



Universidad
Zaragoza

MEMORIA

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro
polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Autor/es

Ismael Benhamou Prat

Director/es

Pedro Ibáñez

EINA

2016/2017

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. MEMORIA DESCRIPTIVA | 7 |
| 1.1. GENERALIDADES..... | 7 |
| 1.3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES | 7 |
| 1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES MOTIVO DEL PROYECTO. | 8 |
| 1.4. ESTIMACIÓN Y PREVISIÓN DE CARGA. | 9 |
| 1.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES. | 10 |
| 2. LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN | 11 |
| 2.1. TRAZADO DE LA LINEA. | 11 |
| 2.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 11 |
| 2.2.1 GENERALIDADES..... | 11 |
| 2.2.2. DISTANCIAS A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS O DE TELECOMUNICACION..... | 12 |
| 2.2.3. DISTANCIAS A CARRETERAS. | 13 |
| 2.2.4. DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR..... | 13 |
| 2.2.5. DISTANCIAS A FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVIAS Y TROLEBUSES..... | 14 |
| 2.2.6. DISTANCIAS A TELEFERICOS Y CABLES TRANSPORTADORES..... | 14 |
| 2.2.7. DISTANCIAS A RIOS Y CANALES, NAVEGABLES O FLOTABLES. | 15 |
| 2.2.8. PASO POR ZONAS. | 15 |
| 2.3. MATERIALES. | 16 |
| 2.4. CONDUCTORES..... | 16 |
| 2.4.1. CONDUCTORES DE ALUMINIO. | 17 |
| 2.4.4. EMPALMES Y CONEXIONES. | 17 |
| 2.5. HERRAJES Y ACCESORIOS. | 18 |
| 2.6. AISLADORES..... | 18 |
| 2.7. CRUCETAS..... | 19 |
| 2.8. APOYOS. | 19 |
| 2.8.1. APOYOS METALICOS..... | 20 |
| 2.8.2. NUMERACION, MARCADO Y AVISOS DE RIESGO ELECTRICO..... | 21 |
| 2.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y CONDICIONES DE MONTAJE. | 21 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | |
|--|-----------|
| 2.9.1. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA. | 22 |
| 2.9.2. LINEAS DE TIERRA..... | 23 |
| 2.9.3. CONEXION DE LOS APOYOS A TIERRA. | 23 |
| 2.10. CIMENTACIONES. | 24 |
| 2.11. ENTRONQUE..... | 24 |
| 2.12. PROTECCION DE LA AVIFAUNA. | 24 |
| 2.12.1. PROTECCION CONTRA LA ELECTROCUCION..... | 24 |
| 2.12.2. PROTECCION CONTRA LA COLISION..... | 25 |
| 2.13. ANEXO DE CALCULOS JUSTIFICATIVOS..... | 27 |
| 2.15.1. RESUMEN DE FORMULAS..... | 27 |
| 2.15.2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION..... | 49 |
| 2.15.3. TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL. | 50 |
| 2.15.4. VANO DE REGULACION. | 50 |
| 2.15.4. TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES. | 50 |
| 2.15.6. LIMITE DINAMICO EDS. | 50 |
| 2.15.7. APOYOS. | 50 |
| 2.15.8. CIMENTACIONES. | 50 |
| 2.15.9. CADENAS DE AISLADORES..... | 50 |
| 2.15.10. DISTANCIAS DE SEGURIDAD. | 50 |
| 2.15.11. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION. | 54 |
| 2.15.12. TABLAS RESUMEN. | 58 |
| 3. LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSIÓN..... | 72 |
| 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACION..... | 72 |
| 3.1.1. TRAZADO..... | 72 |
| 3.1.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 72 |
| 3.1.3. CLASE DE ENERGIA. | 72 |
| 3.1.4. MATERIALES. | 72 |
| 3.1.5. CABLES, EMPALMES Y APARAMENTA ELECTRICA. | 73 |
| 3.1.6. INSTALACION DE CABLES AISLADOS..... | 73 |
| 3.2. PUESTA A TIERRA. | 74 |
| 3.3. PROTECCIONES..... | 75 |
| 3.3.1. PROTECCION CONTRA SOBREINTENSIDADES. | 75 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2. PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES..... | 75 |
| 3.4. ANEXO DE CALCULOS LINEA SUBTERRANEA..... | 77 |
| 4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 80 |
| 4.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL C.T..... | 80 |
| 4.2. PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA..... | 80 |
| 4.3. OBRA CIVIL..... | 80 |
| 4.3.1. LOCAL..... | 80 |
| 4.3.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACION..... | 80 |
| 4.3.3. CIMENTACION..... | 81 |
| 4.3.4. SOLERA, PAVIMENTO Y CERRAMIENTOS EXTERIORES..... | 81 |
| 4.3.5. CUBIERTA..... | 82 |
| 4.3.6. PINTURAS..... | 82 |
| 4.3.7. VARIOS..... | 82 |
| 4.4. INSTALACION ELECTRICA..... | 82 |
| 4.4.1. RED ALIMENTACION..... | 82 |
| 4.4.2. APARAMENTA A.T..... | 82 |
| 4.4.3. APARAMENTA B.T..... | 84 |
| 4.5. MEDIDA DE LA ENERGIA ELECTRICA..... | 84 |
| 4.6. PUESTA A TIERRA..... | 85 |
| 4.6.1. TIERRA DE PROTECCION..... | 85 |
| 4.6.2. TIERRA DE SERVICIO..... | 85 |
| 4.7. INSTALACIONES SECUNDARIAS..... | 85 |
| 4.7.1. ALUMBRADO..... | 85 |
| 4.7.2. PROTECCION CONTRA INCENDIOS..... | 86 |
| 4.7.3. VENTILACION..... | 86 |
| 4.7.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD..... | 86 |
| 4.8. ANEXO DE CALCULOS JUSTIFICATIVOS..... | 88 |
| 4.9.1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN..... | 88 |
| 4.9.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN..... | 88 |
| 4.9.3. CORTOCIRCUITOS..... | 88 |
| 4.9.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO..... | 89 |
| 4.9.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN..... | 91 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | |
|---|------------|
| 4.9.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... | 92 |
| 4.9.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS. | 92 |
| 4.9.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA..... | 92 |
| 5. LINEAS SUBTERRANEAS DE BAJA TENSIÓN | 98 |
| 5.1. SUMINISTRO DE LA ENERGIA. | 98 |
| 5.2. PREVISIÓN DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACION. | 98 |
| 5.3. TRAZADO DE LA RED ELECTRICA. | 98 |
| 5.4. CANALIZACIONES. | 98 |
| 5.5.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS. | 99 |
| 5.5.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO. | 99 |
| 5.5. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 100 |
| 5.6.1. CRUZAMIENTOS. | 100 |
| 5.6.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS..... | 102 |
| 5.6. CONDUCTORES..... | 103 |
| 5.7. EMPALMES Y CONEXIONES. | 104 |
| 5.8. SISTEMAS DE PROTECCION. | 104 |
| 5.9. UBICACION DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA. | 105 |
| 5.10. ANEXO DE CALCULOS | 107 |
| 6. ALUMBRADO PUBLICO | 116 |
| 6.1. USO AL QUE SE DESTINA LA INSTALACION. | 116 |
| 6.2. SUMINISTRO DE LA ENERGIA. | 116 |
| 6.3. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACION Y REQUISITOS FOTOMETRICOS..... | 116 |
| 6.4.1. ALUMBRADO VIAL..... | 116 |
| 6.4.2. ALUMBRADOS ESPECIFICOS. | 119 |
| 6.4.3. ALUMBRADO ORNAMENTAL..... | 120 |
| 6.4.4. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA..... | 120 |
| 6.4.5. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS. | 121 |
| 6.4. ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES DE LOS VIALES. | 121 |
| 6.5. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO..... | 122 |
| 6.6. LIMITACION DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA. | 122 |
| 6.7. EFICIENCIA ENERGETICA. | 123 |
| 6.8.1. REQUISITOS MINIMOS DE EFICIENCIA ENERGETICA (ϵ)..... | 123 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | |
|--|------------|
| 6.8.2. CALIFICACION ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. | 124 |
| 6.8. COMPONENTES DE LA INSTALACION. | 124 |
| 6.9.1. LAMPARAS. | 124 |
| 6.9.2. LUMINARIAS. | 125 |
| 6.9.3. EQUIPOS AUXILIARES. | 125 |
| 6.9. DISPOSICION DE VIALES Y CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACION ADOPTADO. 126 | |
| 6.10. REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO PREVISTO Y DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO Y DE REGULACION DE NIVEL LUMINOSO. | 127 |
| 6.11. SOPORTES. | 128 |
| 6.12. CANALIZACIONES. | 128 |
| 6.13.1. REDES SUBTERRANEAS. | 128 |
| 6.13. CONDUCTORES. | 129 |
| 6.14. SISTEMAS DE PROTECCION. | 130 |
| 6.15. COMPOSICION DEL CUADRO DE PROTECCION, MEDIDA Y CONTROL. | 132 |
| 6.16. ANEXO DE CALCULOS. | 133 |
| 7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO. | 139 |
| 8. CONCLUSIÓN. | 140 |
| 9. ANEXO SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO. | 141 |
| 9.1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. | 141 |
| 9.1.1. INTRODUCCIÓN. | 141 |
| 9.1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES. | 141 |
| 9.1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN. | 147 |
| 9.1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES. | 147 |
| 9.2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. | 148 |
| 9.2.1. INTRODUCCIÓN. | 148 |
| 9.2.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO. | 149 |
| 9.3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. | 150 |
| 9.3.1. INTRODUCCIÓN. | 150 |
| 9.3.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO. | 150 |
| 9.4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. ... | 155 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | |
|---|-----|
| 9.4.1. INTRODUCCION..... | 155 |
| 9.4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD. | 156 |
| 9.4.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS..... | 167 |
| 9.5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL..... | 167 |
| 9.5.1. INTRODUCCION..... | 167 |
| 9.5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO. | 167 |

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. GENERALIDADES

Se redacta el presente proyecto de la “fase 1” de la instalación eléctrica de un polígono industrial, a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Teruel y del Excmo. Ayuntamiento de Calamocha.

El polígono objeto del presente proyecto se encuentra situado en el Antiguo Aeródromo de la localidad de Calamocha (Teruel), en el lugar indicado en el correspondiente Plano de Situación y Emplazamiento incluido en el presente proyecto.

1.2. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es la descripción y justificación técnica de las instalaciones en M.T. para el suministro, montaje, pruebas y puesta en marcha de la instalación eléctrica para la Construcción de redes aéreas, redes subterráneas, red de alumbrado público, centros de Distribución y Transformación y su toma de tierra correspondiente, destinado al suministro de energía eléctrica de un polígono industrial, así como la Legalización ante los Servicios de Industria y demás Organismos Oficiales, para obtener las Autorizaciones necesarias.

1.3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 263/2008, de 22 de febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES MOTIVO DEL PROYECTO.

El presente proyecto define zonas específicas que se clasifican de acuerdo a la normativa necesaria para el diseño de las mismas

- Línea aérea-subterránea A.T

Cumplirá con la normativa de líneas de alta tensión (RLAT). Las dos líneas son consideradas líneas de alta tensión de categoría 3ª, a estas se les denomina líneas de media tensión. Este valor de tensión son 20 kV la longitud de las líneas descirtas en este apartado son para el caso de la línea aérea 1076 m y para el caso de la subterránea 608m.

- Centro de transformación

Cumplirá con la normativa referente a la alta tensión (RLAT) ,con las (REBT) referentes a la baja tensión y con la que hace alusión a los centros de transformación.

La instalación objeto del presente proyecto consta de 2 CTs de las mismas características.

Los trafos que albergan son de 1000 kVA, y tenemos uno en cada centro. El primario de los transformadores de ambos se alimenta a 20 kV y del secundario alimenta a la instalación a 400 V por tanto tendrán una relación de transformación de 50.

Las casetas, que albergan los trafos y las celdas correspondientes (Dos de línea, una de remonte, una de protección, una de medida y dos cuadros de BT), son prefabricadas y se instalan a la intemperie.

- Redes distribución B.T

Cumplirán con la normativa referente a la baja tensión REBT. Tenemos un total de 6 líneas de baja tensión para abastecer al total de las parcelas correspondientes a la fase 1, objeto del proyecto.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

De cada uno de los CTs parten 3 líneas, son subterráneas y cada una de ellas tiene una longitud de: 1.1 145m, 1.2 294m, 1.3 378 ,2.1 103m ,2.2 241m y 2.3 327m.

- Redes de alumbrado público

Cumplirá con la normativa referente a las líneas de baja tensión REBT y concretamente la que trata del alumbrado público ITC 09.

Tenemos un total de dos redes de alumbrado cada una de ellas parte de un CT .La primera de ellas es la 1 y parte del CT 2 tiene una longitud de 336m y consta de 12 luminarias.

La segunda línea de alumbrado parte del CT 1, tiene una longitud de 419m y consta de un total de 18 luminarias.

1.4. ESTIMACIÓN Y PREVISIÓN DE CARGA.

Para el cálculo de la previsión de cargas nos basaremos en lo indicado en el REBT, en su instrucción ITC-BT-10 correspondiente a "Previsión de cargas para suministros en baja tensión", que según la utilidad de la parcela tendremos una potencia de:

- 125 W metro cuadrado como mínimo para parcelas destinadas a concentración de industrias de uso privado.

Los criterios para el cálculo del coeficiente global de simultaneidad aplicable a la Red BT y a los Centros de Transformación, que se obtiene a partir de los coeficientes de simultaneidad individuales reglamentarios para cada tipo de suministro, se definen en la tabla 3 siguiente:

En mi caso usare 0.78 que es lo que nos dice la ITC para el caso de tener más de 10 parcelas, y además aplicaremos un coeficiente de edificabilidad de 0.6.

La fase 1, objeto del presente proyecto, tiene un total de 32045 m². Se encuentra dividido en parcelas de dos tipos:

- Parcelas laterales (1826.1m²) , 8 en total:

$$P = 1826.1 \text{ m}^2 \cdot 125 \cdot 0.6 \cdot 0.78 = 107 \text{ kW (de cada una de ellas)}$$

- Parcelas centrales (1793m²) 10 en total:

$$P = 1793 \text{ m}^2 \cdot 125 \cdot 0.6 \cdot 0.78 = 105 \text{ kW (de cada una de ellas)}$$

En total unos 1906 kW que junto con la potencia consumida por las líneas de alumbrado (línea 1: 2.916 kW y línea 2: 4.5 kW) da un total de 1913.416 kW, por tanto serán necesarios 2 CT de 1000 kVA cada uno.

1.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES.

Las instalaciones objeto del presente proyecto son las siguientes:

1) RED DE MEDIA TENSIÓN

Parte de un entronque entre líneas aéreas, este entronque se encuentra en el apoyo 12 de otra línea aérea de la zona procedente de la subestación de calamocha y que tiene 20 kV de tensión nominal.

Finaliza dando paso a la línea subterránea de media tensión, este cambio se lleva acabo mediante un entronque entre ambas a unos 50 metros antes de llegar a lo que será el polígono.

2) RED SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN

Empieza cuando finaliza la línea aérea, anteriormente definida, y termina en los Centros de Tansformación.

3) 2 CT DE 1000 Kva

Son los encargados de transformar la tensión de 20 kV a 400/230 V, que es lo que van a demandar las futuras naves que habrá sobre las parcelas definidas. De cada uno de ellos van a partir 3 salidas de baja tensión y una de alumbrado público.

Por tanto solo ocuparemos uno de los dos cuadros de Baja Tensión que tiene el CT, el cuadro restante podría ser utilizado en futuras ampliaciones.

4) RED DE BAJA TENSIÓN

Desde el CT asta los puntos de derivación individual de las parcelas. Son 6 circuitos diferentes como veremos posteriormente, 3 por cada CT, con la misión de suministrar tensión a 400/230V a las parcelas definidas.

5) RED DE ALUMBRADO PÚBLICO

Al igual que las Redes de Baja Tensión también parten desde el CT con la misión de iluminar la zona correspondiente a la fase 1 del futuro polígono. Tenemos 1 por cada CT.

2. LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN

2.1. TRAZADO DE LA LINEA.

La línea en proyecto entroncará en el apoyo número 12 de una línea aérea ya existente, propiedad de ENDESA y finalizará en un entronque con la línea subterránea que será la encargada de conectarla con los CT del polígono.

La longitud de la línea es de 1076 m. En su recorrido, atraviesa el término municipal de Calamocha (Teruel) únicamente.

2.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesiten efectuar Cruzamientos o Paralelismos, éstos se ajustarán a lo preceptuado en el apdo. 5 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

2.2.1 GENERALIDADES.

En ciertas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en este capítulo.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

En aquellos tramos de línea en que, debido a sus características especiales, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, será preceptiva la aplicación de las siguientes prescripciones.

a) Ningún conductor tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 daN en líneas de tensión nominal superior a 30 kV, ni inferior a 1.000 daN en líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV. Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce.

b) Se prohíbe la utilización de apoyos de madera.

c) Los coeficientes de seguridad en cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25 % superior a los establecidos para la línea.

d) La fijación de los conductores al apoyo podrá ser efectuada con dos cadenas horizontales de amarre por conductor, con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25 % superior a los establecidos, o con una cadena de suspensión doble.

A efectos de aplicación en las distancias siguientes, D_{el} es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra, y D_{pp} es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase. Sus valores están indicados en la tabla 15 de la ITC-LAT 07.

2.2.2. DISTANCIAS A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS O DE TELECOMUNICACION.

2.2.2.1 Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales señaladas. En cualquier caso, en líneas de tensión nominal superior a 30 kV podrá admitirse la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce. También podrán emplearse apoyos de madera siempre que su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón. La condición c) no es de aplicación.

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión mas elevada, y en el caso de igual tensión la que se instale con posterioridad.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la superior no será menor de:

$$1,5 + D_{el} \quad (\text{hipótesis viento})$$

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} \quad (\text{m})$$

Siendo:

| Tensión nominal de la línea de mayor tensión (kV) | Dadd (m) | |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|
| De 3 a 30 | 1,8 ($D_{cruce} \leq 25 \text{ m}$) | 2,5 ($D_{cruce} > 25 \text{ m}$) |
| 45 o 66 | | 2,5 |
| 110, 132, 150 | 3 | |
| 220 | 3,5 | |
| 400 | 4 | |

2.2.2.2. Paralelismo entre líneas aéreas.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o distribución a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos.

Se evitará siempre que sea factible el paralelismo de las líneas eléctricas de alta tensión con líneas de telecomunicación y, cuando no sea posible, se mantendrá entre las trazas de los conductores más próximos de una y otra línea una distancia de 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

2.2.3. DISTANCIAS A CARRETERAS.

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 m en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 m en el resto de carreteras estatales.
- Para carreteras no estatales, la instalación deberá cumplir la normativa de cada CCAA.

2.2.3.1. Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas. No obstante, en lo que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, se admite la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce para las líneas de tensión nominal superior a 30 kV.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$6,3 + \text{Del (m)} \quad (\text{mínimo } 7 \text{ m})$$

En el presente proyecto la línea aérea cruza con dos carreteras no estatales y tal y como se indica aquí se ha tenido en cuenta una distancia de más de 7m.

2.2.4. DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR.

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- La línea límite de edificación es la situada a 50 m de la arista exterior de la explanación. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por dicha línea límite.
- En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a 1,5 veces la altura del apoyo.

2.2.4.1. Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

La distancia mínima de los conductores sobre las cabezas de los carriles será de:

6,3 + Del (m) (mínimo 7 m)

2.2.5. DISTANCIAS A FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVIAS Y TROLEBUSES.

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- La línea límite de edificación es la situada a 50 m de la arista exterior de la explanación. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por dicha línea límite.
- En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a 1,5 veces la altura del apoyo.

2.2.5.1. Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

La distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica sobre el conductor más alto del ferrocarril será de:

3,5 + Del (m) (mínimo 4 m)

2.2.6. DISTANCIAS A TELEFERICOS Y CABLES TRANSPORTADORES.

2.2.6.1. Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

El cruce de una línea eléctrica con teleféricos o cables transportadores deberá efectuarse siempre superiormente.

La distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica y la parte más elevada del teleférico será de:

4,5 + Del (m) (mínimo 5 m)

2.2.7. DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES, NAVEGABLES O FLOTABLES.

La instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 m y, como mínimo, a 1,5 veces la altura de los apoyos.

2.2.7.1. Cruzamientos.

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima vertical de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

G + 2,3 + Del (m)

G: galibo. Si no está definido se considerará un valor de 4,7 m.

.

2.2.8. PASO POR ZONAS.

2.2.8.1. Bosques, árboles y masas de arbolado.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia a ambos lados de dicha proyección:

1,5 + Del (m) (mínimo 2 m)

Además, deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea.

2.2.8.2. Edificios, construcciones y zonas urbanas.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

No se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

3,3 + Del (m) (mínimo 5 m)

Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

2.2.8.3. Proximidad de aeropuertos.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Las líneas eléctricas aéreas de AT con conductores desnudos que hayan de construirse en la proximidad de los aeropuertos, aeródromos, helipuertos e instalaciones de ayuda a la navegación aérea, deberán ajustarse a los especificados en la legislación y disposiciones vigentes en la materia que correspondan.

2.3. MATERIALES.

Todos los materiales serán de los tipos "aceptados" por la Cía. Suministradora de Electricidad.

El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo para la tensión más elevada de la red (Aislamiento pleno).

Los materiales siderúrgicos serán como mínimo de acero A-42b. Estarán galvanizados por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc de 0,61 kg/m² como mínimo, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO₄ Cu al 20 % de una densidad de 1,18 a 18 °C sin que el hierro quede al descubierto o coloreado parcialmente.

2.4. CONDUCTORES.

La sección nominal mínima admisible de los conductores de cobre y sus aleaciones será de 10 mm². En el caso de los conductores de acero galvanizado la sección mínima admisible será de 12,5 mm². Para otros tipos de materiales no se emplearán conductores de menos de 350 daN de carga de rotura.

En el caso en que se utilicen conductores usados, procedentes de otras líneas desmontadas, las características que afectan básicamente a la seguridad deberán establecerse razonadamente, de acuerdo con los ensayos que preceptivamente habrán de realizarse.

2.4.1. CONDUCTORES DE ALUMINIO.

Podrán estar constituidos por hilos redondos o con forma trapezoidal de aluminio o aleación de aluminio y podrán contener, para reforzarlos, hilos de acero galvanizados o de acero recubiertos de aluminio.

Los conductores deberán cumplir la Norma UNE-EN 50182 y serán de uno de los siguientes tipos:

- Conductores homogéneos de aluminio (AL1).
- Conductores homogéneos de aleación de aluminio (ALx).
- Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzados con acero galvanizado (AL1/STyz o ALx/SATz).
- Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzado con acero recubierto de aluminio (AL1/SAyz o ALx/SAyz).
- Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio reforzados con aleación de aluminio (AL1/ALx).

En este caso el conductor seleccionado es LA 56 con una sección de 54.6 por cada fase, su cálculo se ha hecho en kg siendo estos un total de 585.

2.4.4. EMPALMES Y CONEXIONES.

Los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores. Lo mismo el empalme que la conexión no deberán aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95 por 100 de la carga de rotura del cable empalmado.

La conexión de conductores sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20 por 100 de la carga de rotura del conductor.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura a tope de los mismos.

Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. En cualquier caso, se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

2.5. HERRAJES Y ACCESORIOS.

Deberán cumplir los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897. Su diseño deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

Todos los materiales utilizados en la construcción de herrajes y accesorios de líneas aéreas deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica. La elección de materiales o el diseño de herrajes y accesorios deberá ser tal que la corrosión galvánica de herrajes o conductores sea mínima.

Todos los materiales féreos, que no sean de acero inoxidable, utilizados en la construcción de herrajes, deberán ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente.

Los herrajes y accesorios sujetos a articulaciones o desgaste deberán ser diseñados y fabricados, incluyendo la selección del material, para asegurar las máximas propiedades de resistencia al rozamiento y al desgaste.

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores deberán cumplir con los requisitos de resistencia mecánica dados en las normas UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433 o UNE-EN 61466-1.

Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores deberán cumplir con la Norma UNE 21009 o la Norma UNE 21128.

Los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados en el montaje de herrajes con uniones tipo rótula, deberán cumplir con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

Cuando se elijan metales o aleaciones para herrajes de líneas, deberá considerarse el posible efecto de bajas temperaturas, cuando proceda. Cuando se elijan materiales no metálicos, deberá considerarse su posible reacción a temperaturas extremas, radiación UV, ozono y polución atmosférica.

2.6. AISLADORES.

Comprenderán cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana. Podrán estar fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función.

Deberán resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deberán resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Todos los materiales usados en la construcción de aisladores deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica.

Podrá obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio a partir de los ensayos termo-mecánicos especificados en la norma UNE-EN 60383-1.

Todos los materiales férreos, que no sean de acero inoxidable, usados en aisladores, deberán ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente, debiendo cumplir los requisitos de ensayo indicados en la norma UNE-EN 60383-1.

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de líneas aéreas deberán cumplir con los requisitos dimensionales de las siguientes normas:

- UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433, para elementos de cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos.
- UNE-EN 61466-1 y UNE-EN 61466-2, para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona.
- CEI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.
- UNE-EN 62217 para aisladores poliméricos.

2.7. CRUCETAS.

Las crucetas a utilizar serán metálicas galvanizadas por inmersión en caliente, capaces de soportar los esfuerzos a que estén sometidas, y con las distancias adecuadas a los vanos contiguos.

Las crucetas utilizadas han sido tresbolillo atirantado y cuando no cumplía con los esfuerzos verticales para evitar colocar cadenas de amarre, de bóveda recta.

2.8. APOYOS.

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores a los apoyos. Estos podrán ser metálicos o de hormigón.

Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos, y en caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.

No se permitirá el uso de tirantes para la sujeción de los apoyos, salvo en caso de avería, sustitución o desvío provisional.

Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasificarán en:

- Apoyo de suspensión: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- Apoyo de amarre: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Apoyo de anclaje: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- Apoyo de principio o fin de línea: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
- Apoyos especiales: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasificarán en:

- Apoyo de alineación: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- Apoyo de ángulo: Apoyos de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

2.8.1. APOYOS METÁLICOS.

Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, galvanizado, etc) responderán a lo indicado en la norma UNE 207017(celosía) y UNE 207018 (chapa) o, en su defecto, en otras normas o especificaciones técnicas reconocidas.

En los apoyos de acero, así como en los elementos metálicos de los apoyos de otra naturaleza, no se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior podrá reducirse a 3 mm. Análogamente, en construcción atornillada no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles de una anchura inferior a 35 mm.

No se emplearán tornillos de diámetro inferior a 12 mm. La utilización de perfiles cerrados se hará siempre de forma que se evite la acumulación de agua en su interior. En estas condiciones, el espesor mínimo de la pared no será inferior a 3 mm, límite que podrá reducirse a 2,5 mm cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

Se recomienda la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, en atención a las dificultades de los tratamientos posteriores de conservación necesarios.

Los apoyos situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica sea frecuente, dispondrán de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m.

| | APOYOS |
|---|---|
| APOYO CELOSIA C 500-10 BOVEDA RECTA | 3,6,9,16 |
| APOYO CELOSIA C 500-12 TRESBOLILLO ATIRANTADO | 4,8,10,11,12,13,15,18,19,20,21,23,24,25,26,27,29,30, 32,33 |
| APOYO CELOSIA C 500-14 TRESBOLILLO ATIRANTADO | 7,17,14,22,28,31,34 |
| APOYO CELOSIA C 2000-14 TRESBOLILLO ATIRANTADO | 5 |

2.8.2. NUMERACION, MARCADO Y AVISOS DE RIESGO ELECTRICO.

Cada apoyo se identificará individualmente mediante un número, código o marca alternativa (como por ejemplo coordenadas geográficas), de tal manera que la identificación sea legible desde el suelo.

En todos los apoyos, cualesquiera que sea su naturaleza, deberán estar claramente identificados el fabricante y tipo.

También se recomienda colocar indicaciones de existencia de riesgo eléctrico en todos los apoyos. Esta indicación será preceptiva para líneas de tensión nominal superior a 66 kV y, en general, para todos los apoyos situados en zonas frecuentadas.

Estas indicaciones cumplirán la normativa existente sobre señalizaciones de seguridad.

2.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y CONDICIONES DE MONTAJE.

El sistema de puesta a tierra estará constituido por uno o varios electrodos de puesta a tierra enterrados en el suelo y por la línea de tierra que conecta dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser de material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del terreno, de modo que puedan garantizar una tensión de contacto dentro de los niveles aceptables.

El uso de productos químicos para reducir la resistividad del terreno, aunque puede estar justificado en circunstancias especiales, plantea inconvenientes, ya que incrementa la corrosión de los electrodos de puesta a tierra, necesita un mantenimiento periódico y no es muy duradero.

2.9.1. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.

Podrán disponerse de las siguientes formas:

- Electrodo horizontales de puesta a tierra (varillas, barras o cables enterrados) dispuestos en forma radial, formando una red mallada o en forma de anillo. También podrán ser placas o chapas enterradas.
- Picas de tierra verticales o inclinadas hincadas en el terreno, constituidas por tubos, barras u otros perfiles, que podrán estar formados por elementos empalmables.

Es recomendable que el electrodo de puesta a tierra esté situado a una profundidad suficiente para evitar la congelación del agua ocluida en el terreno. Los electrodos horizontales de puesta a tierra serán enterrados como mínimo a una profundidad de 0,5 m (habitualmente entre 0,5 m y 1 m). Esta medida garantiza una cierta protección mecánica.

Los electrodos horizontales de puesta a tierra se colocarán en el fondo de una zanja o en la excavación de la cimentación de forma que:

- se rodeen con tierra ligeramente apisonada,
- las piedras o grava no estén directamente en contacto con los electrodos de puesta a tierra enterrados,
- cuando el suelo natural sea corrosivo para el tipo de metal que constituye el electrodo, el suelo se reemplace por un relleno adecuado.

Las picas verticales o inclinadas son particularmente ventajosas cuando la resistividad del suelo decrece mucho con la profundidad. Se clavarán en el suelo, empleando herramientas apropiadas para evitar que los electrodos se dañen durante su hincado.

Cuando se instalen varias picas en paralelo se separarán como mínimo 1,5 veces la longitud de la pica.

La parte superior de cada pica siempre quedará situada debajo del nivel de tierra.

Las uniones utilizadas para conectar las partes conductoras de una red de tierras, con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red, deberán tener las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los de los propios electrodos.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser resistentes a la corrosión y no deberán ser susceptibles de crear pares galvánicos.

Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

2.9.2. LINEAS DE TIERRA.

Los conductores de las líneas de tierra deberán instalarse procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio.

Conviene prestar especial atención para evitar la corrosión donde los conductores de las líneas de tierra desnudos entren el suelo o en el hormigón. En este sentido, cuando en el apoyo exista macizo de hormigón el conductor no deberá tenderse por encima de él, sino atravesarlo.

Se cuidará la protección de los conductores de las líneas de tierra en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno, de modo que queden defendidos contra golpes, etc.

En las líneas de tierra no podrán insertarse fusibles ni interruptores.

Las uniones no deberán poder soltarse y serán protegidas contra la corrosión. Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

Conviene que sea imposible desmontar las uniones sin herramientas.

2.9.3. CONEXION DE LOS APOYOS A TIERRA.

Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. Los apoyos de material no conductor no necesitarán puesta a tierra. Además, todos los apoyos frecuentados, salvo los de material aislante, deberán ponerse a tierra.

La conexión específica a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

- Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
- Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que se exigen para los conductores que constituyen la línea de tierra. Sin embargo, esta forma de conexión no se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

En los apoyos de hormigón pretensado se deberán conectar a tierra, mediante un conductor de conexión, las armaduras metálicas que formen el puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico ni de las armaduras, en el caso de apoyos de hormigón armado. Los chasis de los aparatos de manibora y las envolventes de los transformadores podrán ponerse a tierra a través de la estructura del apoyo metálico.

2.10. CIMENTACIONES.

Las cimentaciones podrán ser realizadas en hormigón, hormigón armado o acero. En las cimentaciones de hormigón se cuidará su protección en el caso de suelo o aguas que sean agresivos para el mismo. En las de acero se prestará especial atención a su protección, de forma que quede garantizada su duración.

2.11. ENTRONQUE.

La conexión de la línea derivada con la principal se hará en un "puente flojo" de ambas, quedando prohibido que los conductores ejerzan esfuerzos mecánicos de tracción sobre las piezas de conexión, para lo cual el primer apoyo de la línea derivada esta situada a 12m.

La derivación se hará desde un apoyo de amarre si existiese o desde uno de alineación si sus características lo permitiesen, mediante el cambio de las cadenas de aisladores, para su conversión en amarre. En caso de no ser posible ninguna de las soluciones anteriores, será necesaria la instalación de un nuevo apoyo para la línea principal, que mantendrá la altura y separación entre conductores existentes en ésta, y tendrá un mínimo de 1.000 daN de esfuerzo en punta.

2.12. PROTECCION DE LA AVIFAUNA.

Independientemente de las disposiciones de carácter autonómico, en las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos, que estén situadas en Zonas de protección, se adoptarán medidas antielectrocución y anticolidión, con el fin de proteger a la avifauna.

- Zonas de Protección:

- a) Territorios designados como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA).
- b) Ambitos de aplicación de los planes de recuperación y conservación elaborados por las comunidades autónomas para las especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas o en los catálogos autonómicos.
- c) Areas prioritarias de reproducción, alimentación, dispersión y concentración local de aquellas especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, o en los catálogos autonómicos, cuando dichas áreas no estén ya comprendidas en los apartados a) o b).

2.12.1. PROTECCION CONTRA LA ELECTROCUCION.

En las líneas eléctricas de alta tensión de 2ª y 3ª categoría que tengan o se construyan con conductores desnudos, a menos que en los supuestos c) y d) tengan crucetas o apoyos de material aislante o tengan instalados disuadores de posada cuya eficacia esté reconocida por el órgano competente de la comunidad autónoma, se aplicarán las siguientes prescripciones:

- a) Las líneas se han de construir con cadenas de aisladores, evitándose en los apoyos de alineación la disposición de los mismos en posición rígida.
- b) Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, ángulo, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos. En cualquier caso, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión.
- c) En el caso del armado canadiense y tresbolillo (atirantado o plano), la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,5 m.
- d) Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del fuste y el conductor central no será inferior a 0,88 m, y se aislará el conductor central 1 m a cada lado del punto de enganche.
- e) Los diferentes armados han de cumplir unas distancias mínimas de seguridad "d" (entre conductor y armado), tal y como se establece a continuación. Las alargaderas en las cadenas de amarre deberán diseñarse para evitar que se posen las aves.

| <u>Tipo cruceta</u> | <u>Distancias mínimas de seguridad en las zonas de protección</u> |
|---------------------|--|
| Canadiense | Cadena en suspensión, d = 478 mm Cadena de amarre, d = 600 mm |
| Tresbolillo | Cadena en suspensión, d = 600 mm Cadena de amarre, d = 1000 mm |
| Bóveda | Cadena en suspensión, d = 600 mm y cable central aislado 1 m a cada lado del punto de enganche. Cadena de amarre, d = 1000 mm y puente central aislado. |

En el caso de crucetas distintas a las especificadas, la distancia mínima de seguridad aplicable será la que corresponda a la cruceta más aproximada.

2.12.2. PROTECCION CONTRA LA COLISION.

Se instalarán salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma.

Los salvapájaros o señalizadores visuales se colocarán en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm.

Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos y estarán dispuestos cada 10 m (si el cable de tierra es único) o alternadamente, cada 20 m (si son dos cables de tierra paralelos o, en su caso, en los conductores). La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 m, para lo cual se dispondrán de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 m entre señales contiguas en un mismo conductor.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Los salvapájaros o señalizadores serán del tamaño mínimo siguiente:

- Espirales: Con 30 cm de diámetro x 1 m. de longitud.
- De 2 tiras en X: De 5 x 35 cm.

Se podrán utilizar otro tipo de señalizadores, siempre que eviten eficazmente la colisión de aves, a juicio del órgano competente de la comunidad autónoma.

Sólo se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando el diámetro propio, o conjuntamente con un cable adosado de fibra óptica o similar, no sea inferior a 20 mm.

2.13. ANEXO DE CALCULOS JUSTIFICATIVOS

2.15.1. RESUMEN DE FORMULAS.

2.15.1.1. TENSION MAXIMA EN UN VANO (Apdo. 3.2.1).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.18 \text{ Zona B}$$

$$K=0.36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).

P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

$Y = c \cdot \cosh(x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

YA = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

YB = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

XA = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

XB = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

Xm = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T0h = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

2.15.1.2. VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\sum a^3 / \sum a)}$$

2.15.1.3. TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T0h), se puede obtener una tensión horizontal final (Th) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0 / (S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h} / P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1 + z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a / 2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c]$$

$$c = T_h / P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1 + z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a / 2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

a = ar (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

$h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{1+(h/a)^2}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

Tensión máxima (Apdo. 3.2.1).

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

$t = -5$ °C.

Sobrecarga: viento (Pv).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

$t = -10$ °C.

Sobrecarga: viento (Pv).

- Tracción máxima hielo.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (Ph).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: viento (Pvh).

Sobrecarga: hielo (Ph).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: viento (Pv).

- Tracción máxima hielo.

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (Ph).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: viento (Pvh).

Sobrecarga: hielo (Ph).

Flecha máxima (Apdo. 3.2.3).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

$t = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: Viento (Pv).

b) Hipótesis de temperatura.

$t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (Ph).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_v/2$).

Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: Viento (P_v).

Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zona C).

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

2.15.1.4. LIMITE DINAMICO "EDS".

$$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, $t^a = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

2.15.1.5. HIPOTESIS CÁLCULO DE APOYOS (Apdo. 3.5.3).

Apoysos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m).

| TIPO DE APOYO | TIPO DE ESFUERZO | HIPOTESIS 1ª (Viento) | HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones) | HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.) |
|--------------------------------------|------------------|---|---|---|
| Alineación Suspensión | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | |
| | L | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{tv}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = Rotv$ |
| Alineación Amarre | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | |
| | L | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{tv}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = Rotv$ |
| Angulo Suspensión | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + RavT$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$ |
| | L | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rotv$ |
| Angulo Amarre | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + RavT$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$ |
| | L | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rotv$ |
| Anclaje Alineación | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | |
| | L | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{tv}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = Rotv$ |
| Anclaje Angulo y Estrellam. | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + RavT$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$ |
| | L | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rotv$ |
| Fin de línea | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | |
| | L | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$ | | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = Rotv$ |

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal L_t = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -5 °C.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m).

| TIPO DE APOYO | TIPO DE ESFUERZO | HIPOTESIS 1ª (Viento) | HIPOTESIS 2ª (Hielo) | HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones) | HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.) |
|--------------------------------------|------------------|--|---|---|---|
| Alineación Suspensión | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | | |
| | L | | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{th}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = R_{oth}$ |
| Alineación Amarre | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | | |
| | L | | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{th}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = R_{oth}$ |
| Angulo Suspensión | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$ | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$ |
| | L | | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$ |
| Angulo Amarre | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$ | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$ |
| | L | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$ | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$ |
| Anclaje Alineación | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | | |
| | L | | | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{th}$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = R_{oth}$ |
| Anclaje Angulo y Estrellam. | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$ | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$ |
| | L | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$ | Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$ | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$ |
| Fin de línea | V | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$ | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$ | | Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$ |
| | T | Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$ | | | |
| | L | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$ | Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{th}$ | | Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = R_{oth}$ |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

torsión V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará:

Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.

Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1).

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$P_{cv} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{cvr} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_v = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) o -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (m).

P_{pv} = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

P_{cvr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$P_{ch} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{chr} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_h = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C (zona B) o -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (m).

P_{ph} = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

P_{chr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).

n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2).

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$F_{vc} = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \quad (\text{daN})$$

Apoyos fin de línea

$$F_{vc} = a / 2 \cdot d \cdot n \cdot k \quad (\text{daN})$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$F_{vc} = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \quad (\text{daN})$$

Siendo:

a1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

ap = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d1, d2, dp = Diámetro del conductor (m).

n, n1, n2, np = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$$K = 60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$K = 50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

- En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4)

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$D_{tv} = 8/100 \cdot T_h \cdot n \quad (\text{daN})$$

$$D_{tv} = \text{Abs} ((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \quad (\text{daN})$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$D_{tv} = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{tv} = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$D_{tv} = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$D_{tv} = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$$D_{tv} = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{tv} = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$D_{tv} = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$D_{tv} = 100/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$D_{th} = 8/100 \cdot T_{oh} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}((T_{oh1} \cdot n_1) - (T_{oh2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$D_{th} = 15/100 \cdot T_{oh} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}((T_{oh1} \cdot n_1) - (T_{oh2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$D_{th} = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$D_{th} = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$$D_{th} = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}(T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$D_{th} = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$D_{th} = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5)

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$Rotv = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Rotv} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$Roth = T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5$ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)

Fin de línea

$Roth = T_{0h} \cdot ncf$ (daN)

$Roth = 2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Resultante de ángulo (Apdo. 3.1.6)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rav = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 + D_{tv})^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 + D_{tv}) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} + Dtv)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 + Dth)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 + Dth) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} + Dth)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

Esfuerzos descentrados

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

$$Esdt = T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (tresbolillo)}$$

$$Esdb = 3 \cdot T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (bandera)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis:

V = Cargas verticales.

T = Esfuerzos transversales.

L = Esfuerzos longitudinales.

Lt = Esfuerzos de torsión.

2.15.1.6. CIMENTACIONES (Apdo. 3.6).

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$Mep = Ep \cdot Hrc$$

Siendo:

Ep = Esfuerzo en punta (daN).

Hrc = Altura de la resultante de los conductores (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$$E_{va} = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \varphi \cdot S \text{ (apoyos de celosía).}$$

$$E_{va} = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies planas).}$$

$$E_{va} = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies cilíndricas).}$$

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

φ = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

1.6.1. Zapatas Monobloque.

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación " M_f " se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2)})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm³).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

1.6.2. Zapatas Aisladas.

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor será:

$$F_{rt} = \delta_t \cdot \Sigma (\gamma^2 \cdot L) \cdot \text{tg} [\phi/2]$$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m3).

γ = Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45º).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$$P_t = V_t \cdot \delta_t, \text{ en daN.}$$

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m3 .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m3 .

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m2 .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m2 .

Al volumen de tierra “ V_t “ , habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$$P_h = V_h \cdot \delta_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

δ_h = Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m3.

$V_h = \Sigma V_{hi}$; los volúmenes “ V_{hi} ” pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m3.

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen del tronco de pirámide, en m3 .

$V_j = 1/3 \cdot h \cdot S$; volumen de la pirámide, en m3.

$V_i = h \cdot S$; volumen del cubo, en m3.

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide, en m2.

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide, en m2.

S = Superficie de la base del cubo o pirámide, en m2.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

$$F_{ep} = 0,5 \cdot (M_{ep} + M_{ev} \cdot f) / \text{Base, en daN.}$$

Siendo:

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta, en daN · m.

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en daN · m.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$$F_V = T_V / 4 + P_a / 4 + P_t + P_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$$F_T = F_{ep} + F_V, \text{ en daN.}$$

Siendo:

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad "Cs", cuyo valor será:

$$Cs = (F_V + F_{rt}) / F_{ep} > 1,5.$$

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que comprobar que el terreno tiene la debida resistencia "Rt", cuyo valor será:

$$R_t = F_T / S, \text{ en daN/cm}^2.$$

Siendo:

FV = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Frt = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

Fep = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

FT = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm².

2.15.1.7. CADENA DE AISLADORES.

1.7.1. Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = Nia \cdot Ume / Llf$$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).

Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

1.7.2. Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$Csmv = Qa / (Pv + Pca) > 3$$

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3$$

Siendo:

Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

ncf = número de conductores por fase.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

1.7.3. Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \text{ (m)}$$

Siendo:

Lca = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

1.7.4. Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \text{ (daN)}$$

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

1.7.5. Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \text{ (daN)}$$

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

$k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).

2.15.1.8. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

1.8.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$$D = Dadd + Del = 5,3 + Del \text{ (m)}, \text{ mínimo } 6 \text{ m.}$$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional (m).

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp} \text{ (m)}.$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

k' = 0,75.

D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

$$ds = Del \text{ (m)}, \text{ mínimo de } 0,2 \text{ m}.$$

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

2.15.1.9. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena "γ" no podrá ser superior al ángulo "μ" máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^0C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de alineación.}$$

$$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^0C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de ángulo.}$$

Siendo:

tg γ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$P_{-X^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una $T^{\circ}C$ X (-5 $^{\circ}C$ en zona A, -10 $^{\circ}C$ en zona B, -15 $^{\circ}C$ en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Angulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 $^{\circ}C$ en zona A, -10 $^{\circ}C$ en zona B y -15 $^{\circ}C$ en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \tan \mu - P_t$$

2.15.1.10. DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO.

$$d_H = z \cdot \sin \alpha$$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

2.15.2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.

Tensión de la línea: 20 kV.

Tensión más elevada de la línea: 24 kV.

Velocidad del viento: 120 km/h.

Zonas: B.

CONDUCTOR.

Denominación: LA-56.

Sección: 54.6 mm².

Diámetro: 9.45 mm.

Carga de Rotura: 1640 daN.

Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².

Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 0.185 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de viento: 0.596 daN/m.

Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0.339 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0.738 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1.292 daN/m.

2.15.3. TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

2.15.4. VANO DE REGULACION.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

2.15.4. TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

2.15.6. LIMITE DINAMICO EDS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

2.15.7. APOYOS.

Ver en la tabla de CALCULO DE APOYOS.

2.15.8. CIMENTACIONES.

Ver en la tabla de CALCULO DE CIMENTACIONES.

2.15.9. CADENAS DE AISLADORES.

Ver en la tabla de CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

2.15.10. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.**10.1. Distancia de los conductores al terreno**

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$dst = Dadd + Del = 5,3 + 0.22 = 5.52 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$

$dst = 6 \text{ m.}$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno.

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

10.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Apoyo 3

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.42 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 4

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.96 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.82 \text{ m}$$

Apoyo 5

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.96 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.82 \text{ m}$$

Apoyo 6

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 7

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 8

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.4 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 9

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.4 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 10

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 11

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(1.34 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.94 \text{ m}$$

Apoyo 12

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(1.34 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.94 \text{ m}$$

Apoyo 13

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.4 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 14

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 15

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 16

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 17

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 18

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 19

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 20

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 21

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 22

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 23

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 24

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 25

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 26

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 27

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 28

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 29

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 30

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 31

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 32

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 33

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

Apoyo 34

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0.51)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.81 \text{ m}$$

Apoyo 35

$$D = 0.65 \cdot \sqrt{(0.39 + 0)} + 0.75 \cdot 0.25 = 0.6 \text{ m}$$

10.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$d_{sa} = Del = 0.22 \text{ m.};$ mínimo 0,2 m.

$d_{sa} = 0.22 \text{ m.}$

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

2.15.11. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en los apoyos sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena no podrá ser superior al ángulo máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de alineación.

$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$\text{tg } \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^\circ C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una $T^\circ \text{ X}$ (-5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \text{tg } \mu - P_t$$

Apoyos con cadenas de suspensión.

Apoyo 3

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (3.19 + 5.01/2) = 1.67.$$

$$\gamma = 59.1^\circ$$

$$\mu = 63.77^\circ$$

Apoyo 6

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (13.43 + 5.01/2) = 0.6.$$

$$\gamma = 30.85^\circ$$

$$\mu = 63.77^\circ$$

Apoyo 7

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (9.79 + 5.01/2) = 0.77.$$

$$\gamma = 37.75^\circ$$

$$\mu = 64.45^\circ$$

Apoyo 9

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (21.04 + 5.01/2) = 0.4.$$

$$\gamma = 22.02^\circ$$

$$\mu = 63.77^\circ$$

Apoyo 10

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (13.1 + 5.01/2) = 0.61.$$

$$\gamma = 31.39^\circ$$

$$\mu = 64.45^\circ$$

Apoyo 13

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.52 + 2.02/2) / (30.65 + 5.01/2) = 0.29.$$

$$\gamma = 16.05^\circ$$

$$\mu = 64.45^\circ$$

Apoyo 14

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (5.82 + 5.01/2) = 1.14.$$

$$\gamma = 48.84^\circ$$

$$\mu = 64.45^\circ$$

Apoyo 16

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (9.46 + 5.01/2) = 0.8.$$

$$\gamma = 38.51^\circ$$

$$\mu = 63.77^\circ$$

Apoyo 17

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (9.79 + 5.01/2) = 0.77.$$

$$\gamma = 37.75^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 19

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (2.51 + 5.01/2) = 1.9.$$

$$\gamma = 62.23^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 20

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (2.51 + 5.01/2) = 1.9.$$

$$\gamma = 62.23^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 22

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (5.82 + 5.01/2) = 1.14.$$

$$\gamma = 48.84^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 23

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (10.78 + 5.01/2) = 0.72.$$

$$\gamma = 35.62^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 25

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (2.51 + 5.01/2) = 1.9.$$

$$\gamma = 62.23^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 26

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (2.51 + 5.01/2) = 1.9.$$

$$\gamma = 62.23^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 28

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (5.82 + 5.01/2) = 1.14.$$

$$\gamma = 48.84^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 29

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (10.78 + 5.01/2) = 0.72.$$

$$\gamma = 35.62^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 31

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (5.82 + 5.01/2) = 1.14.$$

$$\gamma = 48.84^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 32

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (10.78 + 5.01/2) = 0.72.$$

$$\gamma = 35.62^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

Apoyo 34

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}\text{C}+V/2} + P_{ca}/2) = (8.51 + 2.02/2) / (6.74 + 5.01/2) = 1.03.$$

$$\gamma = 45.82^{\circ}$$

$$\mu = 64.45^{\circ}$$

2.15.12. TABLAS RESUMEN.

12.1. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | Vano Regula. (m) | Hipótesis de Tensión Máxima | | |
|-------|----------------|---------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | -10°C+V Toh(da N) | -15°C+V Toh(da N) | -15°C+H Toh(da N) |
| 2-3 | 30 | -1.3 | 28.03 | 385.7 | | 433.9 |
| 3-4 | 30 | -0.94 | 28.03 | 385.7 | | 433.9 |
| 4-5 | 60 | 0.4 | 60 | 418.8 | | 481.1 |
| 5-6 | 30 | 0.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 6-7 | 30 | -0.65 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 7-8 | 30 | -1.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 8-9 | 30 | 1.94 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 9-10 | 30 | -0.4 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 10-11 | 30 | -1.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 11-12 | 76 | 2 | 76 | 433.8 | | 502.6 |
| 12-13 | 30 | 2.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 13-14 | 30 | -1.25 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 14-15 | 30 | -1.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 15-16 | 30 | -0.06 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 16-17 | 30 | -0.65 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 17-18 | 30 | -1.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 18-19 | 30 | -0.46 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 19-20 | 30 | 0 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 20-21 | 30 | 0.46 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 21-22 | 30 | 0.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 22-23 | 30 | 0.25 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 23-24 | 30 | -0.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 24-25 | 30 | -0.46 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 25-26 | 30 | 0 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 26-27 | 30 | 0.46 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 27-28 | 30 | 0.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 28-29 | 30 | 0.25 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 29-30 | 30 | -0.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 30-31 | 30 | 0.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 31-32 | 30 | 0.25 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 32-33 | 30 | -0.54 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 33-34 | 30 | 0.29 | 30 | 387.6 | | 436.7 |
| 34-35 | 30 | 0.11 | 30 | 387.6 | | 436.7 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | Vano Regula. (m) | Hipótesis de Flecha Máxima | | | | | | Hipótesis Flecha Mínima -15°C F(m) |
|-------|----------------|---------------|------------------------|----------------------------|------|---------|------|---------|------|--|
| | | | | 15°C+V | | 50°C | | 0°C+H | | |
| | | | | Th(daN) | F(m) | Th(daN) | F(m) | Th(daN) | F(m) | |
| 2-3 | 30 | -1.3 | 28.03 | 236 | 0.28 | 50.1 | 0.42 | 337.2 | 0.25 | 0.05 |
| 3-4 | 30 | -0.94 | 28.03 | 236 | 0.28 | 50.1 | 0.42 | 337.2 | 0.25 | 0.05 |
| 4-5 | 60 | 0.4 | 60 | 314.4 | 0.85 | 86.8 | 0.96 | 412.4 | 0.81 | 0.24 |
| 5-6 | 30 | 0.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 6-7 | 30 | -0.65 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 7-8 | 30 | -1.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 8-9 | 30 | 1.94 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.4 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 9-10 | 30 | -0.4 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 10-11 | 30 | -1.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 11-12 | 76 | 2 | 76 | 343.8 | 1.25 | 99.8 | 1.34 | 443.2 | 1.2 | 0.42 |
| 12-13 | 30 | 2.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.4 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 13-14 | 30 | -1.25 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 14-15 | 30 | -1.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 15-16 | 30 | -0.06 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 16-17 | 30 | -0.65 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 17-18 | 30 | -1.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 18-19 | 30 | -0.46 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 19-20 | 30 | 0 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 20-21 | 30 | 0.46 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 21-22 | 30 | 0.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 22-23 | 30 | 0.25 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 23-24 | 30 | -0.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 24-25 | 30 | -0.46 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 25-26 | 30 | 0 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 26-27 | 30 | 0.46 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 27-28 | 30 | 0.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 28-29 | 30 | 0.25 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 29-30 | 30 | -0.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 30-31 | 30 | 0.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 31-32 | 30 | 0.25 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 32-33 | 30 | -0.54 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 33-34 | 30 | 0.29 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |
| 34-35 | 30 | 0.11 | 30 | 241.7 | 0.28 | 52.8 | 0.39 | 342.2 | 0.24 | 0.05 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Vano | Longit. (m) | Desni. (m) | Vano Regula. (m) | Hipótesis de Cálculo Apoyos | | | | | Desviación Cadenas Aisladores | | |
|-------|----------------|---------------|------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|---------------|---------------|
| | | | | -5°C+V | -10°C+V | -15°C+V | -15°C+H | -20°C+H | - 5°C+V/ 2 | - 10°C+V/2 | - 15°C+V/2 |
| | | | | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) | Th(daN) |
| 2-3 | 30 | -1.3 | 28.03 | | 385.7 | | 433.9 | | | 364.1 | |
| 3-4 | 30 | -0.94 | 28.03 | | 385.7 | | 433.9 | | | 364.1 | |
| 4-5 | 60 | 0.4 | 60 | | 418.8 | | 481.1 | | | 348.6 | |
| 5-6 | 30 | 0.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 6-7 | 30 | -0.65 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 7-8 | 30 | -1.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 8-9 | 30 | 1.94 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 9-10 | 30 | -0.4 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 10-11 | 30 | -1.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 11-12 | 76 | 2 | 76 | | 433.8 | | 502.6 | | | 340.3 | |
| 12-13 | 30 | 2.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 13-14 | 30 | -1.25 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 14-15 | 30 | -1.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 15-16 | 30 | -0.06 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 16-17 | 30 | -0.65 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 17-18 | 30 | -1.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 18-19 | 30 | -0.46 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 19-20 | 30 | 0 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 20-21 | 30 | 0.46 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 21-22 | 30 | 0.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 22-23 | 30 | 0.25 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 23-24 | 30 | -0.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 24-25 | 30 | -0.46 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 25-26 | 30 | 0 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 26-27 | 30 | 0.46 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 27-28 | 30 | 0.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 28-29 | 30 | 0.25 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 29-30 | 30 | -0.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 30-31 | 30 | 0.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 31-32 | 30 | 0.25 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 32-33 | 30 | -0.54 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 33-34 | 30 | 0.29 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |
| 34-35 | 30 | 0.11 | 30 | | 387.6 | | 436.7 | | | 363.3 | |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.2. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

| Vano | Long. (m) | Desni (m) | V.Reg (m) | -15°C | | -10°C | | -5°C | | 0°C | | 5°C | | 10°C | | 15°C | |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | | | | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) |
| 2-3 | 30 | -1.3 | 28.03 | 396.2 | 0.05 | 355.7 | 0.06 | 315.5 | 0.07 | 275.9 | 0.08 | 236.9 | 0.09 | 199.3 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 3-4 | 30 | -0.94 | 28.03 | 396.2 | 0.05 | 355.7 | 0.06 | 315.5 | 0.07 | 275.9 | 0.08 | 236.9 | 0.09 | 199.3 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 4-5 | 60 | 0.4 | 60 | 347.1 | 0.24 | 310.5 | 0.27 | 275.5 | 0.3 | 242.7 | 0.34 | 212.8 | 0.39 | 186.4 | 0.45 | 163.9 | 0.51 |
| 5-6 | 30 | 0.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 6-7 | 30 | -0.65 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 7-8 | 30 | -1.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 8-9 | 30 | 1.94 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.11 | 163.9 | 0.13 |
| 9-10 | 30 | -0.4 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 10-11 | 30 | -1.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 11-12 | 76 | 2 | 76 | 314.8 | 0.42 | 282.3 | 0.47 | 252.3 | 0.53 | 225.3 | 0.59 | 201.5 | 0.66 | 181.1 | 0.74 | 163.9 | 0.82 |
| 12-13 | 30 | 2.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.11 | 163.9 | 0.13 |
| 13-14 | 30 | -1.25 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 14-15 | 30 | -1.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 15-16 | 30 | -0.06 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 16-17 | 30 | -0.65 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 17-18 | 30 | -1.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 18-19 | 30 | -0.46 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 19-20 | 30 | 0 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 20-21 | 30 | 0.46 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 21-22 | 30 | 0.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 22-23 | 30 | 0.25 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 23-24 | 30 | -0.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 24-25 | 30 | -0.46 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 25-26 | 30 | 0 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 26-27 | 30 | 0.46 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 27-28 | 30 | 0.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 28-29 | 30 | 0.25 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 29-30 | 30 | -0.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 30-31 | 30 | 0.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 31-32 | 30 | 0.25 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 32-33 | 30 | -0.54 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 33-34 | 30 | 0.29 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |
| 34-35 | 30 | 0.11 | 30 | 394 | 0.05 | 353.7 | 0.06 | 313.7 | 0.07 | 274.2 | 0.08 | 235.6 | 0.09 | 198.5 | 0.1 | 163.9 | 0.13 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Vano | Long. (m) | Desni (m) | V.Reg (m) | 20°C | | 25°C | | 30°C | | 35°C | | 40°C | | 45°C | | 50°C | | EDS |
|-------|--------------|--------------|--------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|------|
| | | | | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | T(daN) | F(m) | |
| 2-3 | 30 | -1.3 | 28.03 | 132.3 | 0.16 | 106.3 | 0.2 | 86.6 | 0.24 | 72.6 | 0.29 | 62.7 | 0.33 | 55.5 | 0.38 | 50.1 | 0.42 | 9.99 |
| 3-4 | 30 | -0.94 | 28.03 | 132.3 | 0.16 | 106.3 | 0.2 | 86.6 | 0.24 | 72.6 | 0.29 | 62.7 | 0.33 | 55.5 | 0.38 | 50.1 | 0.42 | 9.99 |
| 4-5 | 60 | 0.4 | 60 | 145.3 | 0.57 | 130 | 0.64 | 117.7 | 0.71 | 107.7 | 0.77 | 99.4 | 0.84 | 92.6 | 0.9 | 86.8 | 0.96 | 9.99 |
| 5-6 | 30 | 0.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 6-7 | 30 | -0.65 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 7-8 | 30 | -1.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 8-9 | 30 | 1.94 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.4 | 9.99 |
| 9-10 | 30 | -0.4 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 10-11 | 30 | -1.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 11-12 | 76 | 2 | 76 | 149.5 | 0.89 | 137.4 | 0.97 | 127.3 | 1.05 | 118.7 | 1.13 | 111.4 | 1.2 | 105.2 | 1.27 | 99.8 | 1.34 | 9.99 |
| 12-13 | 30 | 2.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.4 | 9.99 |
| 13-14 | 30 | -1.25 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 14-15 | 30 | -1.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 15-16 | 30 | -0.06 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 16-17 | 30 | -0.65 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 17-18 | 30 | -1.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 18-19 | 30 | -0.46 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 19-20 | 30 | 0 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 20-21 | 30 | 0.46 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 21-22 | 30 | 0.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 22-23 | 30 | 0.25 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 23-24 | 30 | -0.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 24-25 | 30 | -0.46 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 25-26 | 30 | 0 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 26-27 | 30 | 0.46 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 27-28 | 30 | 0.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 28-29 | 30 | 0.25 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 29-30 | 30 | -0.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 30-31 | 30 | 0.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 31-32 | 30 | 0.25 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 32-33 | 30 | -0.54 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 33-34 | 30 | 0.29 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |
| 34-35 | 30 | 0.11 | 30 | 133.2 | 0.16 | 108.2 | 0.19 | 89.2 | 0.23 | 75.5 | 0.28 | 65.6 | 0.32 | 58.4 | 0.36 | 52.8 | 0.39 | 9.99 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.3. CALCULO DE APOYOS.

| Apoyo | Tipo | Ang. Rel. | Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V | | | | Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H | |
|-------|-------------|----------------|---|---------|---------|---------|---|---------|
| | | gr.sex. | V (daN) | T (daN) | L (daN) | V (daN) | T (daN) | L (daN) |
| 3 | Alin. Susp. | | 27.4 | 63.2 | | 66.1 | | |
| 4 | Alin. Am. | | 41.2 | 100.8 | | 79.4 | | |
| 5 | Ang. Am. | 71.6; apo.4 | 51.1 | 860.5 | 88.8 | 115.8 | 869.1 | 126.4 |
| 6 | Alin. Susp. | | 46 | 63.2 | | 133.5 | | |
| 7 | Alin. Susp. | | 39.4 | 63.2 | | 109.5 | | |
| 8 | Alin. Am. | | 7.9 | 75.4 | | -44.5 | | |
| 9 | Alin. Susp. | | 59.8 | 63.2 | | 183.8 | | |
| 10 | Alin. Susp. | | 45.4 | 63.2 | | 131.3 | | |
| 11 | Alin. Am. | | 30.4 | 114.5 | | 40.6 | | |
| 12 | Alin. Am. | | 39.6 | 114.6 | | 76.4 | | |
| 13 | Alin. Susp. | | 77.3 | 63.3 | | 247.2 | | |
| 14 | Alin. Susp. | | 32.2 | 63.2 | | 83.3 | | |
| 15 | Alin. Am. | | 31.9 | 75.3 | | 42.8 | | |
| 16 | Alin. Susp. | | 38.8 | 63.2 | | 107.3 | | |
| 17 | Alin. Susp. | | 39.4 | 63.2 | | 109.5 | | |
| 18 | Alin. Am. | | 36.7 | 75.3 | | 60.3 | | |
| 19 | Alin. Susp. | | 26.2 | 63.2 | | 61.4 | | |
| 20 | Alin. Susp. | | 26.2 | 63.2 | | 61.4 | | |
| 21 | Alin. Am. | | 48.8 | 75.3 | | 103.9 | | |
| 22 | Alin. Susp. | | 32.2 | 63.2 | | 83.2 | | |
| 23 | Alin. Susp. | | 41.2 | 63.2 | | 116 | | |
| 24 | Alin. Am. | | 45.8 | 75.3 | | 93 | | |
| 25 | Alin. Susp. | | 26.2 | 63.2 | | 61.4 | | |
| 26 | Alin. Susp. | | 26.2 | 63.2 | | 61.4 | | |
| 27 | Alin. Am. | | 48.8 | 75.3 | | 103.9 | | |
| 28 | Alin. Susp. | | 32.2 | 63.2 | | 83.2 | | |
| 29 | Alin. Susp. | | 41.2 | 63.2 | | 116 | | |
| 30 | Alin. Am. | | 36.7 | 75.3 | | 60.3 | | |
| 31 | Alin. Susp. | | 32.2 | 63.2 | | 83.2 | | |
| 32 | Alin. Susp. | | 41.2 | 63.2 | | 116 | | |
| 33 | Alin. Am. | | 36.7 | 75.3 | | 60.3 | | |
| 34 | Alin. Susp. | | 33.8 | 63.2 | | 89.4 | | |
| 35 | Fin LíneaC | | 24.7 | 37.6 | 1162.8 | 53.1 | | 1310.1 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Apoyo | Tipo | Ang. Rel. | Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) | | | | Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) | | | | Dist.Con d. | Dist.Lt |
|-------|----------------|----------------|--|---------|---------|----------|--------------------------------------|---------|---------|----------|----------------|---------|
| | | gr.sex. | (-5: A)°C+V (-15: B/-20: C)°C+H | | | | (-5: A)°C+V (-15: B/-20: C)°C+H | | | | | |
| | | | V (daN) | T (daN) | L (daN) | Lt (daN) | V (daN) | T (daN) | L (daN) | Lt (daN) | | |
| 3 | Alin. Susp. | | 66.1 | | 104.1 | | | | | | 0.81 | 1.5 |
| 4 | Alin. Am. | | 79.4 | | 216.5 | | | | | | 0.82 | 1.25 |
| 5 | Ang. Am. | 71.6; apo.4 | 115.8 | 979.5 | 205.4 | | | | | | 0.82 | 1.25 |
| 6 | Alin. Susp. | | 133.5 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.5 |
| 7 | Alin. Susp. | | 109.5 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 8 | Alin. Am. | | -44.5 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 9 | Alin. Susp. | | 183.8 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.5 |
| 10 | Alin. Susp. | | 131.3 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 11 | Alin. Am. | | 40.6 | | 226.2 | | | | | | 0.94 | 1.25 |
| 12 | Alin. Am. | | 76.4 | | 226.2 | | | | | | 0.94 | 1.25 |
| 13 | Alin. Susp. | | 247.2 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 14 | Alin. Susp. | | 83.3 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 15 | Alin. Am. | | 42.8 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 16 | Alin. Susp. | | 107.3 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.5 |
| 17 | Alin. Susp. | | 109.5 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 18 | Alin. Am. | | 60.3 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 19 | Alin. Susp. | | 61.4 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 20 | Alin. Susp. | | 61.4 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 21 | Alin. Am. | | 103.9 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 22 | Alin. Susp. | | 83.2 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 23 | Alin. Susp. | | 116 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 24 | Alin. Am. | | 93 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 25 | Alin. Susp. | | 61.4 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 26 | Alin. Susp. | | 61.4 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 27 | Alin. Am. | | 103.9 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 28 | Alin. Susp. | | 83.2 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 29 | Alin. Susp. | | 116 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 30 | Alin. Am. | | 60.3 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 31 | Alin. Susp. | | 83.2 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 32 | Alin. Susp. | | 116 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 1.25 |
| 33 | Alin. Am. | | 60.3 | | 196.5 | | | | | | 0.6 | 1.25 |
| 34 | Alin. Susp. | | 89.4 | | 104.8 | | | | | | 0.81 | 2 |
| 35 | Fin LíneaC | | | | | | 40.4 | | | 436.7 | 0.6 | 1 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.5. APOYOS ADOPTADOS.

| Apoyo | Tipo | Constitución | Coefic. Segur. | Angulo gr.sexag. | Altura Total (m) | Esf. Nomina l (daN) | Esf.Ver s.Tors. (daN) | Esf.Ver c.Tors. (daN) | Esfuer. Torsión (daN) | Dist. Torsión (m) |
|-------|----------------|---------------|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 3 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 10 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 4 | Alin. Am. | Celosia recto | R | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 5 | Ang. Am. | Celosia recto | R | 143.2 | 14 | 2000 | 600 | 600 | 1400 | 1.5 |
| 6 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 10 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 7 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 8 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 9 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 10 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 10 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 11 | Alin. Am. | Celosia recto | R | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 12 | Alin. Am. | Celosia recto | R | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 13 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 14 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 15 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 16 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 10 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 17 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 18 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 19 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 20 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 21 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 22 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 23 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 24 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 25 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 26 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 27 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 28 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 29 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 30 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 31 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 32 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 33 | Alin. Am. | Celosia recto | N | | 12 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 34 | Alin. Susp. | Celosia recto | N | | 14 | 500 | 600 | 600 | 500 | 1.5 |
| 35 | Fin LineaC | Celosia recto | N | | 10 | 2000 | 600 | 600 | 1400 | 1.5 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.6. CRUCETAS ADOPTADAS.

| Apoyo | Tipo | Constitución | Montaje | D.Cond Crucet a (m) | a Brazo Superio r (m) | b Brazo Medio (m) | c Brazo Inferior (m) | d D.Vert. Brazos (m) | e Altura Tirante (m) | Peso (daN) |
|-------|----------------|---------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 3 | Alin. Susp. | Celosia recto | Boveda R. | 1.5 | 1.5 | | | 1.5 | | 180 |
| 4 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 5 | Ang. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 6 | Alin. Susp. | Celosia recto | Boveda R. | 1.5 | 1.5 | | | 1.5 | | 180 |
| 7 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 8 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 9 | Alin. Susp. | Celosia recto | Boveda R. | 1.5 | 1.5 | | | 1.5 | | 180 |
| 10 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 11 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 12 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 13 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 14 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 15 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 16 | Alin. Susp. | Celosia recto | Boveda R. | 1.5 | 1.5 | | | 1.5 | | 180 |
| 17 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 18 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 19 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 20 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 21 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 22 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 23 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 24 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 25 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 26 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 27 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 28 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 29 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 30 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 31 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 32 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 33 | Alin. Am. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 2.33 | 1 | 1 | 1.25 | 1.2 | 0.6 | 75 |
| 34 | Alin. Susp. | Celosia recto | Tresbolillo A. | 3.6 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 0.6 | 150 |
| 35 | Fin LíneaC | Celosia recto | Montaje O A. | 1 | 1 | | | | 0.6 | 50 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.7. CALCULO DE CIMENTACIONES.

| Apoyo | Tipo | Esf.Util Punta (daN) | Alt.Res conduc (m) | Mom.Producido por el conduc. (daN.m) | Esf.Vie. Apoyos (daN) | Alt.Vie. Apoyos (m) | Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m) | Momento Total Fuerzas externas (daN.m) |
|-------|----------------|----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|---|---|
| 3 | Alin. Susp. | 500 | 9.74 | 4870 | 240.1 | 4.05 | 971.3 | 5841.3 |
| 4 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 5 | Ang. Am. | 2000 | 10.4 | 20800 | 416.8 | 5.42 | 2258.6 | 23058.6 |
| 6 | Alin. Susp. | 500 | 9.74 | 4870 | 240.1 | 4.05 | 971.3 | 5841.3 |
| 7 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 8 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 9 | Alin. Susp. | 500 | 9.74 | 4870 | 240.1 | 4.05 | 971.3 | 5841.3 |
| 10 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 11 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 12 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 13 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 14 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 15 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 16 | Alin. Susp. | 500 | 9.74 | 4870 | 240.1 | 4.05 | 971.3 | 5841.3 |
| 17 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 18 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 19 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 20 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 21 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 22 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 23 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 24 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 25 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 26 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 27 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 28 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 29 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 30 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 31 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 32 | Alin. Susp. | 500 | 8.54 | 4270 | 322.5 | 4.88 | 1572.9 | 5842.9 |
| 33 | Alin. Am. | 500 | 9 | 4500 | 320.5 | 4.86 | 1556.8 | 6056.8 |
| 34 | Alin. Susp. | 500 | 9.89 | 4945 | 376.7 | 5.66 | 2132.7 | 7077.7 |
| 35 | Fin LíneaC | 2000 | 8.2 | 16400 | 271.6 | 3.81 | 1033.8 | 17433.8 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Apoyo | Tipo | Ancho Cimen A(m) | Alto Cimen H(m) | MONOBLOQUE | |
|-------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------|--|
| | | | | Coefic. Comp. | Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m) |
| 3 | Alin. Susp. | 1.08 | 1.5 | 10 | 9764 |
| 4 | Alin. Am. | 1.23 | 1.45 | 10 | 10708.9 |
| 5 | Ang. Am. | 1.36 | 2.05 | 10 | 39058.8 |
| 6 | Alin. Susp. | 1.08 | 1.5 | 10 | 9764 |
| 7 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 8 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 9 | Alin. Susp. | 1.08 | 1.5 | 10 | 9764 |
| 10 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 11 | Alin. Am. | 1.23 | 1.45 | 10 | 10708.9 |
| 12 | Alin. Am. | 1.23 | 1.45 | 10 | 10708.9 |
| 13 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 14 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 15 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 16 | Alin. Susp. | 1.08 | 1.5 | 10 | 9764 |
| 17 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 18 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 19 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 20 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 21 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 22 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 23 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 24 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 25 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 26 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 27 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 28 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 29 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 30 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 31 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 32 | Alin. Susp. | 1.24 | 1.4 | 10 | 9764.1 |
| 33 | Alin. Am. | 1.18 | 1.45 | 10 | 10022.3 |
| 34 | Alin. Susp. | 1.3 | 1.45 | 10 | 11726.3 |
| 35 | Fin LineaC | 1.07 | 2.05 | 10 | 28956.8 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.8. CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

| Apoyo | Tipo | Denom. | Qa (daN) | Diam. Aisl. (mm) | Llf (mm) | Long. Aisl. (m) | Peso Aisl. (daN) |
|-------|----------------|--------|-------------|---------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| 3 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 4 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 5 | Ang. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 6 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 7 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 8 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 9 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 10 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 11 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 12 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 13 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 14 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 15 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 16 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 17 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 18 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 19 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 20 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 21 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 22 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 23 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 24 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 25 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 26 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 27 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 28 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 29 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 30 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 31 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 32 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 33 | Alin. Am. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 34 | Alin. Susp. | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |
| 35 | Fin LíneaC | U40B | 4000 | 175 | 190 | 0.11 | 1.67 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Apoyo | Tipo | N.Cad. | Denom. | N.Ais. | Nia (cm/KV) | Lca (m) | Pca (daN) | Eca (daN) | Pv+Pca (daN) | Csmv | Toh· ncf (daN) | Csmh |
|-------|----------------|---------|--------|--------|----------------|------------|--------------|--------------|-----------------|--------|-------------------|-------|
| 3 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.03 | 181.57 | 0 | 40000 |
| 4 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 23.96 | 166.95 | 481.1 | 8.31 |
| 5 | Ang. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 30.38 | 131.67 | 481.1 | 8.31 |
| 6 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 44.49 | 89.9 | 0 | 40000 |
| 7 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 36.49 | 109.61 | 0 | 40000 |
| 8 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.16 | 180.53 | 436.7 | 9.16 |
| 9 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 61.26 | 65.3 | 0 | 40000 |
| 10 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 43.78 | 91.37 | 0 | 40000 |
| 11 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 19.85 | 201.5 | 502.6 | 7.96 |
| 12 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 46.33 | 86.34 | 436.7 | 9.16 |
| 13 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 82.39 | 48.55 | 0 | 40000 |
| 14 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 27.76 | 144.07 | 0 | 40000 |
| 15 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 16.96 | 235.85 | 436.7 | 9.16 |
| 16 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 35.76 | 111.87 | 0 | 40000 |
| 17 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 36.49 | 109.61 | 0 | 40000 |
| 18 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.79 | 175.55 | 436.7 | 9.16 |
| 19 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 20.47 | 195.44 | 0 | 40000 |
| 20 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 20.47 | 195.44 | 0 | 40000 |
| 21 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.79 | 175.55 | 436.7 | 9.16 |
| 22 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 27.75 | 144.17 | 0 | 40000 |
| 23 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 38.67 | 103.45 | 0 | 40000 |
| 24 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.79 | 175.55 | 436.7 | 9.16 |
| 25 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 20.47 | 195.44 | 0 | 40000 |
| 26 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 20.47 | 195.44 | 0 | 40000 |
| 27 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 22.79 | 175.55 | 436.7 | 9.16 |
| 28 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 27.75 | 144.17 | 0 | 40000 |
| 29 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 38.67 | 103.45 | 0 | 40000 |
| 30 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 11.86 | 337.14 | 436.7 | 9.16 |
| 31 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 27.75 | 144.17 | 0 | 40000 |
| 32 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 38.67 | 103.45 | 0 | 40000 |
| 33 | Alin. Am. | 6 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 11.86 | 337.14 | 436.7 | 9.16 |
| 34 | Alin. Susp. | 3 C.Su. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 29.78 | 134.3 | 0 | 40000 |
| 35 | Fin LíneaC | 3 C.Am. | U40B | 3 | 1.7 | 0.51 | 5.01 | 4.04 | 17.69 | 226.14 | 436.7 | 9.16 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

12.9. CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

| Apoyo | Tipo | Esf.Vert. -15°C (daN) | Esf.Vert. -5°C (daN) |
|-------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| 3 | Alin. Susp. | 17.59 | 20.46 |
| 4 | Alin. Am. | 10.85 | 19.87 |
| 5 | Ang. Am. | 40.7 | 43.61 |
| 6 | Alin. Susp. | 78.57 | 69.01 |
| 7 | Alin. Susp. | 56.91 | 51.77 |
| 8 | Alin. Am. | -80.53 | -54.59 |
| 9 | Alin. Susp. | 123.9 | 105.11 |
| 10 | Alin. Susp. | 76.61 | 67.45 |
| 11 | Alin. Am. | -26.04 | -8.74 |
| 12 | Alin. Am. | -15.71 | -0.24 |
| 13 | Alin. Susp. | 181.05 | 150.61 |
| 14 | Alin. Susp. | 33.27 | 32.95 |
| 15 | Alin. Am. | -1.74 | 8.13 |
| 16 | Alin. Susp. | 54.93 | 50.19 |
| 17 | Alin. Susp. | 56.91 | 51.77 |
| 18 | Alin. Am. | 14.02 | 20.68 |
| 19 | Alin. Susp. | 13.56 | 17.25 |
| 20 | Alin. Susp. | 13.56 | 17.25 |
| 21 | Alin. Am. | 53.41 | 52.04 |
| 22 | Alin. Susp. | 33.26 | 32.94 |
| 23 | Alin. Susp. | 62.81 | 56.46 |
| 24 | Alin. Am. | 43.56 | 44.2 |
| 25 | Alin. Susp. | 13.56 | 17.25 |
| 26 | Alin. Susp. | 13.56 | 17.25 |
| 27 | Alin. Am. | 53.41 | 52.04 |
| 28 | Alin. Susp. | 33.26 | 32.94 |
| 29 | Alin. Susp. | 62.81 | 56.46 |
| 30 | Alin. Am. | 14.01 | 20.67 |
| 31 | Alin. Susp. | 33.26 | 32.94 |
| 32 | Alin. Susp. | 62.81 | 56.46 |
| 33 | Alin. Am. | 14.01 | 20.67 |
| 34 | Alin. Susp. | 38.77 | 37.33 |
| 35 | Fin LíneaC | 27.69 | 26.81 |

3. LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACION.

3.1.1. TRAZADO.

La línea en proyecto entroncará en el final de la línea aérea, propiedad de ENDESA y finalizará en los centros de transformación.

La longitud de la línea es de 608 m, y en su recorrido afecta sólo a terrenos de dominio público, todo dentro del T.M. de Calamocha.

3.1.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesite efectuar Cruzamientos o Paralelismos, éstos se ajustarán a las condiciones que como consecuencia de las disposiciones legales puedan imponer los Organismos competentes de las instalaciones o propiedades afectados. La situación de cada uno de ellos, queda especificada en el cuadro siguiente, en el cual se han detallado los datos necesarios:

| <u>Paralelismo con</u> | <u>Cruce con</u> | <u>Vías o instalaciones afectadas</u> |
|------------------------|-------------------------------|---|
| -Vial del polígono | Calzada que rodea el polígono | Línea subterránea de media tensión, Líneas subterráneas de baja tensión y Líneas de alumbrado público |

3.1.3. CLASE DE ENERGIA.

Todas las características de la energía a transportar figuran en el anexo de cálculo del proyecto.

La línea transporta una tensión de 20 kV y posee un conductor de aluminio tetrapolar con una sección de 3x95mm² por tanto la potencia que puede transportar como máximo son 4400kW.

3.1.4. MATERIALES.

Todos los materiales serán de los tipos "aceptados" por la Cía. Suministradora de Electricidad.

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios de alta tensión (A.T.) deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE 211435 y UNE-EN 60071-1. La tensión más elevada del material (Um) será, al menos, igual a la tensión más elevada de la red donde dicho

material será instalado (Us). La tensión asignada del cable U0/U se elegirá en función de la tensión nominal de la red (Un), o tensión más elevada de la red (Us), y de la duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra (categoría de la red: A, B o C).

3.1.5. CABLES, EMPALMES Y APARAMENTA ELECTRICA.

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de cobre o aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Podrán ser unipolares o tripolares.

Los cables utilizados en la red eléctrica estarán dimensionados para soportar la tensión de servicio y las botellas terminales y empalmes serán adecuados para el tipo de conductor empleado y aptos igualmente para la tensión de servicio.

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los accesorios deberán ser asimismo adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc).

Los empalmes para conductores con aislamiento seco podrán estar constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. El aislamiento podrá ser construido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metálica de reconstitución de pantalla, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente. Los empalmes para conductores desnudos podrán ser de plena tracción de los denominados estirados, comprimidos o de varillas preformadas.

La aparamenta eléctrica que interviene en el diseño de la red eléctrica queda descrita perfectamente en el anexo de cálculo del proyecto.

3.1.6. INSTALACION DE CABLES AISLADOS.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que puedan soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

Los cables podrán instalarse en las formas que se indican a continuación:

- Directamente enterrados. La profundidad, hasta la parte superior del cable más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos.
- En canalización entubada. La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético. Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran.
- En galerías. Pueden utilizarse dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personal, y la galería o zanja registrable, en la que no está prevista la circulación de personal y las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.
- En atarjeas o canales revisables. Son canales de obra con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material sintético de elevada resistencia mecánica (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.
- En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared. Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas de alta tensión (de interior o exterior) en las que el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurre el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

El conductor utilizado para la presente línea es AI RHZ1-01 12/20 kV 3X95mm² sobre canalización. La tirada de este cable comenzará en el entronque con la línea aérea y finalizará en los centros de transformación su disposición será en anillo.

3.2. PUESTA A TIERRA.

En los extremos de las líneas subterráneas se colocará un dispositivo que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencia de cargas de capacidad. Las cubiertas metálicas y las pantallas de las mismas estarán también puestas a tierra.

En redes aéreas, todas las partes metálicas de los apoyos y herrajes serán conectadas a una toma de tierra en cada apoyo.

3.3. PROTECCIONES.

3.3.1. PROTECCION CONTRA SOBREINTENSIDADES.

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortacircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de c.c. o sobrecarga sea la menor posible.

La protección contra c.c. por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el c.c. no exceda de la máxima admisible asignada en c.c.

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

3.3.2. PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES.

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIE-RAT 13.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 y UNE-EN 60099-5.

Las protecciones de la presente línea como podemos observar en el anexo de cálculos son interruptores automáticos de 63 A y fusibles de 63 A con poder de corte 25kA que se ubicaran en la cabecera de la línea.

3.4. ANEXO DE CALCULOS LINEA SUBTERRANEA

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos \varphi / k \times s \times n) + (X_u \times L \times \sin \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad a 20°. Cobre 56. Aluminio 35. Aluminio-Acero 28. Aleación Aluminio 31.

cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

n = Nº de conductores por fase.

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccM} = S_{cc} \times 1000 / 1,732 \times U$$

Siendo:

I_{pccM}: Intensidad permanente de c.c. máxima de la red en Amperios.

S_{cc}: Potencia de c.c. en MVA.

U: Tensión nominal en kV.

$$* I_{cccs} = K_c \times S / (t_{cc})^{1/2}$$

Siendo:

I_{cccs}: Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "t_{cc}".

S: Sección de un conductor en mm².

t_{cc}: Tiempo máximo de duración del c.c., en segundos.

K_c: Cte del conductor que depende de la naturaleza y del aislamiento.

Red Alta Tensión Subterranea

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx. (%): 5

cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Conductores aislados: 20
- Conductores desnudos: 50

Constante cortocircuito Kc:

- PVC, Sección $\leq 300 \text{ mm}^2$. KcCu = 115, KcAl = 76
- PVC, Sección $> 300 \text{ mm}^2$. KcCu = 102, KcAl = 68
- XLPE. KcCu = 143, KcAl = 94
- EPR. KcCu = 143, KcAl = 94
- HEPR, $U_0/U > 18/30$. KcCu = 143, KcAl = 94
- HEPR, $U_0/U \leq 18/30$. KcCu = 135, KcAl = 89
- Desnudos. KcCu = 164, KcAl = 107, KcAl-Ac = 135

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu (mΩ/m) | Canal. | Desig.UNE | Polar. | I. Cálculo (A) | Sección (mm ²) | D.tubo (mm) | I. Admisi. (A)/Fci |
|-------|------------|------------|-----------|------------------|----------|----------------|--------|----------------|----------------------------|-------------|--------------------|
| 1 | 1 | 2 | 77 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 57,74 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 2 | 2 | 3 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 57,74 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 3 | 3 | 4 | 40 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 57,74 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 4 | 4 | 5 | 33 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 57,74 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 5 | 5 | 6 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 57,74 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 6 | 6 | 7 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 7 | 7 | 8 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 8 | 8 | 9 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 9 | 9 | 10 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 10 | 10 | 11 | 28 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 11 | 11 | 12 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 12 | 12 | 13 | 50 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |
| 13 | 13 | 14 | 30 | Al/0,15 | En.B.Tu. | RHZ1 12/20 H16 | Unip. | 28,87 | 3x95 | 150 | 190/1 |

| Nudo | C.d.t. (V) | Tensión Nudo (V) | C.d.t. (%) | Carga Nudo |
|------|------------|------------------|------------|-----------------------|
| 1 | 0 | 20.000 | 0 | 57,737 A(2.000 kVA) |
| 2 | -2,546 | 19.997,455 | 0,013 | 0 A(0 kVA) |
| 3 | -4,199 | 19.995,801 | 0,021 | 0 A(0 kVA) |
| 4 | -5,521 | 19.994,479 | 0,028 | 0 A(0 kVA) |
| 5 | -6,612 | 19.993,389 | 0,033 | 0 A(0 kVA) |
| 6 | -8,265 | 19.991,734 | 0,041 | -28,868 A(-1.000 KVA) |
| 7 | -9,092 | 19.990,908 | 0,045 | 0 A(0 kVA) |
| 8 | -9,918 | 19.990,082 | 0,05 | 0 A(0 kVA) |
| 9 | -10,745 | 19.989,256 | 0,054 | 0 A(0 kVA) |
| 10 | -11,571 | 19.988,43 | 0,058 | 0 A(0 kVA) |
| 11 | -12,034 | 19.987,967 | 0,06 | 0 A(0 kVA) |
| 12 | -12,86 | 19.987,139 | 0,064 | 0 A(0 kVA) |
| 13 | -13,687 | 19.986,312 | 0,068 | 0 A(0 kVA) |
| 14 | -14,183 | 19.985,816 | 0,071* | -28,868 A(-1.000 KVA) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$ | Pérdida Potencia Activa Total Itinerario. $3RI^2(kW)$ |
|-------|------------|------------|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0,232 | |
| 2 | 2 | 3 | 0,15 | |
| 3 | 3 | 4 | 0,12 | |
| 4 | 4 | 5 | 0,099 | |
| 5 | 5 | 6 | 0,15 | |
| 6 | 6 | 7 | 0,038 | |
| 7 | 7 | 8 | 0,038 | |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | | | |
|----|----|----|-------|-------|
| 8 | 8 | 9 | 0,038 | |
| 9 | 9 | 10 | 0,038 | |
| 10 | 10 | 11 | 0,021 | |
| 11 | 11 | 12 | 0,038 | |
| 12 | 12 | 13 | 0,038 | |
| 13 | 13 | 14 | 0,023 | 1,021 |

Resultados obtenidos para las protecciones:

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Un (kV) | U1 (kV) | U2 (kV) | Fusibles;In (Amp) | I.Aut;In/IReg (Amp) | I-Secc;In/Iter/IFus (Amp) |
|-------|------------|------------|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 24 | 125 | 50 | 63 | | |

In(A). Intensidad nominal del elemento de protección o corte.

Ireg(A). Intensidad de regulación del relé térmico del interruptor automático.

Iter(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

IFus(A). Intensidad nominal de los fusibles asociados al elemento de corte (seccionador interruptor).

Un (kV). Tensión más elevada de la red.

U1 (kV). Tensión de ensayo al choque con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos. kV Cresta.

U2 (kV). Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, bajo lluvia durante un minuto. Kv Eficaz.

Según la configuración de la red, se obtienen los siguientes resultados del cálculo a cortocircuito:

Scc = 250 MVA.

U = 20 kV.

tcc = 0,5 s.

I_{pccM} = 7.217,09 A.

| Linea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Sección (mm ²) | I _{cccs} (A) | Prot. térmica/In | PdeC (kA) |
|-------|------------|------------|----------------------------|-----------------------|------------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 3x95 | 12.628,93 | 63 | 25 |
| 2 | 2 | 3 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 3 | 3 | 4 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 4 | 4 | 5 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 5 | 5 | 6 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 6 | 6 | 7 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 7 | 7 | 8 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 8 | 8 | 9 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 9 | 9 | 10 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 10 | 10 | 11 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 11 | 11 | 12 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 12 | 12 | 13 | 3x95 | 12.628,93 | | |
| 13 | 13 | 14 | 3x95 | 12.628,93 | | |

Cálculo de Cortocircuito en Pantallas:

Datos generales:

I_{pcc} en la pantalla = 1.000 A.

Tiempo de duración c.c. en la pantalla = 1 s.

Resultados:

Sección pantalla = 16 mm².

I_{cc} admisible en pantalla = 3.130 A

4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL C.T.

Los centros de transformación objeto del presente proyecto será prefabricado a la intemperie, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica.

La acometida al mismo será subterránea y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora de Electricidad.

Las celdas a emplear serán modulares de aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF₆).

4.2. PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA.

Se precisa el suministro de energía eléctrica para alimentar a las naves situadas en el polígono, a una tensión de 400/230 V.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada tendremos dos centros de transformación de 1000 kVA cada uno.

4.3. OBRA CIVIL.

4.3.1. LOCAL.

El Centro estará ubicado en una caseta o envoltente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos.

Para el diseño de este centro de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

4.3.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACION.

El edificio prefabricado de hormigón está formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. La estanquidad queda garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa.

Estas piezas son construidas en hormigón armado, con una resistencia característica de 300 kg/cm². La armadura metálica se une entre sí mediante latiguillos de cobre y a un colector de tierras, formando una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro.

Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10.000 ohmios respecto de la tierra de la envoltente.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión

El edificio es una caseta prefabricada de 7.24x2.62x3.19 m , enterrado 0.6 m sobre el nivel del suelo.

4.3.3. CIMENTACION.

Para la ubicación del centro de transformación prefabricado se realizará una excavación, cuyas dimensiones dependen del modelo seleccionado, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 10 cm. de espesor.

La ubicación se realizará en un terreno que sea capaz de soportar una presión de 1 kg/cm², de tal manera que los edificios o instalaciones anejas al CT y situadas en su entorno no modifiquen las condiciones de funcionamiento del edificio prefabricado.

4.3.4. SOLERA, PAVIMENTO Y CERRAMIENTOS EXTERIORES.

Todos estos elementos están fabricados en una sola pieza de hormigón armado, según indicación anterior. Sobre la placa base, ubicada en el fondo de la excavación, y a una determinada altura se sitúa la solera, que descansa en algunos apoyos sobre dicha placa y en las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

En el hueco para transformador se disponen dos perfiles en forma de "U", que se pueden desplazar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los agujeros para los cables de MT, BT y tierras exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso a peatones, puertas de transformador y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero galvanizado. Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación. Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico. Las rejillas están formadas por lamas en forma de "V" invertida, para evitar la entrada de agua de lluvia en el centro de transformación, y rejilla mosquitera, para evitar la entrada de insectos.

Los CT tendrán un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos en las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de las Comunidades Autónomas.

4.3.5. CUBIERTA.

La cubierta está formada por piezas de hormigón armado, habiéndose diseñado de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre ésta, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

4.3.6. PINTURAS.

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolas muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

4.3.7. VARIOS.

El índice de protección presentado por el edificio es:

- Edificio prefabricado: IP 23.
- Rejillas: IP 33.

Las sobrecargas admisibles son:

- Sobrecarga de nieve: 250 kg/m².
- Sobrecarga de viento: 100 kg/m² (144 km/h).
- Sobrecarga en el piso: 400 kg/m².

4.4. INSTALACION ELECTRICA.

4.4.1. RED ALIMENTACION.

La red de la cual se alimenta el centro de transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según lista 2 (MIE-RAT 12), y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

4.4.2. APARAMENTA A.T.

Las celdas son modulares con aislamiento y corte en SF₆, cuyos embarrados se conectan de forma totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc). La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando, y en la parte inferior se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

El embarrado de las celdas estará dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar.

Las celdas cuentan con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así su incidencia sobre las personas, cables o aparamenta del centro de transformación.

Los interruptores tienen tres posiciones: conectados, seccionados y puestos a tierra. Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada. Los enclavamientos pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

En las celdas de protección, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (U_n):

$U_n \leq 20 \text{ kV}$

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

$20 \text{ kV} < U_n \leq 30 \text{ kV}$

- Tensión asignada: 36 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 70 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 170 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.

El transformador es trifásico reductor de tensión, con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. Se dispone de una rejilla metálica para defensa del trafo.

La conexión entre las celdas A.T. y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables, con un radio de curvatura mínimo de $10(D+d)$, siendo "D" el diámetro del cable y "d" el diámetro del conductor.

4.4.3. APARAMENTA B.T.

El cuadro de baja tensión tipo UNESA posee en su zona superior un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar que evita la entrada de agua al interior. Dentro de este compartimento existen 4 pletinas deslizantes que hacen la función de seccionador. Más abajo existe un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida (4). Esta protección se encomienda a fusibles dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Cuando son necesarias más de 4 salidas en B.T. se permite ampliar el cuadro reseñado mediante módulos de las mismas características, pero sin compartimento superior de acometida.

La conexión entre el transformador y el cuadro B.T. se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura. Las secciones mínimas necesarias de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes soportadas por los cables. El circuito se realizará con cables de 240 mm².

Se instalará un equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en las celdas A.T.

Los centros de transformación tiene en su interior dos celdas de línea, dos cuadros de baja tensión, una de medida (esta únicamente se tendrá uso para el alumbrado público las demás medidas se realizarán en los cuadros de cada una de las parcelas correspondientes), una de remonte, una de protección y por último el transformador.

4.5. MEDIDA DE LA ENERGIA ELECTRICA.

En centros de transformación tipo "abonado" la medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida. En centros de distribución pública no se efectúa medida de energía en media tensión.

4.6. PUESTA A TIERRA.

4.6.1. TIERRA DE PROTECCION.

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas y cuadros de baja tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente.

4.6.2. TIERRA DE SERVICIO.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado 0,6/1 kV.

4.7. INSTALACIONES SECUNDARIAS.

4.7.1. ALUMBRADO.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

4.7.2. PROTECCION CONTRA INCENDIOS.

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el centro de transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-240 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

4.7.3. VENTILACION.

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

4.7.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales descritos a continuación:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el interruptor de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Las celdas de entrada y salida serán de aislamiento integral y corte en SF₆, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.

Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de media tensión y baja tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

La puerta de acceso al CT llevará el Lema Corporativo y estará cerrada con llave.

Las puertas de acceso al CT y, cuando las hubiera, las pantallas de protección, llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

En un lugar bien visible del CT se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.

Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el CT, y en lugar bien visible habrá un cartel con las citadas instrucciones.

Deberán estar dotados de bandeja o bolsa portadocumentos.

Para realizar maniobras en A.T. el CT dispondrá de banqueta o alfombra aislante, guantes aislantes y pértiga.

4.8. ANEXO DE CALCULOS JUSTIFICATIVOS

4.9.1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

| Transformador | Potencia (kVA) | U_p (kV) | I_p (A) |
|---------------|-------------------|---------------|--------------|
| trafo 1 | 1000 | 20 | 28.87 |

4.9.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_s = Tensión compuesta secundaria en V.

I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

| Transformador | Potencia (kVA) | U_s (V) | I_s (A) |
|---------------|-------------------|--------------|--------------|
| trafo 1 | 1000 | 400 | 1443.42 |

4.9.3. CORTOCIRCUITOS.

4.9.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

4.9.3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

4.9.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

| S_{cc} (MVA) | U_p (kV) | I_{ccp} (kA) |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 350 | 20 | 10.1 |

4.9.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

| Transformador | Potencia (kVA) | U_s (V) | U_{cc} (%) | I_{ccs} (kA) |
|---------------|-------------------|--------------|-----------------|-------------------|
| trafo 1 | 1000 | 400 | 5 | 28.87 |

4.9.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.9.4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.9.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.9.4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

$\alpha = 13$ para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 16 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

4.9.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

| Potencia (kVA) | In fusibles (A) |
|-------------------|--------------------|
| 1000 | 63 |

Para la protección contra sobrecargas y homopolar se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase y rodeando las tres fases, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1000 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 4 conductores por fase y 2 para el neutro.

4.9.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-nd éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

4.9.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

No es necesario dimensionar pozo apagafuegos por tratarse de transformadores con aislamiento seco.

4.9.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

4.9.8.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 150 $\Omega \cdot m$.

4.9.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.
 - Duración de la falta.
- Desconexión inicial:
Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

4.9.8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

4.9.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 20000 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 6000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - ρ terreno ($\Omega \cdot \text{m}$): 150.
 - ρ_H hormigón ($\Omega \cdot \text{m}$): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho \text{ (}\Omega\text{)}$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} \text{ (A)}$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d \text{ (V)}$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-30/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x3.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r \text{ (}\Omega/\Omega \cdot \text{m)} = 0.069$.
- De la tensión de paso, $K_p \text{ (V/((}\Omega \cdot \text{m)}\text{A))} = 0.0145$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c \text{ (V/((}\Omega \cdot \text{m)}\text{A))} = 0.0303$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.069 \cdot 150 = 10.35 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 10.35 \cdot 300 = 3105 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega \times m) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

4.9.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

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

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0145 \cdot 150 \cdot 300 = 652.5 \text{ V.}$$

4.9.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0303 \cdot 150 \cdot 300 = 1363.5 \text{ V.}$$

4.9.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + 6 \cdot \rho / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + (3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

k , n = Constantes según MIERAT 13, dependen de t .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

ρ = Resistividad del terreno, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, $3000 \Omega\text{m}$.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + 6 \cdot \rho / 1000) = 10 \cdot 102.86 \cdot (1 + 6 \cdot 150 / 1000) = 1954.29 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot k / t^n \cdot (1 + (3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 102.86 \cdot (1 + (3 \cdot 150 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 10748.57 \text{ V.}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

| Concepto | Valor calculado | Condición | Valor admisible |
|--------------------------------|--|-----------|--|
| Tensión de paso en el exterior | $U_p = 652.5 \text{ V.}$ | \leq | $U_p = 1954.29 \text{ V.}$ |
| Tensión de paso en el acceso | $U_p (\text{acc}) = 1363.5 \text{ V.}$ | \leq | $U_p (\text{acc}) = 10748.57 \text{ V.}$ |

Tensión e intensidad de defecto.

| Concepto | Valor calculado | Condición | Valor admisible |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------|
| Aumento del potencial de tierra | $U_E = 3105 \text{ V.}$ | \leq | $U_{bt} = 6000 \text{ V.}$ |
| Intensidad de defecto | $I_d = 300 \text{ A.}$ | $>$ | |

4.9.8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (D_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

4.9.8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

5. LINEAS SUBTERRANEAS DE BAJA TENSIÓN

5.1. SUMINISTRO DE LA ENERGIA.

La energía se le suministrará a la tensión de 400/230 V., procedente de los centros de transformación descritos en el proyecto, propiedad de ENDESA, empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

5.2. PREVISIÓN DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACION.

La potencia total prevista en la zona de actuación P_t en kW, se obtiene mediante la expresión:

$$P_t = (125 \text{ W/m}^2 * 1826.1 \text{ m}^2 * 0.6 * 0.78) + (1793 \text{ m}^2 * 125 \text{ W/m}^2 * 0.6 * 0.78) = 1906 \text{ kW}$$

Considerando:

P_i = Potencia correspondiente a locales industriales; se determina a razón de 125 W/m² de superficie construida, y con el coeficiente de simultaneidad que se estime necesario (previsión mínima por local 10,35 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Eléctrotécnico para Baja Tensión.

Para este número de parcelas ,más de 10 se considerará un coeficiente de simultaneidad de 0.78 y además se aplica un coeficiente de edificabilidad en este caso 0.6.

Estas cargas serán las consideradas para el cálculo de la red eléctrica de baja tensión, que dota de suministro eléctrico a todas esas parcelas.

5.3. TRAZADO DE LA RED ELECTRICA.

Para la dotación de suministro eléctrico a las diferentes parcelas y servicios generales se han diseñado 6 circuitos de baja tensión. Los circuitos partirán desde el cuadro de baja tensión existente en el Centro de Transformación, propiedad de la Cía. Suministradora de Energía.

La red eléctrica, en su recorrido, sólo afectará a terrenos de dominio público.

El trazado de dicha red se puede observar en el documento adjunto Planos.

5.4. CANALIZACIONES.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo,

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

5.5.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

5.5.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60x60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. Si se trata de una urbanización de nueva construcción, donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras, no se permitirá la construcción de ellas donde exista tráfico rodado.

A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

5.5. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

5.6.1. CRUZAMIENTOS.

5.6.1.1. Calles y carreteras.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

5.6.1.2. Ferrocarriles.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

5.6.1.3. Otros cables de energía eléctrica.

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6.1.4. Cables de telecomunicación.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

5.6.1.5. Canalizaciones de agua y gas.

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6.1.6. Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6.1.7. Depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

5.6.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.

5.6.2.1. Otros cables de energía eléctrica.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6.2.2. Cables de telecomunicación.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6.2.3. Canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

5.6.2.4. Canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

5.6.2.5. Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

5.6. CONDUCTORES.

Los conductores a emplear en la instalación serán de Aluminio homogéneo, unipolares, tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado "XLPE", enterrados bajo tubo o directamente enterrados, con unas secciones de 25, 50, 95, 150 o 240 mm² (según Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Cía. Suministradora).

El cálculo de la sección de los conductores se realizará teniendo en cuenta que el valor máximo de la caída de tensión no sea superior a un 5 % de la tensión nominal y verificando que la máxima intensidad admisible de los conductores quede garantizada en todo momento.

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- Emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- Los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

El conductor neutro tendrá como mínimo, en distribuciones trifásicas a cuatro hilos, una sección igual a la sección de los conductores de fase para secciones hasta 10 mm² de cobre o 16 mm² de aluminio, y una sección mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y 16 mm² de aluminio, para secciones superiores. En distribuciones monofásicas, la sección del conductor neutro será igual a la sección del conductor de fase.

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. Deberá estar puesto a tierra en el centro de transformación o central generadora, y como mínimo, cada 500 metros de longitud de línea. Aún cuando la línea posea una longitud inferior, se recomienda conectarlo a tierra al final de ella. La resistencia de la puesta a tierra no podrá superar los 20 ohmios.

En cualquier caso, siempre se atenderá a las Recomendaciones de la compañía suministradora de la electricidad.

| | CONDUCTORES | |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------|
| LINEA 1.1 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x95+1x50 Al. | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x185+1x95 Al. |
| LINEA 1.2 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x150+1x95 Al. | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x185+1x95 Al. |
| LINEA 1.3 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x240+1x150 Al. | |
| LINEA 2.1 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x185+1x95 Al. | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x95+1x50 Al. |
| LINEA 2.2 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x185+1x95 Al. | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x95+1x50 Al. |
| LINEA 2.3 | LÍN.SUBT.ACE.B.T.3x185+1x95 Al. | |

5.7. EMPALMES Y CONEXIONES.

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

5.8. SISTEMAS DE PROTECCION.

En primer lugar, la red de distribución en baja tensión estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-22), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación, desde donde parten los circuitos (según figura en anexo de cálculo); cuando se realiza todo el trazado de los circuitos a sección constante (y queda ésta protegida en inicio de línea), no es necesaria la colocación de elementos de protección en ningún otro punto de la red para proteger las reducciones de sección.
- Protección a cortocircuitos: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos (ITC-BT-22) se han tomado las medidas siguientes:

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitan de útiles especiales para proceder a su apertura.
- Aislamiento de todos los conductores con polietileno reticulado "XLPE", tensión asignada 0,6/1 kV, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

En tercer lugar, para la protección contra contactos indirectos (ITC-BT-22), la Cía. Suministradora obliga a utilizar en sus redes de distribución en BT el esquema TT, es decir, Neutro de B.T. puesto directamente a tierra y masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior, así como empleo en dicha instalación de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local y características del terreno.

Por otra parte, es obligada la conexión del neutro a tierra en el centro de transformación y cada 500 metros (según ITC-BT-06 e ITC-BT-07), sin embargo, aunque la longitud de cada uno de los circuitos sea inferior a la cifra reseñada, el neutro se conectará como mínimo una vez a tierra al final de cada circuito.

Cada una de las líneas está protegida con diferenciales de $I_n=63A$ con poder de corte 50kA que se ubican en la cabecera de las mismas.

5.9. UBICACION DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.

Los contadores se ubicarán de forma individual para cada abonado, lo que equivale a decir, para cada parcela.

A fin de facilitar la toma periódica de las lecturas que marquen los contadores, para que las facturaciones respondan a consumos reales, aquellos quedarán albergados en el interior de un módulo prefabricado homologado, ubicado en la linde o valla de parcela con frente a la vía de tránsito.

Este módulo deberá estar lo más próximo posible de la caja general de protección, pudiendo constituir nichos de una sola unidad, convirtiéndose así en una caja general de protección y medida, sin perjuicio de las dimensiones que ambas deban mantener para cumplir normalmente su propia función. Este módulo deberá disponer de aberturas adecuadas y deberá estar conectado mediante canalización empotrada hasta una profundidad de 1 m. bajo la rasante de la acera. Al ubicarse en la valla circundante de la parcela, dicho módulo estará situado a 0,50 m. sobre la rasante de la acera.

Las cajas de protección y medida serán de material aislante de clase A, resistentes a los álcalis, autoextinguibles y precintables. La envolvente deberá disponer de ventilación interna para evitar condensaciones. Tendrán como mínimo en posición de servicio un grado de protección IP-433, excepto en sus partes frontales y en las expuestas a golpes, en las que, una vez efectuada su colocación en servicio, la tercera cifra característica no será inferior a siete.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

El cálculo y diseño de los fusibles de la Caja de Protección-Medida y Acometida a cada abonado se realizará en función de la potencia real demanda por dicha instalación.

Los equipos de medida se ubicaran en el cuadro de cada una de las parcelas ,son de abonado.

5.10. ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos\varphi$ = Coseno de fi. Factor de potencia.

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

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 = Resistividad del conductor a la temperatura T .

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

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = 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

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 20-460/5-523.

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

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 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 Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Siendo,

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

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

$$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R : Resistencia de la línea en mohm.

X : Reactancia de la línea en mohm.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

L: Longitud de la línea en m.

CR: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

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

n: nº de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc}^2$$

Siendo,

t_{mcc}: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc}.

C_c= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc}^2$$

Siendo,

t_{ficc}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 \cdot U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max}: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

X_u: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

C_t= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

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

| | |
|--------------|--------------|
| CURVA B | IMAG = 5 In |
| CURVA C | IMAG = 10 In |
| CURVA D Y MA | IMAG = 20 In |

Red Baja Tensión 1.1

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20
- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 568,35 | 630 | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 2 | 2 | 3 | 33 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 568,35 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 3 | 3 | 4 | 29 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 568,35 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 4 | 4 | 5 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 189,45 | | | 3x95/50 | 208/0,8 | 140 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 568,346(315 kW) |
| 2 | -2,311 | 397,689 | 0,578 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -4,318 | 395,682 | 1,079 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -6,081 | 393,919 | 1,52 | -378,9 A(-210 kW) |
| 5 | -9,634 | 390,366 | 2,408* | -189,45 A(-105 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 28,87 | 50 | 11.607,12 | 8,98 | 0,928 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 23,31 | | 9.112,49 | 14,57 | | |
| 3 | 3 | 4 | 18,3 | | 7.468,71 | 21,69 | | |
| 4 | 4 | 5 | 15 | | 3.336,9 | 7,16 | | |

Red Baja Tensión 1.2

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ: 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20
- PVC: 20

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|-------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | 630 | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 2 | 2 | 3 | 33 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 3 | 3 | 4 | 29 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 4 | 4 | 5 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 5 | 5 | 6 | 44 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 6 | 6 | 7 | 50 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 7 | 7 | 8 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |
| 8 | 8 | 9 | 17 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x150/95 | 264/0,8 | 180 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 571,954(317 kW) |
| 2 | -2,325 | 397,675 | 0,581 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -4,345 | 395,655 | 1,086 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -6,12 | 393,88 | 1,53 | 0 A(0 kW) |
| 5 | -8,874 | 391,126 | 2,218 | 0 A(0 kW) |
| 6 | -11,566 | 388,434 | 2,892 | -378,9 A(-210 kW) |
| 7 | -14,114 | 385,886 | 3,528 | 0 A(0 kW) |
| 8 | -16,05 | 383,95 | 4,013 | 0 A(0 kW) |
| 9 | -16,916 | 383,084 | 4,229* | -193,06 A(-107 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 28,87 | 50 | 11.607,12 | 8,98 | 0,928 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 23,31 | | 9.112,49 | 14,57 | | |
| 3 | 3 | 4 | 18,3 | | 7.468,71 | 21,69 | | |
| 4 | 4 | 5 | 15 | | 5.732 | 36,82 | | |
| 5 | 5 | 6 | 11,51 | | 4.630,43 | 56,42 | | |
| 6 | 6 | 7 | 9,3 | | 2.974,87 | 22,46 | | |
| 7 | 7 | 8 | 5,97 | | 2.330,83 | 36,59 | | |
| 8 | 8 | 9 | 4,68 | | 2.124,13 | 44,06 | | |

Red Baja Tensión 1.3

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | 630 | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 2 | 2 | 3 | 33 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 3 | 3 | 4 | 29 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 4 | 4 | 5 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 5 | 5 | 6 | 44 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 6 | 6 | 7 | 50 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 7 | 7 | 8 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 8 | 8 | 9 | 17 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 9 | 9 | 10 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x240/150) | 688/0,8 | 2(225) |
| 10 | 10 | 11 | 39 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x240/150 | 344/0,8 | 225 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 579,171(321 kW) |
| 2 | -1,815 | 398,185 | 0,454 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -3,392 | 396,608 | 0,848 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -4,777 | 395,223 | 1,194 | 0 A(0 kW) |
| 5 | -6,926 | 393,074 | 1,732 | 0 A(0 kW) |
| 6 | -9,028 | 390,972 | 2,257 | 0 A(0 kW) |
| 7 | -11,417 | 388,583 | 2,854 | 0 A(0 kW) |
| 8 | -13,232 | 386,768 | 3,308 | 0 A(0 kW) |
| 9 | -14,044 | 385,956 | 3,511 | 0 A(0 kW) |
| 10 | -16,193 | 383,807 | 4,048 | -386,11 A(-214 kW) |
| 11 | -17,435 | 382,565 | 4,359* | -193,06 A(-107 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 28,87 | 50 | 12.335,57 | 13,38 | 0,821 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 24,77 | | 10.265,95 | 19,32 | | |
| 3 | 3 | 4 | 20,62 | | 8.725,17 | 26,74 | | |
| 4 | 4 | 5 | 17,52 | | 6.933,37 | 42,35 | | |
| 5 | 5 | 6 | 13,92 | | 5.711,11 | 62,42 | | |
| 6 | 6 | 7 | 11,47 | | 4.730,21 | 90,99 | | |
| 7 | 7 | 8 | 9,5 | | 4.174,84 | 116,8 | | |
| 8 | 8 | 9 | 8,38 | | 3.964,9 | 129,5 | | |
| 9 | 9 | 10 | 7,96 | | 3.496,36 | 166,54 | | |
| 10 | 10 | 11 | 7,02 | | 2.897,42 | 60,63 | | |

Red Baja Tensión 2.1

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx. (%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ $X_u(m\Omega/m)$ | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|----------------------------|-------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 2 | 2 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 568,35 | 630 | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 2 | 2 | 3 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 568,35 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 3 | 3 | 4 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE, 0.6/1 kV 3 Unp. | 189,45 | | | 3x95/50 | 208/0,8 | 140 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 2 | 0 | 400 | 0 | 568,346(315 kW) |
| 2 | -1,216 | 398,784 | 0,304 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -3,527 | 396,473 | 0,882 | -378,9 A(-210 kW) |
| 4 | -7,08 | 392,92 | 1,77* | -189,45 A(-105 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | I_{pccI} (kA) | P de C (kA) | I_{pccF} (A) | t_{mcc} (sg) | t_{ficc} (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------|
| 1 | 2 | 2 | 28,87 | 50 | 13.092,68 | 7,06 | 0,729 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 26,29 | | 10.020,61 | 12,05 | | |
| 3 | 3 | 4 | 20,12 | | 3.866,11 | 5,34 | | |

Red Baja Tensión 2.2

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx. (%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 2 | 2 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | 630 | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 2 | 2 | 3 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 3 | 3 | 4 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 4 | 4 | 5 | 44 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 571,95 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 5 | 5 | 6 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x95/50 | 208/0,8 | 140 |
| 6 | 6 | 7 | 50 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x95/50 | 208/0,8 | 140 |
| 7 | 7 | 8 | 14 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x95/50 | 208/0,8 | 140 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 2 | 0 | 400 | 0 | 571,954(317 kW) |
| 2 | -1,224 | 398,776 | 0,306 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -3,549 | 396,451 | 0,887 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -6,303 | 393,697 | 1,576 | 0 A(0 kW) |
| 5 | -8,996 | 391,004 | 2,249 | -378,9 A(-210 kW) |
| 6 | -11,409 | 388,591 | 2,852 | 0 A(0 kW) |
| 7 | -15,432 | 384,568 | 3,858 | 0 A(0 kW) |
| 8 | -16,558 | 383,442 | 4,14* | -193,06 A(-107 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 2 | 2 | 28,87 | 50 | 13.092,68 | 7,06 | 0,729 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 26,29 | | 10.020,61 | 12,05 | | |
| 3 | 3 | 4 | 20,12 | | 7.325,83 | 22,54 | | |
| 4 | 4 | 5 | 14,71 | | 5.671,63 | 37,6 | | |
| 5 | 5 | 6 | 11,39 | | 3.466,36 | 6,64 | | |
| 6 | 6 | 7 | 6,96 | | 2.077,59 | 18,47 | | |
| 7 | 7 | 8 | 4,17 | | 1.866,53 | 22,89 | | |

Red Baja Tensión 2.3

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx. (%): 5

Cos φ: 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 20 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | 630 | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 2 | 2 | 3 | 38 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 3 | 3 | 4 | 45 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 4 | 4 | 5 | 44 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 5 | 5 | 6 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 6 | 6 | 7 | 50 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 7 | 7 | 8 | 14 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 8 | 8 | 9 | 19 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 9 | 9 | 10 | 30 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 579,17 | | | 2(3x185/95) | 600/0,8 | 2(180) |
| 10 | 10 | 11 | 37 | Al | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 3 Unp. | 193,06 | | | 3x185/95 | 300/0,8 | 180 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | 579,171(321 kW) |
| 2 | -1,239 | 398,761 | 0,31 | 0 A(0 kW) |
| 3 | -3,594 | 396,406 | 0,899 | 0 A(0 kW) |
| 4 | -6,383 | 393,617 | 1,596 | 0 A(0 kW) |
| 5 | -9,109 | 390,891 | 2,277 | 0 A(0 kW) |
| 6 | -10,969 | 389,031 | 2,742 | 0 A(0 kW) |
| 7 | -14,067 | 385,933 | 3,517 | 0 A(0 kW) |
| 8 | -14,935 | 385,065 | 3,734 | 0 A(0 kW) |
| 9 | -16,112 | 383,888 | 4,028 | 0 A(0 kW) |
| 10 | -17,971 | 382,029 | 4,493 | -386,11 A(-214 kW) |
| 11 | -19,5 | 380,5 | 4,875* | -193,06 A(-107 kW) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Ipcc (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 28,87 | 50 | 13.092,68 | 7,06 | 0,729 | 630 |
| 2 | 2 | 3 | 26,29 | | 10.020,61 | 12,05 | | |
| 3 | 3 | 4 | 20,12 | | 7.325,83 | 22,54 | | |
| 4 | 4 | 5 | 14,71 | | 5.671,63 | 37,6 | | |
| 5 | 5 | 6 | 11,39 | | 4.889,34 | 50,6 | | |
| 6 | 6 | 7 | 9,82 | | 3.959,19 | 77,17 | | |
| 7 | 7 | 8 | 7,95 | | 3.756,8 | 85,71 | | |
| 8 | 8 | 9 | 7,54 | | 3.512,12 | 98,07 | | |
| 9 | 9 | 10 | 7,05 | | 3.183,16 | 119,38 | | |
| 10 | 10 | 11 | 6,39 | | 2.582,27 | 45,35 | | |

6. ALUMBRADO PUBLICO

6.1. USO AL QUE SE DESTINA LA INSTALACION.

La instalación de Alumbrado Público en proyecto estará destinada al alumbrado de la fase 1, objeto del presente proyecto.

6.2. SUMINISTRO DE LA ENERGIA.

La energía se le suministrará a la tensión de 400 V., procedente de la red de distribución en B.T. existente en la zona, propiedad de ENDESA, empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

6.3. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACION Y REQUISITOS FOTOMETRICOS.

El diseño planteado para la instalación eléctrica del alumbrado público, se ha establecido dando importancia preferente a las condiciones de distribución, diseño de líneas y conducciones y protecciones asociadas al sistema. El cálculo lumínico y la elección de las luminarias, se ha planteado como ejemplo básico, sin entrar en la profundidad en el cálculo y exigencias del nivel de eficiencia energética necesarias.

Por tanto, las condiciones del cálculo y elección de luminarias se establecen como un caso general, que implicará un estudio detallado posterior.

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece a continuación:

6.4.1. ALUMBRADO VIAL.

6.4.1.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado.

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece a continuación:

| <u>Clasificación</u> | <u>Tipo de vía</u> | <u>Velocidad del tráfico rodado (km/h)</u> |
|----------------------|--------------------|--|
| A | Alta velocidad | $v > 60$ |
| B | Moderada velocidad | $30 < v \leq 60$ |
| C | Carriles bici | ----- |
| D | Baja velocidad | $5 < v \leq 30$ |
| E | Vías peatonales | $v \leq 5$ |

Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior. En las tablas siguientes se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto.

Clases de alumbrado para vías tipo A

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| <u>Situaciones de proyecto</u> | <u>Tipos de vías</u> | <u>Clase de alumbrado</u> |
|--------------------------------|--|---------------------------|
| A1 | Autopistas y autovías: | |
| | IMD ≥ 25.000 | ME1 |
| | IMD ≥ 15.000 y < 25.000 | ME2 |
| | IMD < 15.000 | ME3a |
| | Vías rápidas: | |
| | IMD > 15.000 | ME1 |
| A2 | | M2 |
| | Interurbanas sin separac. aceras: | |
| | Ctrac. locales zonas rurales: | |
| | IMD ≥ 7.000 | ME1/ME2 |
| A3 | | ME3a/ME4a |
| | IMD < 7.000 | |
| | Colectoras y rondas circunvalación: | |
| | Interurbanas accesos no restringidos: | |
| | Urbanas tráfico importante: | |
| | Principales ciudad y travesías poblac: | |
| | IMD ≥ 25.000 | ME1 |
| | IMD ≥ 15.000 y < 25.000 | ME2 |
| | IMD ≥ 7.000 y < 15.000 | ME3b |
| | IMD < 7.000 | ME4a/ME4b |
| | | |

Clases de alumbrado para vías tipo B

| <u>Situaciones de proyecto</u> | <u>Tipos de vías</u> | <u>Clase de alumbrado</u> |
|--------------------------------|---|---------------------------|
| B1 | Urbanas secund. conex. urb. traf. imp.: | |
| | Distrib. locales y accesos resid. y fincas: | |
| | IMD ≥ 7.000 | ME2/ME3c |
| | IMD < 7.000 | ME4b/ME5/ME6 |
| B2 | Locales áreas rurales: | |
| | IMD ≥ 7.000 | ME2/ME3b |
| | IMD < 7.000 | ME4b/ME5 |

Clases de alumbrado para vías tipo C y D

| <u>Situaciones de proyecto</u> | <u>Tipos de vías</u> | <u>Clase de alumbrado</u> |
|--------------------------------|--|---------------------------|
| C1 | Carriles bici independientes: | |
| | Flujo ciclistas Alto | S1/S2 |
| | Flujo ciclistas Normal | S3/S4 |
| D1 - D2 | Areas aparcam. autopistas y autovías: | |
| | Aparcamientos en general: | |
| | Estaciones de autobuses: | |
| | Flujo peatones Alto | CE1A/CE2 |
| D3 - D4 | | CE3/CE4 |
| | Flujo peatones Normal | |
| | Resid. suburb. con aceras para peatones: | |
| | Zonas velocidad muy limitada: | |
| | Flujo peatones y ciclistas Alto | CE2/S1/S2 |
| | | S3/S4 |
| | Flujo peatones y ciclistas Normal | |

Clases de alumbrado para vías tipo E

| <u>Situaciones de proyecto</u> | <u>Tipos de vías</u> | <u>Clase de alumbrado</u> |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| E1 | Peatonales y aceras: | |
| | Paradas de autobús: | |
| | Areas comerciales peatonales: | |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | |
|----|---------------------------------|-------------|
| | Flujo peatones Alto | CE1A/CE2/S1 |
| | Flujo peatones Normal | S2/S3/S4 |
| E2 | Zonas comerc.acceso restringido | |
| | Flujo peatones Alto | CE1A/CE2/S1 |
| | Flujo peatones Normal | S2/S3/S4 |

6.4.1.2. Niveles de Iluminación de los viales.

A continuación se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B *

| <u>Clase de Alumbrado</u> | <u>Luminancia Media Lm (cd/m²)</u> | <u>Uniformidad Global Uo</u> | <u>Uniformidad Longitudinal UI</u> | <u>Incremento Umbral TI (%)</u> | <u>Relación Entorno SR</u> |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| ME1 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME2 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 |
| ME3a | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 15 | 0,50 |
| ME3b | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME3c | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME4a | 0,75 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| ME4b | 0,75 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME5 | 0,50 | 0,35 | 0,40 | 15 | 0,50 |
| ME6 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 15 | -- |

Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B *

| <u>Clase de Alumbrado</u> | <u>Calz. seca Luminancia Media Lm (cd/m²)</u> | <u>Calz. seca Uniformidad Global Uo</u> | <u>Calz. seca Uniformidad Longitudinal UI</u> | <u>C.húm. Uniform. Glob. Uo</u> | <u>Incremento Umbral TI (%)</u> | <u>Relación Ent. SR</u> |
|---------------------------|---|---|---|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| MEW1 | 2,00 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 10 | 0,50 |
| MEW2 | 1,50 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 10 | 0,50 |
| MEW3 | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 15 | 0,50 |
| MEW4 | 0,75 | 0,40 | -- | 0,15 | 15 | 0,50 |
| MEW5 | 0,50 | 0,35 | -- | 0,15 | 15 | 0,50 |

Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E *

| <u>Clase de Alumbrado</u> | <u>Ilumin. horiz. Media Em (lux)</u> | <u>Ilumin. horiz. mínima Emin (lux)</u> |
|---------------------------|--------------------------------------|---|
| S1 | 15 | 5 |
| S2 | 10 | 3 |
| S3 | 7,5 | 1,5 |
| S4 | 5 | 1 |

Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E *

| <u>Clase de Alumbrado</u> | <u>Ilumin. horiz. Media Em (lux)</u> | <u>Uniformidad Media (Um)</u> |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| CE0 | 50 | 0,40 |
| CE1 | 30 | 0,40 |
| CE1A | 25 | 0,40 |
| CE2 | 20 | 0,40 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | |
|-----|-----|------|
| CE3 | 15 | 0,40 |
| CE4 | 10 | 0,40 |
| CE5 | 7,5 | 0,40 |

* Los valores indicados son mínimos de servicio con mantenimiento, excepto TI que son valores máximos iniciales.

6.4.2. ALUMBRADOS ESPECIFICOS.

6.4.2.1. Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas.

La clase de alumbrado será CE2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50 % del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

6.4.2.2. Alumbrado de Pasos Subterráneos Peatonales.

La clase de alumbrado será CE1, con una uniformidad media de 0,5 pudiendo elevarse, en el caso de que se estime un riesgo de inseguridad alto, a CE0 y la misma uniformidad. Asimismo, en el supuesto de que la longitud del paso subterráneo peatonal así lo exija, deberá preverse un alumbrado diurno con un nivel luminoso de 100 lux y una uniformidad media de 0,5.

6.4.2.3. Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones.

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones, cuya instalación será prioritaria en aquellos pasos sin semáforo, la iluminancia de referencia mínima en el plano vertical será de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección del peatón. La clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales.

6.4.2.4. Alumbrado de Parques y Jardines.

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y gloriets, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E.

6.4.2.5. Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril.

El nivel de iluminación sobre la zona de cruce, comenzando a una distancia mínima de 40 m y finalizando 40 m después, será CE2, recomendándose una clase de alumbrado CE1.

6.4.2.6. Alumbrado de Fondos de Saco.

El alumbrado de una calzada en fondo de saco se ejecutará de forma que se señalen con exactitud a los conductores los límites de la calzada. El nivel de iluminación de referencia será CE2.

6.4.2.7. Alumbrado de Glorietas.

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán unos 50 % mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal: $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media: $U_m \geq 0,5$
- Deslumbramiento máximo: $GR \leq 45$

6.4.2.8. Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores.

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la Publicación CIE 88:2004 "Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores".

6.4.2.9. Aparcamientos de vehículos al aire libre.

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2.

6.4.2.10. Alumbrado de Areas de Trabajos Exteriores.

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2007.

6.4.3. ALUMBRADO ORNAMENTAL.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media en servicio, con mantenimiento de la instalación, del alumbrado ornamental serán los establecidos en la ITC-EA-02.

6.4.4. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o factor de reflexión de la fachada, serán:

| <u>Factor de reflexión</u> | <u>Iluminancia Media E_m (lux)</u> | |
|----------------------------|---|------------------------------------|
| | <u>Vertical en Fachada</u> | <u>Horizontal en Inmediaciones</u> |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | |
|------------|---|---|
| Muy clara | 1 | 1 |
| Normal | 2 | 2 |
| Oscura | 4 | 2 |
| Muy oscura | 8 | 4 |

* Los valores indicados son mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.

En las áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas, recreativas, etc. los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Áreas de riesgo normal: 5 lux.
- Áreas de riesgo elevado: 20 lux.
- Áreas de alto riesgo: 50 lux.

6.4.5. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS.

Los valores de referencia de niveles máximos de luminancia, para señales y anuncios luminosos e iluminados en función de la superficie, serán:

| Superficie (m ²) | Luminancia Máxima (cd/m ²) |
|------------------------------|--|
| $S \leq 0,5$ | 1.000 |
| $0,5 < S \leq 2$ | 800 |
| $2 < S \leq 10$ | 600 |
| $S > 10$ | 400 |

6.4. ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES DE LOS VIALES.

En cuanto a iluminancias y uniformidades de iluminación, los valores aconsejados para viales de ámbito municipal (en España) se indican en la publicación sobre Alumbrado Público del Ministerio de la Vivienda (1965), y que figuran en la siguiente tabla:

| TIPO DE VIA | VALORES MINIMOS | | VALORES NORMALES | |
|---|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Iluminación Media lx | Factor de Uniformidad | Iluminación Media lx | Factor de Uniformidad |
| Carreteras de las redes básica o afluente | 15 | 0.25 | 22 | 0.30 |
| Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básica o afluente | 15 | 0.25 | 22 | 0.30 |
| Vías principales o de penetración continuación de carreteras de la red comarcal | 10 | 0.25 | 15 | 0.25 |
| Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal | 7 | 0.20 | 10 | 0.25 |
| Vías industriales | 4 | 0.15 | 7 | 0.20 |
| Vías comerciales de lujo con tráfico rodado | 15 | 0.25 | 22 | 0.30 |

Ismael Benhamou Prat

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | | | |
|---|----|------|----|------|
| Vías comerciales con tráfico rodado, en general | 7 | 0.20 | 15 | 0.25 |
| Vías comerciales sin tráfico rodado | 4 | 0.15 | 10 | 0.25 |
| Vías residenciales con tráfico rodado | 7 | 0.15 | 10 | 0.25 |
| Vías residenciales con poco tráfico rodado | 4 | 0.15 | 7 | 0.20 |
| Grandes plazas | 15 | 0.25 | 20 | 0.30 |
| Plazas en general | 7 | 0.20 | 10 | 0.25 |
| Paseos | 10 | 0.25 | 15 | 0.25 |

6.5. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO.

La clasificación de las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar, será:

| <u>Clasificación de zonas</u> | <u>Descripción</u> |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| E1 | Áreas con entornos o paisajes oscuros |
| E2 | Áreas de brillo o luminosidad baja |
| E3 | Áreas de brillo o luminosidad media |
| E4 | Áreas de brillo o luminosidad alta |

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo, con excepción del alumbrado festivo y navideño. Se iluminará solamente la superficie que se quiera dotar de alumbrado.

El flujo hemisférico superior instalado FHSinst o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona no superará los límites siguientes:

| <u>Zona</u> | <u>FHSinst</u> |
|-------------|----------------|
| E1 | ≤ 1 % |
| E2 | ≤ 5 % |
| E3 | ≤ 15 % |
| E4 | ≤ 25 % |

En la zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no sea posible, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

6.6. LIMITACION DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA.

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta sobre residentes y ciudadanos en general, con excepción del alumbrado festivo y navideño, las instalaciones de alumbrado exterior se diseñarán para cumplir los valores máximos siguientes:

| <u>Parámetros luminotécnicos</u> | <u>Zona E1</u> | <u>Zona E2</u> | <u>Zona E3</u> | <u>Zona E4</u> |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Iluminación vertical | 2 lux | 5 lux | 10 lux | 25 lux |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Intensidad luminosa emitida luminarias | 2.500 cd | 7.500 cd | 10.000 cd | 25.000 cd |
| Luminancia media fachadas | 5 cd/m ² | 5 cd/m ² | 10 cd/m ² | 25 cd/m ² |
| Luminancia máxima fachadas | 10 cd/m ² | 10 cd/m ² | 60 cd/m ² | 150 cd/m ² |
| Luminancia máxima señales y anuncios | 50 cd/m ² | 400 cd/m ² | 800 cd/m ² | 1.000 cd/m ² |
| Incremento de umbral de contraste | Sin iluminac. TI = 15 % para adaptación a L = 0,1 cd/m ² | ME5 TI = 15 % para adaptación a L = 1 cd/m ² | ME3 / ME4 TI = 15 % para adaptación a L = 2 cd/m ² | ME1 / ME2 TI = 15 % para adaptación a L = 5 cd/m ² |

6.7. EFICIENCIA ENERGETICA.

6.8.1. REQUISITOS MINIMOS DE EFICIENCIA ENERGETICA (ε).

A/ Instalaciones de alumbrado vial funcional (vías clasificadas como A o B).

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

| <u>Iluminación media en servicio Em (lux)</u> | <u>Eficiencia energética mínima (m².lux / W)</u> |
|---|---|
| ≥ 30 | 22 |
| 25 | 20 |
| 20 | 17,5 |
| 15 | 15 |
| 10 | 12 |
| ≤ 7,5 | 9,5 |

B/ Instalaciones de alumbrado vial ambiental (vías clasificadas como C, D o E).

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación, así como disposición de las luminarias, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

| <u>Iluminación media en servicio Em (lux)</u> | <u>Eficiencia energética mínima (m².lux / W)</u> |
|---|---|
| ≥ 20 | 9 |
| 15 | 7,5 |
| 10 | 6 |
| 7,5 | 5 |
| ≤ 5 | 3,5 |

C/ Instalaciones de alumbrado festivo y navideño.

La potencia asignada de las lámparas incandescentes utilizadas será igual o inferior a 15 W.

D/ Otras instalaciones de alumbrado.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado, instalando lámparas de elevada eficacia luminosa y equipos auxiliares de pérdidas mínimas. Las luminarias y proyectores dispondrán de un rendimiento luminoso elevado.

El factor de utilización y mantenimiento de la instalación será el más elevado posible.

6.8.2. CALIFICACION ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivos y navideños, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía).

La calificación energética de la instalación, en función del índice de eficiencia energética (I_E) o del índice de consumo energético ICE, será:

| <u>Calificación Energética</u> | <u>Índice de consumo energético</u> | <u>Índice de Eficiencia Energética</u> |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| A | $ICE < 0,91$ | $I_E > 1,1$ |
| B | $0,91 \leq ICE < 1,09$ | $1,1 \geq I_E > 0,92$ |
| C | $1,09 \leq ICE < 1,35$ | $0,92 \geq I_E > 0,74$ |
| D | $1,35 \leq ICE < 1,79$ | $0,74 \geq I_E > 0,56$ |
| E | $1,79 \leq ICE < 2,63$ | $0,56 \geq I_E > 0,38$ |
| F | $2,63 \leq ICE < 5,00$ | $0,38 \geq I_E > 0,20$ |
| G | $ICE \geq 5,00$ | $I_E > 0,20$ |

6.8. COMPONENTES DE LA INSTALACION.

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 "Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias".

El flujo hemisférico superior instalado, rendimiento de la luminaria, factor de utilización, grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditativo.

6.9.1. LAMPARAS.

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en la instalación tendrán una eficacia luminosa superior a:

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos.
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

6.9.2. LUMINARIAS.

Las luminarias y proyectores que se instalen, excepto en alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir los requisitos siguientes:

| Parámetros | Alumbrado vial | | Resto alumbrados | |
|--------------------|----------------|-----------|------------------|------------|
| | Funcional | Ambiental | Proyectores | Luminarias |
| Rendimiento | ≥ 65 % | ≥ 55 % | ≥ 55 % | ≥ 60 % |
| Factor utilización | (1) | (1) | ≥ 0,25 | ≥ 0,30 |

(1) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE 20.324, e IK 8 según UNE-EN 50.102, montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo.

| | TIPO DE LUMINARIAS | CANTIDAD |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|
| RED ALUMBRADO PÚBLICO 1 | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 350 VM 80 W. | 9 |
| | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 350 VSAP 150 W. | 1 |
| | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 500 VM 250 W. | 3 |
| RED ALUMBRADO PÚBLICO 2 | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 350 VM 80 W. | 10 |
| | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 350 VSAP 150 W. | 3 |
| | COLUM. 6.5m+L.ESFE. 500 VM 250 W. | 5 |

6.9.3. EQUIPOS AUXILIARES.

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga, no superará los valores siguientes:

| Potencia nominal lámpara (W) | Potencia total conjunto (W) | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---------|-----|-----|
| | SAP | HM | SBP | VM |
| 18 | - | - | 23 | - |
| 35 | - | - | 42 | - |
| 50 | 62 | - | - | 60 |
| 55 | - | - | 65 | - |
| 70 | 84 | 84 | - | - |
| 80 | - | - | - | 92 |
| 90 | - | - | 112 | - |
| 100 | 116 | 116 | - | - |
| 125 | - | - | - | 139 |
| 135 | - | - | 163 | - |
| 150 | 171 | 171 | - | - |
| 180 | - | - | 215 | - |
| 250 | 277 | 270/277 | - | 270 |
| 400 | 435 | 425/435 | - | 425 |

6.9. DISPOSICION DE VIALES Y CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACION ADOPTADO.

El cálculo lumínico y la elección de las luminarias, se ha planteado como ejemplo básico, sin entrar en la profundidad en el cálculo y exigencias del nivel de eficiencia energética necesarias.

Por tanto, las condiciones del cálculo y elección de luminarias se establecen como un caso general, que implicará un estudio detallado posterior.

Los viales existentes tienen la siguiente configuración:

- Anchura cada calzada: 2.5m
- Anchura cada acera: 6.5m

El sistema de iluminación adoptado, para dar cumplimiento a lo señalado en los apartados anteriores, tendrá las siguientes características:

- Disposición: Unilateral lineal
- Altura soportes (m): 6.5m
- Separación puntos de luz sobre calzada (m): longitud máxima 30m
- Relación de lámparas:
 - Tipo: Vapor de sodio (VSAP) para lumbrado vial
 - Potencia nominal (W): 80W ,150W y 250 W

6.10. REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO PREVISTO Y DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO Y DE REGULACION DE NIVEL LUMINOSO.

Las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia/iluminancia y deslumbramiento establecidos. La regulación del nivel luminoso se podrá realizar por medio de alguno de los siguientes sistemas: balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores-estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos para doble nivel de potencia.

Se podrá variar el régimen de funcionamiento de los alumbrados ornamentales, estableciéndose condiciones especiales, en épocas tales como festividades y temporada alta de afluencia turística.

Se podrá ajustar un régimen especial de alumbrado para los acontecimientos nocturnos singulares, festivos, feriales, deportivos o culturales, que compatibilicen el ahorro con las necesidades derivadas de los acontecimientos mencionados.

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula. Además de los sistemas de encendido automáticos, es recomendable instalar un sistema de accionamiento manual, para poder maniobrar la instalación en caso de avería o reposición de los citados elementos.

Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajos exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.

6.11. SOPORTES.

Las luminarias descritas en el apartado anterior irán sujetas sobre columnas-soporte de forma tronco-cónica de 6.5 m. de altura, que se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

6.12. CANALIZACIONES.

6.13.1. REDES SUBTERRANEAS.

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm.; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica $R_k = 175 \text{ Kg/cm}^2$, con pernos embebidos para anclaje y con comunicación a columna por medio de codo.

6.13. CONDUCTORES.

Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm^2 . En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm^2 , la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La sección mínima a emplear en redes aéreas, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm^2 . En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm^2 , la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balasto especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de $2,5 \text{ mm}^2$ de sección mínima.

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

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto será menor o igual que el 3 %.

El conductor utilizado es un conductor de cobre de 3x 6 mm² de sección enterrado, bajo tubo.

6.14. SISTEMAS DE PROTECCION.

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobrecargas y cortocircuitos que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-09, apdo. 4), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se han tomado las medidas siguientes:

- Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.

- Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).

- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano,

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

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, y la tierra de 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 siguiente, según su categoría.

| Tensión nominal de la instalación (V) | | Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV) | | | |
|---------------------------------------|---|--|-----------|------------|------------------|
| Sistemas III | / | Sistemas II | Cat. IV / | Cat. III / | Cat. II / Cat. I |
| 230/400 | | 230 | 6 | 4 | 2,5 / 1,5 |

Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc).

Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).

Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc).

Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de telemedida, etc).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

Cada una de las líneas está protegida por diferenciales en cabecera con valor de $I_n=25$ A y con un poder de corte de 63 kA.

6.15. COMPOSICION DEL CUADRO DE PROTECCION, MEDIDA Y CONTROL.

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55, según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102, y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m.

El cuadro estará compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Ud. armario de poliéster prensado, protección IP-669, de 1250x750x300 mm., con departamento separado para equipo de medida.
- 1 Ud. interruptor diferencial IV,, 30 mA.
- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico IV.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A.

6.16. ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos \varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \cos \varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin^2 \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos \varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I [(L \times \cos \varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin^2 \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos \varphi$ = Coseno de φ . Factor de potencia.

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

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 = Resistividad del conductor a la temperatura T .

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

$$C_u = 0.018$$

$$A_l = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.00392$$

$$A_l = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°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 20-460/5-523.

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

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 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 Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Siendo,

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

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

$$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R : Resistencia de la línea en mohm.

X : Reactancia de la línea en mohm.

L : Longitud de la línea en m.

CR : Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

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

n: nº de conductores por fase.

$$* \text{ tmcicc} = C_c \cdot S^2 / \text{IpccF}^2$$

Siendo,

tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

* $t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc} F^2$

Siendo,

tficc: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{\max} = 0,8 \cdot U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

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

CURVA B IMAG = 5 lnCURVA C IMAG = 10 InCURVA D Y MA IMAG = 20 In

Red Alumbrado Público 1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

$\cos \varphi: 1$

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 20 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 4,21 | 25 | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 2 | 2 | 3 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 4 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 3 | 3 | 4 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 3,79 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 4 | 4 | 5 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 3,59 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 5 | 5 | 6 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 3,38 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 6 | 6 | 7 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 3,17 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 7 | 7 | 8 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 2,96 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 8 | 8 | 9 | 20 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 2,75 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 9 | 9 | 10 | 13 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 2,1 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 10 | 10 | 11 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 1,71 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 11 | 11 | 12 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 1,07 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 12 | 12 | 13 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 0,86 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 13 | 13 | 14 | 29 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0,6/1 kV Tetra. | 0,65 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | (2.916 W) |
| 2 | -0,434 | 399,566 | 0,108 | (-144 W) |
| 3 | -1,053 | 398,947 | 0,263 | (-144 W) |
| 4 | -1,639 | 398,361 | 0,41 | (-144 W) |
| 5 | -2,194 | 397,806 | 0,548 | (-144 W) |
| 6 | -2,716 | 397,284 | 0,679 | (-144 W) |
| 7 | -3,206 | 396,794 | 0,802 | (-144 W) |
| 8 | -3,664 | 396,336 | 0,916 | (-144 W) |
| 9 | -3,948 | 396,052 | 0,987 | (-450 W) |
| 10 | -4,089 | 395,911 | 1,022 | (-270 W) |
| 11 | -4,213 | 395,787 | 1,053 | (-450 W) |
| 12 | -4,378 | 395,622 | 1,094 | (-144 W) |
| 13 | -4,51 | 395,49 | 1,128 | (-144 W) |
| 14 | -4,607 | 395,393 | 1,152* | (-450 W) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14 = 1.15 %

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 12 | 50 | 1.073,38 | 0,64 | 0,011 | 10 |
| 2 | 2 | 3 | 2,16 | | 477,36 | 3,23 | | |
| 3 | 3 | 4 | 0,96 | | 306,84 | 7,82 | | |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | | | | | | | |
|----|----|----|------|--|--------|--------|--|--|
| 4 | 4 | 5 | 0,62 | | 226,07 | 14,4 | | |
| 5 | 5 | 6 | 0,45 | | 178,96 | 22,99 | | |
| 6 | 6 | 7 | 0,36 | | 148,09 | 33,57 | | |
| 7 | 7 | 8 | 0,3 | | 126,31 | 46,14 | | |
| 8 | 8 | 9 | 0,25 | | 115,03 | 55,64 | | |
| 9 | 9 | 10 | 0,23 | | 108,72 | 62,28 | | |
| 10 | 10 | 11 | 0,22 | | 102,65 | 69,86 | | |
| 11 | 11 | 12 | 0,21 | | 91,69 | 87,56 | | |
| 12 | 12 | 13 | 0,18 | | 82,85 | 107,26 | | |
| 13 | 13 | 14 | 0,17 | | 75,78 | 128,2 | | |

Red Alumbrado Público 2

Las características generales de la red son:

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx.(%): 3

Cos ϕ : 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | Long. (m) | Metal/ Xu(mΩ/m) | Canal./Aislam/Polar. | I.Cálculo (A) | In/Ireg (A) | In/Sens. Dif(A/mA) | Sección (mm ²) | I. Admisi. (A)/Fc | D.tubo (mm) |
|-------|------------|------------|-----------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 1 | 2 | 28 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 6,5 | 25 | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 2 | 2 | 3 | 21 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 6,11 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 3 | 3 | 4 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 5,46 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 4 | 4 | 5 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 5,25 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 5 | 5 | 6 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 5,04 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 6 | 6 | 7 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 4,83 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 7 | 7 | 8 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 4,62 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 8 | 8 | 9 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 4,42 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 9 | 9 | 10 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 4,21 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 10 | 10 | 11 | 16 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 4 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 11 | 11 | 12 | 11 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 3,35 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 12 | 12 | 13 | 13 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 2,96 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 13 | 13 | 14 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 2,31 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 14 | 14 | 15 | 30 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 2,1 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 15 | 15 | 16 | 25 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,9 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 16 | 16 | 17 | 11 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,69 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
| 17 | 17 | 18 | 10 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 1,04 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|------------------------------------|------|--|--|-----|----------|----|
| 18 | 18 | 19 | 14 | Cu | Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Tetra. | 0,65 | | | 4x6 | 52,8/0,8 | 90 |
|----|----|----|----|----|------------------------------------|------|--|--|-----|----------|----|

| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión Nudo(V) | C.d.t.(%) | Carga Nudo |
|------|-----------|-----------------|-----------|------------|
| 1 | 0 | 400 | 0 | (4.500 W) |
| 2 | -0,938 | 399,062 | 0,234 | (-270 W) |
| 3 | -1,598 | 398,402 | 0,4 | (-450 W) |
| 4 | -2,442 | 397,558 | 0,611 | (-144 W) |
| 5 | -3,254 | 396,746 | 0,813 | (-144 W) |
| 6 | -4,033 | 395,967 | 1,008 | (-144 W) |
| 7 | -4,781 | 395,219 | 1,195 | (-144 W) |
| 8 | -5,496 | 394,504 | 1,374 | (-144 W) |
| 9 | -6,179 | 393,821 | 1,545 | (-144 W) |
| 10 | -6,83 | 393,17 | 1,707 | (-144 W) |
| 11 | -7,16 | 392,84 | 1,79 | (-450 W) |
| 12 | -7,35 | 392,65 | 1,837 | (-270 W) |
| 13 | -7,548 | 392,452 | 1,887 | (-450 W) |
| 14 | -7,906 | 392,094 | 1,976 | (-144 W) |
| 15 | -8,231 | 391,769 | 2,058 | (-144 W) |
| 16 | -8,476 | 391,524 | 2,119 | (-144 W) |
| 17 | -8,571 | 391,429 | 2,143 | (-450 W) |
| 18 | -8,625 | 391,375 | 2,156 | (-270 W) |
| 19 | -8,672 | 391,328 | 2,168* | (-450 W) |

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19 = 2.17 %

Resultados Cortocircuito:

| Línea | Nudo Orig. | Nudo Dest. | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF(A) | tmcicc (sg) | tficc (sg) | In;Curvas |
|-------|------------|------------|------------|-------------|----------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 1 | 2 | 12 | 50 | 805,43 | 1,13 | 0,019 | 10 |
| 2 | 2 | 3 | 1,62 | | 486,37 | 3,11 | | |
| 3 | 3 | 4 | 0,98 | | 310,54 | 7,63 | | |
| 4 | 4 | 5 | 0,62 | | 228,07 | 14,15 | | |
| 5 | 5 | 6 | 0,46 | | 180,21 | 22,67 | | |
| 6 | 6 | 7 | 0,36 | | 148,95 | 33,18 | | |
| 7 | 7 | 8 | 0,3 | | 126,93 | 45,69 | | |
| 8 | 8 | 9 | 0,25 | | 110,59 | 60,2 | | |
| 9 | 9 | 10 | 0,22 | | 97,97 | 76,7 | | |
| 10 | 10 | 11 | 0,2 | | 92,35 | 86,32 | | |
| 11 | 11 | 12 | 0,19 | | 88,85 | 93,26 | | |
| 12 | 12 | 13 | 0,18 | | 85,03 | 101,81 | | |
| 13 | 13 | 14 | 0,17 | | 77,37 | 122,97 | | |
| 14 | 14 | 15 | 0,16 | | 70,98 | 146,13 | | |
| 15 | 15 | 16 | 0,14 | | 66,4 | 166,96 | | |
| 16 | 16 | 17 | 0,13 | | 64,57 | 176,56 | | |
| 17 | 17 | 18 | 0,13 | | 62,99 | 185,52 | | |
| 18 | 18 | 19 | 0,13 | | 60,91 | 198,44 | | |

Cálculo de la Puesta a Tierra:

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

M. conductor de Cu desnudo 35 mm² 30 m.
M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

Picas verticales de Cobre 14 mm
de Acero recubierto Cu 14 mm 1 picas de 2m.
de Acero galvanizado 25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17,65 ohmios.

7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

| | | |
|--|------------------------|--------------------------|
| | POLIGONO CALAMOCHA | Pág.: 45 |
| | RESUMEN DE PRESUPUESTO | Ref.: POLIGONO CALAMO... |
| | RESUMEN DE CAPÍTULOS | 01/17 |

| Nº Orden | Código | Descripción de los capítulos | Importe | % |
|----------|----------|-----------------------------------|-----------|-------|
| 1 | LA | Línea aérea | 62.815,31 | 20,69 |
| 2 | LS | Línea subterránea | 31.086,98 | 10,24 |
| 3 | LSBT | Línea subterránea de baja tensión | 82.228,09 | 27,08 |
| 3.1 | LSBT_1.1 | LINEA 1.1 | 7.408,88 | 2,44 |
| 3.2 | LSBT_1.2 | LINEA 1.2 | 14.068,11 | 4,63 |
| 3.3 | LSBT_1.3 | LINEA 1.3 | 27.208,43 | 8,96 |
| 3.4 | LSBT_2.1 | LINEA 2.1 | 4.350,52 | 1,43 |
| 3.5 | LSBT_2.2 | LINEA 2.2 | 10.493,94 | 3,46 |
| 3.6 | LSBT_2.3 | LINEA 2.3 | 18.698,21 | 6,16 |
| 4 | AP | Alumbrado público | 25.479,11 | 8,39 |
| 4.1 | AP_1 | RED ALUMBRADO PÚBLICO 1 | 11.180,37 | 3,68 |
| 4.2 | AP_2 | RED ALUMBRADO PÚBLICO 2 | 14.298,74 | 4,71 |
| 5 | CT-1 | Centro de transformación 1 | 50.993,92 | 16,80 |
| 6 | CT-2 | Centro de transformación 2 | 50.993,92 | 16,80 |

| | |
|--|-------------------|
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL | 303.597,33 |
| 13% Gastos Generales..... | 39.467,65 |
| 6% Beneficio Industrial..... | 18.215,84 |
| PRESUPUESTO..... | 361.280,82 |
| 21% IVA..... | 75.868,97 |
| PRESUPUESTO + IVA..... | 437.149,79 |

Suma el presente presupuesto más IVA la cantidad de:
CUATROCIENTOS TREINTA Y SIETE MIL CIENTO CINCUENTA EUROS

8. CONCLUSIÓN

Con todo lo expuesto, junto con los cálculos, planos y presupuesto que se acompañan , se cree haber aportado los datos necesarios que permitan a los órganos competentes de la administración deducir claramente el alcance de la instalación a realizar.

Zaragoza, 2 de Febrero de 2017



Ismael Benhamou Prat

9. ANEXO SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

9.1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

9.1.1. INTRODUCCIÓN.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

9.1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.

9.1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

9.1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

9.1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

9.1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

9.1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

9.1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

9.1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

9.1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

9.1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

9.1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

9.1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

9.1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

9.1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

9.1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

9.1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

9.1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

9.1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

9.1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

9.1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

9.1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

9.1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

7.1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

7.1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

9.2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

9.2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

9.2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

9.3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

9.3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

9.3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

9.3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

9.3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

9.3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

9.3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

9.3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

9.4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

9.4.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Línea Eléctrica de Alta Tensión se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b)

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.

b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

9.4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

9.4.2.1. RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los Oficios más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

9.4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

9.4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

9.4.2.4. MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN ALTA TENSION.

Los Oficios más comunes en las instalaciones de alta tensión son los siguientes.

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores cerámicos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc).
- Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Instalación de dispositivos antivibraciones.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.
- Instalación de envoltentes prefabricadas de hormigón.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).
- Instalación de transformadores en envoltentes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.

Los Riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación.

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones. Electrocutaciones y quemaduras.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno). El aceite mineral tiene un punto de inflamación relativamente bajo (130º) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- un punto de inflamación más elevado (400°). El piraleno ataca la piel, ojos y mucosas, produce gases tóxicos a temperaturas normales y arde mezclado con otros productos.
- Contacto directo con una parte del cuerpo humano y contacto a través de útiles o herramientas.
 - Contacto a través de maquinaria de gran altura.
 - Maniobras en centros de transformación privados por personal con escaso o nulo conocimiento de la responsabilidad y riesgo de una instalación de alta tensión.

Las Medidas Preventivas de carácter general se describen a continuación.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.

Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.

Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno.

En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.

Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc, deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.

En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.

El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.

Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.

Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

9.4.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

9.5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

9.5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

9.5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

9.5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

9.5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

9.5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

9.5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

9.5.2.5. EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCION PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION.

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.

Proyecto de la instalación eléctrica de un futuro polígono industrial en Calamocha (Teruel)

- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T.