cos φ_R : 0.83; Cos φ_S : 0.83; Cos φ_T : 0.83; $X_u(m\Omega/m)$: 0.08;
- Coeficiente de simultaneidad: R = 1; S = 1; T = 1;
- Potencias: P(w): 29489.52 Q(var): 19813.76
- Intensidades fasores: IR = 42.56-28.6i; IS = -46.05-22.56i; IT = 3.48+51.16i; IN = 0
- Intensidades valor eficaz: IR = 51.28; IS = 51.28; IT = 51.28; IN = 0

Calentamiento:

Intensidad(A)_R: 61.63

Se eligen conductores Unipolares 4x120+TTx70mm²Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI Eca

I.ad. a 25°C (Fc=1) 200 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 160 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): R = 29.27; S = 29.27; T = 29.27; N = 25

e(parcial):

Simple: RN = 2.9 V, 1.26%; SN = 2.9 V, 1.26%; TN = 2.9 V, 1.26%;

Compuesta: RS = 5.02 V, 1.26%; ST = 5.02 V, 1.26%; TR = 5.02 V, 1.26%;

e(total):

Simple: **RN = 9.22 V, 3.99%**; SN = 9.22 V, 3.99%; TN = 9.22 V, 3.99%;

Compuesta: RS = 15.96 V, 3.99%; ST = 15.96 V, 3.99%; TR = 15.96 V, 3.99%;

Protección Termica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.
 Protección Térmica en Final de Línea
 I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.
 Protección diferencial en Principio de Línea
 Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

CALCULO DE EMBARRADO Cuadro Célula A1

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 30
- Ancho (mm): 15
- Espesor (mm): 2
- Wx, lx, Wy, ly (cm³, cm⁴): 0.075, 0.0562, 0.01, 0.001
- I. admisible del embarrado (A): 140

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot Wx \cdot n) = 3.61^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.075 \cdot 1) = 180.73 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 111.77 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 140 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 3.61 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = Kc \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{tcc}) = 164 \cdot 30 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 6.96 \text{ kA}$$

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Cuadro Célula A1	58259.05	348	4x185+TTx95Al	101.42	260	2.73	2.73	180

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmax f (kA)	Ikmin f (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
Cuadro Célula A1	348	4x185+TTx95Al	23.358	25 4.5	3.607	1009.41	125;10 In 125;10 In		

Subcuadro Cuadro Célula A1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Alumbrado Celula A1	960	173	4x6+TTx6Cu	1.54	57	0.16	2.9	50
Bombas	23809.52	1	4x16+TTx16Cu	41.4	59	0.02	2.75	40

Tomas Usos varios	4000	1	4x2.5+TTx2.5Cu	7.22	18	0.02	2.75	20
RESERVA	29489.5 2	229	4x120+TTx70Al	51.28	200	1.26	3.99	160

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmax f (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
Alumbrado Celula A1	173	4x6+TTx6Cu	3.607	4.5	0.437	104.38	10;C		
Bombas	1	4x16+TTx16Cu	3.607	4.5	3.558	994.61	50;C		
Tomas Usos varios	1	4x2.5+TTx2.5Cu	3.607	4.5	3.319	922.37	16;C		
RESERVA	229	4x120+TTx70Al	3.607	4.5 4.5	1.971	513.18	63;C 63;C		