

Universidad de **Cádiz**

Proyectos fin de carrera de Ingeniería
Técnica Industrial en Electricidad

Centro: ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE ALGECIRAS

Titulación: INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD

Título: Parque Eólico “El
Higuerón”

Autor: Carlos GONZÁLEZ ROCA

Fecha: Enero 2009

INDICE GENERAL



TOMO I

- **MEMORIA DESCRIPTIVA.**
- **MEMORIA DE CÁLCULOS.**
- **ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA.**

TOMO II

- **ESTUDIO BASICO SEGURIDAD SALUD E HIGIENE.**
- **PLIEGO DE CONDICIONES.**
- **PRESUPUESTOS.**
- **PLANOS.**
- **ANEXOS.**
- **BIBLIOGRAFIA.**

MEMORIA DESCRIPTIVA



INDICE

1	PETICIONARIO.....	6
2	OBJETO DEL PROYECTO.....	6
3	UBICACIÓN.....	7
4	RECURSOS EÓLICOS DE LA ZONA.....	8
4.1	Torre de Medición.....	8
4.2	Régimen de Vientos del Emplazamiento.....	9
4.3	Distribución Weibull.....	10
4.4	Rosa de Vientos.....	11
5	PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.....	15
5.1	Características de los Aerogeneradores.....	15
5.2	Producción Prevista.....	16
6	LÍNEA ELECTRICA DE MEDIA TENSIÓN.....	17
6.1	Línea Aérea Eléctrica de Media Tensión.....	17
6.1.1	Descripción del trazado de la línea.....	17
6.1.2	Prescripciones Especiales del Trazado de la Línea.....	18
6.1.3	Distancias de seguridad.....	19

6.1.4	Características Técnicas y descriptivas de la instalación.....	21
6.1.4.1	Enganche con la subestación	21
6.1.4.2	Distribución de los apoyos.....	21
6.1.4.3	Conductor aéreo de media tensión.....	22
6.1.4.4	Cadenas de aisladores.	24
6.1.4.5	Armados.....	25
6.1.4.6	Apoyos.	26
6.1.4.7	Aparamenta de maniobra y protección.	37
6.1.4.8	Puesta a tierra de los apoyos.	49
6.1.4.9	Conexión del tramo aéreo subterráneo.	52
6.2	Línea Eléctrica Subterránea de Media Tensión.	54
6.2.1	Descripción General del Trazado de la Línea.....	54
6.2.2	Características Generales de la Conducción Subterránea.....	55
6.2.2.1	Zanjas.....	55
6.2.2.2	Arquetas	57
6.2.3	Conductor Subterráneo de Media Tensión.	60
6.2.4	Condiciones Generales de la Ejecución del Tendido.....	61
6.3	Características Eléctricas de la Línea de M. T.....	62
7	TRANSFORMADOR M.T.....	67
7.1	Reglamento y Disposiciones Oficiales.....	67
7.2	Justificación del Centro de Transformación.	67
7.3	Emplazamiento de los Centros de Transformación	68

7.4	Características Generales del Centro de Transformación...	68
7.5	Descripción de la Instalación.	70
7.5.1	Obra Civil.	70
7.5.1.1	Descripción del Local.	70
7.5.1.2	Características del Local.	70
7.5.2	Instalación Eléctrica.....	72
7.5.2.1	Características de la Red de Evacuación.	72
7.5.2.2	Características de la Aparamenta de M.T.	73
7.5.2.3	Características Material vario M.T.	77
7.5.2.4	Características de la Aparamenta de B.T.	77
7.5.3	Puesta a Tierra.	77
7.5.3.1	Tierra de Protección.	77
7.5.3.2	Tierra de Servicio.....	77
7.5.3.3	Tierras Interiores.	78
7.5.4	Instalaciones Secundarias	78
7.5.4.1	Alumbrado.	78
7.5.4.2	Protección Contra Incendios.	78
7.5.4.3	Ventilación.....	79
7.5.4.4	Medidas de Seguridad.....	79

8	CONEXIÓN BAJA TENSIÓN	80
8.1	Descripción del Trazado de la Línea.....	80
8.2	Características Conducción Subterránea.....	80
8.3	Conductor de Conexión en Baja Tensión	80

1 PETICIONARIO.

Se redacta el presente proyecto “Parque Eólico El Higuero”, a petición de la Escuela Politécnica Superior de Algeciras, situada en la avenida Ramón Pujol s/n, de dicha localidad.

Este proyecto es de tipo meramente académico, puesto que su objetivo final es la obtención del título de “Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Electricidad”, por parte del autor.

2 OBJETO DEL PROYECTO.

El presente proyecto tiene por objeto dotar de electrificación a un parque eólico emplazado en una superficie aproximada 1.500.000 m² de y que estará destinadas a la producción de energía eléctrica, para lo cual el proyecto comprende los siguientes apartados:

- Estudio del potencial eólico de la zona, mediante tablas y graficas, obteniendo la rosa de vientos, para a partir de ella ubicar los aerogeneradores dentro del parque y hacer una estimación de la producción energética.
- Línea eléctrica de 20 KV aérea, que partiendo de una subestación propiedad de la empresa suministradora, Compañía Sevillana Electricidad, llega hasta el apoyo donde la línea aérea pasa a ser subterránea.
- Tramo subterráneo, que comienza en el apoyo aéreo-subterráneo, y que consta de dos circuitos o líneas para abastecer a dos filas de generadores, este tramo subterráneo consta de diferentes secciones dependiendo de la demanda en cada tramo.
- Centro de transformación, ubicado en un punto próximo al la base de los aerogeneradores, con relación de transformación 20.000 / 400 V, ya que esta última tensión es la de generación.
- Red de baja tensión que lleva la energía eléctrica desde las conexiones de salida de generación al centro de transformación.
- Estudio de viabilidad del parque donde se analizan los elementos de cualquier índole que tienen repercusión en el resultado económico de un proyecto eólico, sea el coste de inversión, en duración del desarrollo del proyecto, en coste de mantenimiento, etc.

3 UBICACIÓN.

La urbanización se encuentra situada dentro del término municipal de La Línea, en la zona conocida como El Higuero.

El emplazamiento exacto es en Sierra Carbonera, entre la carretera CA- 383 y la cima de la sierra, donde se encuentra la base militar llamada “Grupo Sanz”

Para una mejor ubicación hacer referencia a los planos nº 1 y 2, donde se detallan tanto la situación geográfica como su emplazamiento exacto, respectivamente.



Figura 1: Ubicación del Parque Eólico “El Higuero”.

4 RECURSOS EÓLICOS DE LA ZONA.

4.1 Torre de Medición.

La obtención de los recursos eólicos de una zona se efectúa colocando una torre meteorológica que recoja los datos de dirección y intensidad de viento, estos datos los guarda en un chip donde se va almacenando en una memoria interna, para después descargar los datos en un programa informático donde nos saca la Rosa de vientos, número de horas de viento y su intensidad.

El tiempo de recogida de datos de la torre suele comprender entre 12 y 24 meses, para nuestro proyecto consideramos que la torre ha sido ubicada durante 24 meses.



Figura 2: Representación de un anemómetro.

La altura de la torre de medición también suele variar, lo más usual es de tomar los datos a 70 metros de altura, nosotros tomaremos esta altura ya que es la altura que tiene nuestros aerogeneradores.

Debido a que este proyecto es meramente académico no podemos disponer de una torre de recogida de datos, así que se ha optado por acudir a una empresa de la zona (WindIberica) que ha hecho estudios eólicos en un lugar próximo a la zona de estudio, y extrapolar estos datos para el Parque Eólico “El Higuero”.

A continuación se expresan los datos eólicos que barajamos para nuestro parque.

4.2 Régimen de Vientos del Emplazamiento.

En la siguiente tabla se expresa la velocidad de vientos y su número de horas del total de las 17.520 horas que componen los 24 meses de estudio.

Velocidad (m/s)	Horas	Frecuencia (%)
0 - 1	210,24	1,2
1 - 2	1534,752	8,76
2 - 3	2048,088	11,69
3 - 4	1846,608	10,54
4 - 5	1617,096	9,23
5 - 6	1548,768	8,84
6 - 7	1259,688	7,19
7 - 8	989,88	5,65
8 - 9	774,384	4,42
9 - 10	660,504	3,77
10 - 11	432,744	2,47
11 - 12	408,216	2,33
12 - 13	392,448	2,24
13 - 14	388,944	2,22
14 - 15	355,656	2,03
15 - 16	343,392	1,96
16 - 17	327,624	1,87
17 - 18	285,576	1,63
18 - 19	252,288	1,44
19 - 20	226,008	1,29
20 - 21	196,224	1,12
21 - 22	173,448	0,99
22 - 23	166,44	0,95
23 - 24	155,928	0,89
24 - 25	145,416	0,83
25 - 26	140,16	0,8
27 - 28	134,904	0,77
28 - 29	87,6	0,5
29 - 30	17,52	0,1
Sumas	17.520	100.00
	24 Meses	

Tabla 1: Régimen de vientos en el emplazamiento.

4.3 Distribución Weibull.

La variación del viento en un emplazamiento, donde se expresa las velocidades del viento en función de su frecuencia, suele describirse utilizando la llamada distribución Weibull.

En este emplazamiento la velocidad media es de 7,48 m/s, y la forma de la curva esta determinada por un parámetro de forma próximo a 2.

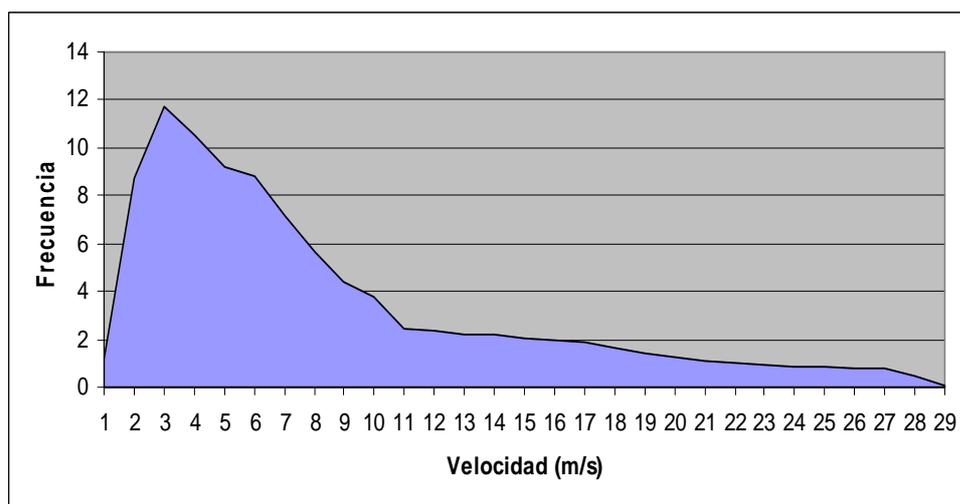


Figura 3: Distribución Weibull en función de la frecuencia y la velocidad del viento.

4.4 Rosa de Vientos.

La información simultanea sobre la dirección del viento y su intensidad se suele dar mediante la rosa de los vientos, bien de forma gráfica o en forma tabular.

En la Figura 2, realizada a mano, y Figura 3, realizada mediante un programa informático, se representa la rosa de vientos donde se han considerado 16 direcciones angulares y 16 sectores, respectivamente, según la procedencia del viento.

Estas figuras han sido obtenidas a partir de la Tabla 2 donde se expresan las 16 direcciones angulares de procedencia del viento, en relación a su frecuencia en tanto por ciento y la velocidad media correspondiente en cada dirección.

	HORAS	%	Veloc. Media (m/s)
N	876	5	6,4
NNE	1139	6,5	5,3
NE	1559	8,9	6,53
ENE	1104	6,3	14,1
E	1069	6,1	11,9
ESE	753	4,3	7,1
SE	718	4,1	5,2
SSE	701	4	6,2
S	929	5,3	6,5
SSW	1454	8,3	8,8
SW	2015	11,5	9,9
WSW	2050	11,7	9,12
W	1086	6,2	8,03
WNW	701	4	6,23
NW	666	3,8	4,37
NNW	701	4	4,12
SUMAS	17520	100	7,48

Tabla 2: Régimen de vientos diferenciando el sentido del mismo.

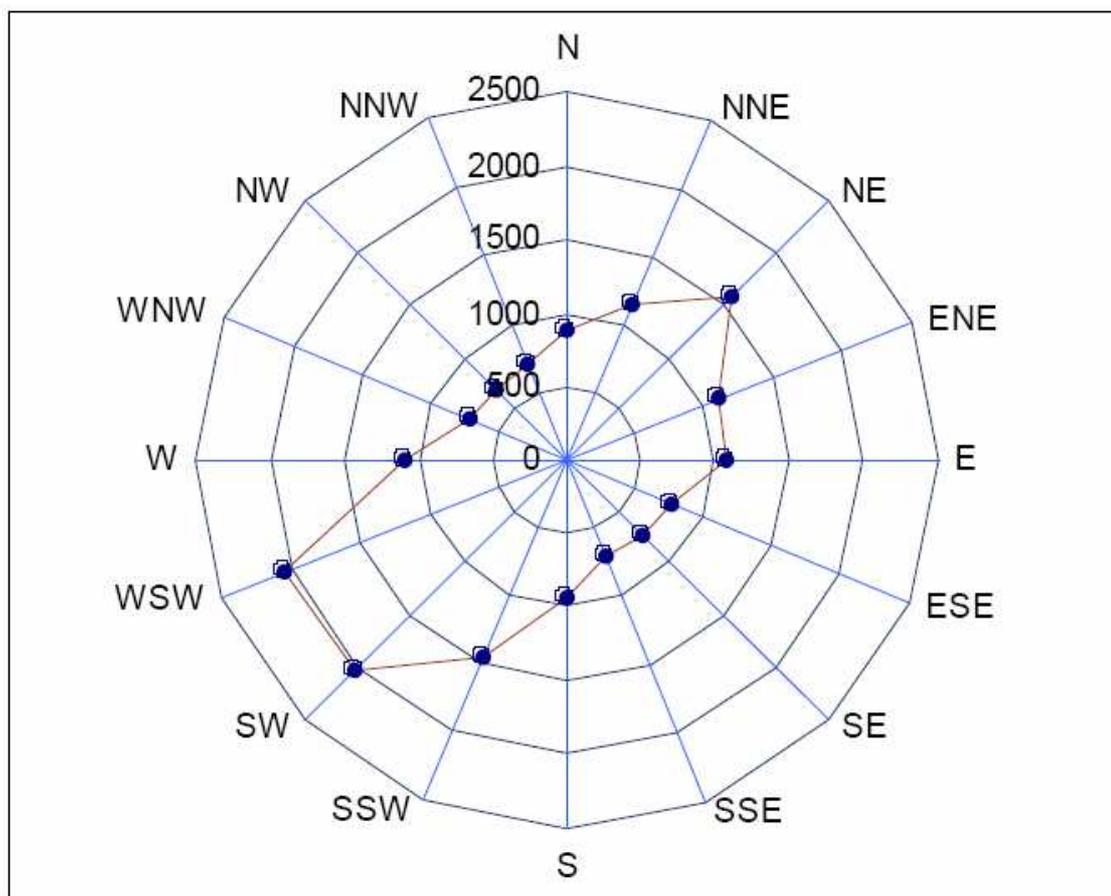


Figura 4: Representación gráfica de la frecuencia del viento diferenciando la dirección de este.

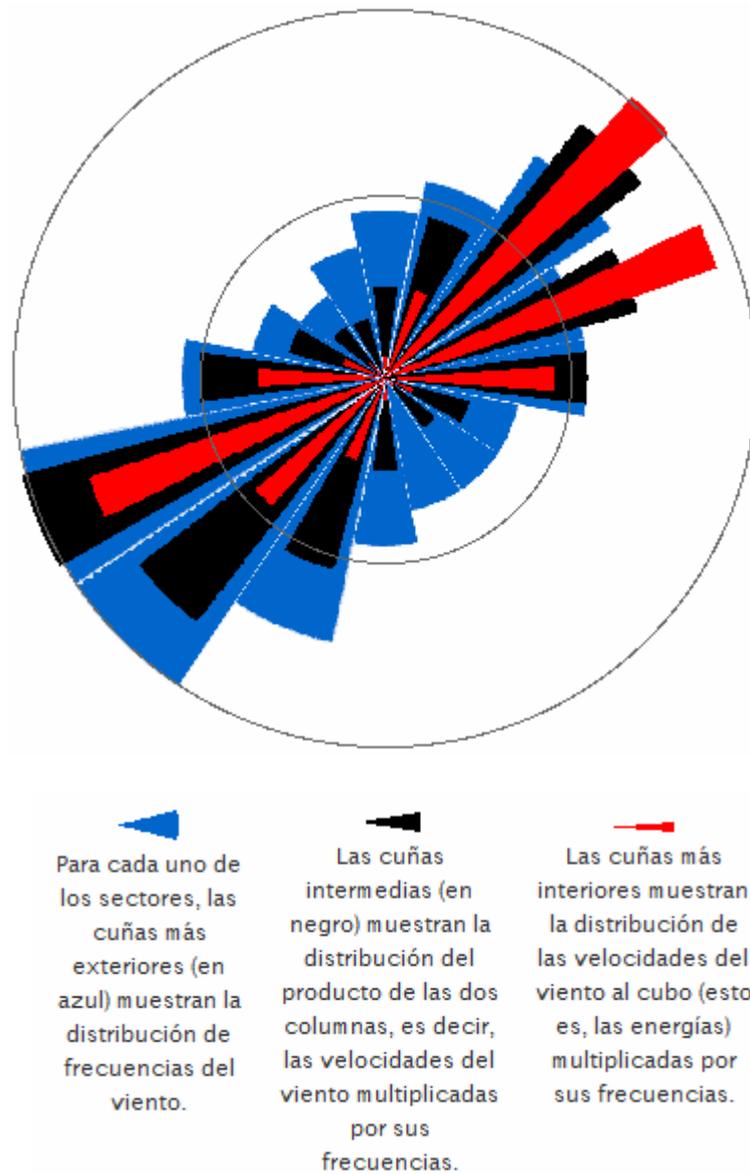


Figura 5: Deducido mediante un programa informático e introducido los valores de la tabla 2, se obtiene la siguiente Rosa de Vientos, con 16 sectores.

4.5. Distribución de los Aerogeneradores en el Parque.

Un factor importante es la distancia entre aeroturbinas. Si una máquina está suficientemente alejada de otra, el efecto de aquella sobre esta será poco o nada importante.

Los efectos de la estela se hacen sentir fundamentalmente en la estela aguas abajo en dirección del viento incidente.

El defecto de velocidad que genera la máquina puede decaer en menos de un 10% de la velocidad inicial en distancias del orden de 6 a 10 diámetros del rotor. Sin embargo el decaimiento de la turbulencia es en distancias mucho mayores.

El efecto lateral del las máquinas, en dirección perpendicular al viento, decae a valores aceptables en distancias muy pequeñas del orden de 2 a 3 diámetros del rotor.

La característica de la aeroturbina que más influye en la estela que ella misma crea es la fuerza de empuje del viento.

La fuerza que ejerce el viento sobre la máquina es igual y opuesta a la fuerza que ejerce esta sobre el aire.

Dicha fuerza frena el aire y da origen a la estela. Cuanto mayor sea, mas intensa será la estela.

La rosa de vientos es especialmente importante para la ubicación de los aerogeneradores dentro del parque, ya que nosotros en virtud de lo expuesto decidiremos en tomar las distancias de 7 diámetros del rotor en la dirección del viento predominante y de 4 diámetros del rotor en la dirección del viento no predominante.

Los aerogeneradores Enercon E70 E4 tienen un rotor con un diámetro de 71 metros, por tanto la separación de aeroturbinas será aproximada a 500 metros en la dirección de los vientos predominantes y de 300 metros en dirección perpendicular a la dirección de los vientos predominantes.

En nuestro parque tenemos 2 líneas de aerogeneradores en dirección perpendicular a la dirección del viento predominante, por tanto la separación entre líneas será aproximada de 600 metros y la separación entre generadores de una misma línea de 300 metros.

5 PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.

La estimación de la producción energética se calculará en la memoria de cálculo, aquí expondremos el cuadro resumen que obtenemos en dicho cálculo.

Comenzaremos haciendo una descripción de las características de los aerogeneradores Enercon E70 E4.

5.1 Características de los Aerogeneradores.

Las principales características del aerogenerador Enercon E70 E4 son las que se describen a continuación.

- Fabricante: Enercon E70 E4
- Número de Palas: 3
- Diámetro del Rotor: 71
- Área Barrida: 3959 m²
- Concepto de aerogenerador: Sin multiplicadora, velocidad variable, sistema de control de ángulo de paso (Pitch)
- Composición de las palas: Resina epoxy reforzada con fibra de vidrio y protección contra rayos integrada
- Velocidad de rotación: Variable, 6 – 21 rpm
- Potencia nominal: 2.300 KW
- Velocidad mínima de viento: 2,5 m/s
- Velocidad máxima de viento: 26 m/s

Para una información mas detallada de las características eléctricas y mecánicas de los aerogeneradores E70 E4, hacer referencia al Anexo 1.

5.2 Producción Prevista.

Para hacer mención de la energía que es capaz producir el Parque Eólico “El Higuero”, nos referimos a la siguiente tabla expuesta, extraída de la memoria de cálculos.

RESULTADOS DE PRODUCCIONES PREVISTAS				
CONCEPTO	EQUIVALENCIA	ABREV	VALOR	UNID
Horas del año		H	8760	H
Número aerogeneradores		N	7	
Pot. Nominal aerogenerador		P_n	2,3	MW
Pot. Nominal Planta	$P_n \times N$	P_{np}	16,1	MW
Pot. Media aerogenerador		P_{ma}	667,32	kW
Pot. Media planta	$P_{ma} \times N$	P_{mn}	4671,24	kW
Factor utilización		F_U	0,96	
Estela o sombra		F_S	0,93	
Rendimiento eléctrico		R_e	0,97	
Rendimiento Total	$F_U \times F_S \times R_t$	R_t	0,87	
Energía anual maquina	$P_n \times H_{ee}$	E_{am}	5.085,779	MWh/año
Energía anual planta	$E_{am} \times N$	E_{ap}	35.600,32	MWh/año
Ratio de producción	$E_{ap} / P_{np} \times H$	R_p	0,25	
Horas equivalentes eólicas	$(P_{np} \cdot H \cdot R_{total}) / P_n$	H_{ee}	2211,2	h

Tabla 3: Resumen de las producciones previstas.

Estos resultados se obtienen y se explican en la memoria de cálculo, para cualquier duda consultar a dicha memoria en su apartado 2.

6 LÍNEA ELECTRICA DE MEDIA TENSIÓN

El recorrido de esta línea eléctrica se divide en dos tramos bien diferenciados como son: uno aéreo de aproximadamente unos 725 metros de longitud y otro subterráneo dividido en dos líneas de diferente longitud.

Ambos trazados se detallarán en sus correspondientes apartados, así como sus características técnicas y componentes de los mismos.

6.1 Línea Aérea Eléctrica de Media Tensión.

La línea eléctrica que pasamos a describir es de categoría A según (ITC-LAT 08 art. 2.1), a continuación comenzamos por la descripción de su trazado:

6.1.1 Descripción del trazado de la línea.

La energía producida por el parque eólico será evacuada o vertida a la subestación propiedad de la compañía suministradora Sevillana Electricidad, emplazada a una distancia inferior a un kilómetro de nuestro parque, dentro del termino municipal de La Línea de la Concepción; por no existir posibilidad mejor para la evacuación de la energía, se tomara esta subestación para tal fin, debiendo pasar también la línea área proyectada por el mismo termino municipal.

El transporte de energía eléctrica hasta la subestación se realizará mediante una línea aérea trifásica, debido a su evidente conveniencia económica.

La línea proyectada será aérea hasta las proximidades de los aerogeneradores 4 y 5, pero guardando la distancia de dos diámetros del rotor, donde pasará a ser subterránea.

Esta decisión se ha tomado con el fin de evitar las proximidades de la línea aérea con las palas de las aeroturbinas, y acceder mejor a las góndolas con grúas para el montaje y reparación de los aerogeneradores, evitando la presencia de postes, cables, etc.

La estética del parque también mejora con la línea subterránea.

La situación de los apoyos a lo largo de la línea, así como el trazado general de la misma, ha sido realizado basándose en las características topográficas del terreno, y en la consecución de un trazado lo más corto posible y por tanto más económico; en contra de esto debemos de decir que en el trazado no hemos seguido las recomendaciones marcadas por el LAT, referente a evitar la existencia de ángulos tanto en la planta como en el alzado del trazado, esto es debido a que, al tratarse de un proyecto académico, se ha querido elegir un trazado que nos permita un mayor estudio y variedad de factores a tener en cuenta

dentro de una línea eléctrica de estas características, así el apoyo n° 2 se optado por elegirlo en ángulo.

El punto de enlace de la línea proyectada con conexión subterránea a la subestación se puede ver de forma clara en el plano n° 3, así como el resto del trazado de la línea proyectada, este apoyo principio de línea que se encuentra en el punto mas bajo de nuestro trazado tiene una diferencia de cota respecto el apoyo n°2 (apoyo situado con más cota) de 62m.

Existe diferentes desniveles a lo largo del trazado, este será ligeramente accidentado , y abarcará casi todo el trazado de la línea, produciéndose a mayor cota en el punto medio del trazado, y bajando desnivel conforme nos acercamos al apoyo principio de línea.

Existe un cambio de dirección en el trazado, y cuyos efectos se verán estudiados en los apoyos de ángulo que nos permitan el cambio de dirección.

El perfil de la línea eléctrica aérea se puede ver en el plano n°5, así como su planta; en él se detalla el recorrido anteriormente descrito.

6.1.2 Prescripciones Especiales del Trazado de la Línea

En ciertas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación, zonas urbanas, etc. Y con objeto de reducir la probabilidad de accidente, aumentando la seguridad de la línea, además de las distancias mínimas de seguridad se deberán cumplir las prescripciones especiales detalladas en este capítulo.

Estas últimas no serán aplicables en caso de que los cruces y paralelismos sean con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento de altura de los cables.

En aquellos tramos que, debido a sus características especiales, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, no será necesario el empleo de apoyos distintos de los que corresponda establece por su situación en la línea (alineación, Angulo, anclaje, etc.) ni la limitación de la longitud en los vanos, que podrá ser la adecuadas con arreglo al perfil del terreno ya a la altura de los apoyos.

Por el contrario, será preceptiva la aplicación en estos tramos, con carácter general, de las siguientes prescripciones especiales:

- a) se prohíbe la utilización de apoyos de madera, salvo en los casos indicados anteriormente, siempre y cuando su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón.

- b) Los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, para hipótesis normales, serán un 25% superiores a los establecidos en el capítulo 6 de la presente instrucción
- c) Los accesorios de fijación del fiador o de los conductores recubiertos serán antideslizantes.

6.1.3 Distancias de seguridad.

Los cálculos de las siguientes distancias han sido realizados en la memoria de cálculo Apartado 3.1.

- Distancias 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 de terreno o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de: **6 metros**.

- Distancia de los conductores entre sí.

Los conductores recubiertos deberán mantener una distancia mínima entre sí de: (ITC-LAT 08 art. 6.3.2)

$$D = \frac{1}{3} \left[K \sqrt{F + L} + 0,755 D_{pp} \right]$$

Siendo:

- **F:** La flecha en metros según artículo 4.3.3 de la ITC-LAT 08
- **L:** La longitud en metros de la cadena de suspensión, si la hubiere
- **D_{pp}:** La distancia mínima aérea especificada en (ITC-LAT 08 art. 6.1); es la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Esta distancia es una distancia interna.

ITC-LAT 07 art. 5.2 - TABLA 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas		
Tensión mas elevada de la red U_s (kV)	$D_{el}(m)$	$D_{pp}(m)$
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 6: Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas.

K: coeficiente del ángulo de oscilación según tabla 16 de la ITC-LAT 07

ITC-LAT 07 - TABLA 16. Coeficiente K en función del Angulo de oscilación		
Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV.	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV.
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Tabla 7: Coeficiente K del Ángulo de oscilación.

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada de acuerdo con (ITC-LAT 08 art. 4.1.2).

6.1.4 Características Técnicas y descriptivas de la instalación.

En el presente apartado vamos a detallar todas las características de la instalación de la línea de Alta Tensión, en su tramo aéreo. Resulta de gran importancia para una buena comprensión de este punto la consulta de los cálculos correspondientes, en los cuales se concretan razonamientos y textos de artículos del Reglamento de Alta Tensión, que completan los cálculos matemáticos.

6.1.4.1 Enganche con la subestación

El enganche se realizará como sabemos en barras de 20 kV de la subestación propiedad de la compañía Sevillana Electricidad, y por lo tanto siguiendo sus "normas técnicas".

Este enganche será realizado a partir del primer apoyo del trazado de la línea aérea, es un apoyo de anclaje de celosía, como recomienda la compañía suministradora y a partir de él mediante línea subterránea se realizará el enganche en barras de 20 kV de la subestación, que distará del primer apoyo de nuestra línea derivada 20 metros aproximadamente, cumpliendo con esto la distancia máxima que debe existir según normas técnicas, y que es de 20 metros.

La conexión de la nuestra línea aérea con la subestación no forma parte del objeto de este proyecto técnico, sino que se deja para otro proyecto la mencionada conexión entre línea aérea y subestación.

Este primer apoyo de nuestra derivación, al que llamamos apoyo de seccionamiento, dispondrá de un dispositivo que permita la desconexión de la línea derivada, para poder independizarla en caso de avería, de la línea de alimentación; además a efectos de cálculo este apoyo se considerará de final de línea, adquiriendo todas las propiedades de los mismos.

La operación del tendido del cable subterráneo, corre a cargo de la empresa suministradora de energía.

6.1.4.2 Distribución de los apoyos

La presente línea aérea de Alta Tensión que estamos proyectando tiene una longitud total de 620 metros, sin incluir obviamente el tramo subterráneo de conexión a la subestación.

Para la distribución de los apoyos hemos utilizado una curva de catenaria, la cual ha sido construida previamente teniendo en cuenta las características del conductor, las cuales veremos en el siguiente apartado; la utilización de esta curva se ha realizado mediante una plantilla, considerando las distancias de seguridad entre conductores y terreno.

6.1.4.3 Conductor aéreo de media tensión.

- **Criterios de elección.**

El artículo 3.2.1 de la ITC-LAT-08 nos marca que los conductores de la línea deberán ser de cobre, de aluminio, de aleación de aluminio o de aluminio-acero.

Por razonamientos de tipo mecánico y por mayor resistencia mecánica frente a otros tipos de cables, hemos optado por elegir cables del tipo Aluminio-Acero, denominados LA (es el utilizado con casi exclusividad en este tipo de líneas eléctricas). Dentro de esta gama de conductores hemos tenido que elegir entre uno de los siguientes:

Denominación(UNE)	Sección (mm ²)	Carga de rotura (Kg.)
LA-30	31,1	1.010
LA-56	54,6	1.670
LA-78	78,6	2.360
LA-110	116,2	4.400
LA-180	181,6	6.520

Tabla 8: Características de los cables normalizados Aluminio-Acero.

Hemos optado por este cable debido a que cumple los requisitos de Intensidad requeridos por la línea. Al tener doble circuito dividimos la intensidad total, por lo que tenemos.

$$I_{L1} = 276,64A$$

$$I_{L2} = 207,48A$$

El conductor LA-180 tolera una intensidad máxima de 424,56A, por lo que adoptamos tal conductor para nuestra línea aérea.

Para la elección de este nos hemos basado en la circunstancia de la máxima potencia a transportar por la línea.

El conductor elegido es el **LA-180** además de por ser el más comúnmente utilizado para este tipo de líneas, por estas otras causas:

- Debido a la mayor garantía mecánica que ofrece este conductor frente al LA110.
- Al ser de mayor sección que el LA-110, tendremos también más garantía a las intensidades máximas que un cortocircuito puede producir, especialmente si, por alguna razón, las protecciones en el arranque de la línea no son las idóneas.
- Esta mayor sección también nos permite realizar tensados mayores y con esto disminuir altura en los apoyos, o aumentar la separación de los mismos, con lo que se podría reducir el nº de apoyos.
- La no elección de un conductor de mayor sección es debido a razones económicas; puesto que si el conductor elegido satisface las condiciones mecánicas requeridas,

un conductor de mayor sección supondría un gasto económico adicional en la instalación.

- En el citado artículo que nos limita la carga de rotura del conductor, nos ofrece la alternativa de emplear cables fiadores junto con el conductor elegido para casos en los que los requerimientos de carga de rotura no se cumplen, pero dadas las ventajas del conductor **LA-180**, nos hemos decidido finalmente por este.
- Características Técnicas del conductor LA 180.

Estas han sido extraídas de la obra de D. Julián Moreno Clemente “Cálculo de líneas eléctricas aéreas de Alta Tensión”, y son conformes según Norma UNE 21018.

DENOMINACIÓN		LA-180
SECCIÓN (mm ²)	ALUMINIO	147,3
	ACERO	34,3
	TOTAL	181,6
DIÁMETRO(mm)	ALMA	7,5
	TOTAL	17,5
COMPOSICIÓN (Nº ALAMBRES)	ALUMINIO	Ø=2,5 N° 30
	ACERO	Ø=2,5 N°7
CARGA DE ROTURA (Kg)		6520
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° (Ohm/Km)		0,1962
MASA (Kg/Km)	ALUMINIO	407
	ACERO	269
	TOTAL	676
MÓDULO DE ELASTICIDAD Kg/mm ²		8200
COEFICIENTE DILATACIÓN LINEAL °C x 10 ⁻⁰⁶		17,8
PESO ESPECÍFICO (Kg/Dm ³)		3,74
CORRIENTE MAX. ADMISIBLE (A)		424,56
DENSIDAD MAX. CORRIENTE (A/mm ²)		2,34

Tabla 9: Características del cable LA-180.

Para mayor entendimiento de las características del conductor elegido hacer referencia al Anexo 7.

6.1.4.4 Cadenas de aisladores.

Estos aisladores son los elementos intermedios entre conductores y apoyos, y según LAT, los elementos aislantes de los mismos pueden ser de porcelana, vidrio u otro material de características adecuadas a su función.

Estos elementos cumplirán con las características eléctricas y electrodinámicas prescritas por el artículo 2.3.1 ITC-LAT-07.

Estos elementos se presentan mediante elementos rígidos ó en forma de cadena; en nuestro caso hemos optado por cadenas de aisladores, dadas las ventajas múltiples con respecto a los aisladores rígidos.

Las cadenas están compuestas por una serie de elementos aislantes ensamblados entre sí, completados por unos herrajes para la unión del apoyo y la fijación del conductor.

El material del aislador que hemos elegido de los nombrados anteriormente es el vidrio (templado), dadas las ventajas que presenta este ante la porcelana; los aisladores de porcelana presentan el inconveniente de que pueden producirse fisuras que den lugar a averías que afecten a la explotación, difícilmente localizables, en tanto que en los de vidrio se suele producir en dichas situaciones una disgregación total.

Para la composición de las cadenas de aisladores hemos hecho referencia a las normas internas de la compañía suministradora, eligiendo aisladores de la clase **U 40 BS** y modelo **E 40**.

Las características de este aislador, y las cadenas, se pueden ver en la Memoria de Cálculos, apartado 3.3 ó con más detalle en el Anexo 3 de la memoria.

En esta línea eléctrica se utilizarán dos tipos de cadenas:

- **Cadenas de aisladores de amarre:**

Son las utilizadas en los apoyos de anclaje, ángulo y fin de línea; disponiéndose una cadena por fase a cada lado de cada apoyo en los dos primeros tipos de apoyos.

Estas cadenas de aisladores se componen de los siguientes elementos:

(Las denominaciones de los elementos que se indicarán a continuación, corresponden a denominación UNESA).

- 3 aisladores modelo E 40.
- Una horquilla de bola HB-16.
- Una rótula larga R-16-P.
- Una grapa de amarre GA-3.

Con las siguientes características:

L_{CA} : longitud de la cadena de aisladores de amarre = **0,518 metros**.

P_{CA} : Peso total aproximado de la cadena = **8,17 Kg**.

A continuación se definen las funciones de los elementos de los herrajes:

- Horquilla de bola en “V”: son las piezas que usualmente se utilizan para unir el dispositivo de fijación de la cadena en la cruceta con el primer aislador que forma la misma; en las cadenas de aisladores de suspensión se ha optado por la utilización de Grillete recto y anilla de bola, para obtener cadenas de aisladores de mayor longitud y así cumplir con mayor seguridad las distancias mínimas reglamentarias establecidas en las oscilaciones de estas cadenas.
- Rótula: se utilizan para unir el último elemento de la cadena con la grapa.
- Grapa: es el elemento que se utiliza para la sujeción del conductor a la cadena.

Al igual que con el aislador, podemos encontrar las características de estos herrajes, con todo detalle en el Anexo 4.

6.1.4.5 Armados.

Una vez calculadas las distancias de seguridad que deben existir entre fases, y conductores y apoyos debemos de elegir los armados correspondientes en cada apoyo, con las dimensiones normalizadas, para cumplir con las distancias de seguridad.

Respecto a las características físicas de los mismos hay que decir que serán de un material homogéneo al del apoyo; por lo que serán de metal galvanizado en caliente, conformes a la norma UNE 37.501 y Recomendación UNESA RU 6.618 para evitar las corrosiones.

Entre los distintos armados se distinguen normalmente:

- Tipo 0.
- Tipo 1.
- Tresbolillo.
- Bóveda.
- Doble circuito.

En esta línea se ha optado por el tipo “Doble Circuito”. Debido a que la Intensidad total no la tolera el conductor máximo a emplear, por lo que adoptamos doble circuito y así dividir la Intensidad total entre los dos conductores.

Para ver con más detalle la forma que adoptarán estos armados en los apoyos se hace necesario referirse al plano nº 6.

A continuación se expondrá un cuadro resumen donde se refleja el tipo de armado de cada apoyo, con el tipo de cadenas de aisladores distancias entre conductores (D), y la distancia de los conductores al eje de los apoyos (e) en armados al tresbolillo.

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Armado	D (m)	e(m)
1	Principio de Línea	Doble circuito	1,25	1,100
2	Ángulo	Doble circuito	1,25	1,100
3	Fin de línea	Doble circuito	1,25	1,100

Tabla 10: Distancia entre conductores y entre estos y los apoyos en armado tresbolillo.

6.1.4.6 Apoyos.

En este apartado pasamos a describir los apoyos utilizados para realizar el tendido eléctrico de la línea a proyectar.

Estos apoyos serán de material metálico protegidos contra la corrosión por medio de una galvanización en caliente adecuada de acuerdo con la norma UNE 37.501 y la recomendación UNESA 6.618.

La elección de este material para los apoyos ha sido por las ventajas que presentan estos ante los apoyos de hormigón armado, que debido a su mayor peso, hacen más compleja su manipulación en lugares donde no se tenga un fácil acceso, como es nuestro caso.

Los apoyos serán fijados al terreno mediante una cimentación de hormigón armado en masa, de dimensiones adecuadas en función de los esfuerzos actuantes y de las características resistente del terreno; una vez excavado el hoyo correspondiente, se echa una solera de hormigón de 25 cm. de espesor, encima del cual se coloca el apoyo, procediéndose el hormigonado, una vez comprobada la verticalidad del apoyo, sobresaliendo unos 20 cm. por encima del nivel del terreno, para una mejor protección del apoyo.

La composición del hormigón por m³, será la siguiente:

- 150 Kg. de cemento Pórtland P-250.
- 0,160 m³ de agua.
- 0,860 m³ de grava de 1 a 5 cm.
- 0,430 m³ de arena.

El amasado del hormigón se realizará con hormigonera o sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Dentro de estos postes metálicos, debemos hacer una distinción del tipo de porte que vamos a utilizar en esta línea y que es como sigue:

- **Apoyos metálicos de celosía:**

Estos están compuestos por 4 montantes de perfil de angular, arriostrados por celosía de angular soldada interiormente al apoyo, de forma troncopiramidal y de sección cuadrada; se utilizan para apoyos de mayor esfuerzo, considerando en su utilización la hipótesis de rotura de conductores, y con ello los momentos de torsión que se producen. Este tipo de apoyos son los utilizados en toda la línea aérea para los siguientes apoyos: de alineación, de anclaje, ángulo y fin de línea.

Estos apoyos se pueden presentar descompuestos en más de un cuerpo dependiendo de la altura que adopten los mismo, lo que simplifica la operación de acarreamiento e izado de los mismos.

A continuación comenzamos por la descripción del tipo de catálogo que se ha elegido para la elección de los apoyos; este corresponde al fabricante POSTEMEL S.A., y más concretamente hace referencia a postes metálicos para líneas eléctricas aérea de alta tensión.

Este catálogo nos ofrece tablas de interés, tales como:

- Medidas de cimentaciones en distintos tipos de terrenos, obtenidas según fórmulas de Sulzberger.
- Dimensiones y esfuerzos –estos serán útiles, es decir, que ya se les ha deducido el viento sobre el apoyo-.
- Tipos de crucetas y medidas normalizadas.

A continuación mostraremos unas tablas resumen, donde se especifican los siguientes datos:

CÁLCULO DE APOYOS.

En esta memoria expondremos los resultados obtenidos en la memoria de cálculo para la obtención de los apoyos. A continuación pasaremos a poner los datos obtenidos en la memoria de cálculo en la cual se encuentran muy desarrollados.

- **Apoyo n°1: (Fin de línea)**
 - **Esfuerzo del viento.** (Pertenciente a la 1ª hipótesis)
 - Sobre los conductores:

$$f_v = f_{v1} + f_{v2} = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000}$$

Sobre el apoyo lo calcularemos después, ya que nos hace falta tener elegido el apoyo, para calcular este punto.

- **Desequilibrio de tracciones .** (Pertenciente a la 1ª hipótesis)

$$T_m = 1.600 \text{ Kg.}$$

Considerando está tensión máxima, inferior a la tensión máxima teórica pero que a efectos prácticos siempre se puede disminuir está, siempre que la flecha te permita, y como observaremos en los anteriores cálculos está desarrollada.

$$f_d = n \cdot T_m \cdot 100 / 100 = 6 \cdot 1.600 = \mathbf{9.600 \text{ Kg.}}$$

El esfuerzo resultante del viento y del desequilibrio de tracciones al ser estas 2 fuerzas perpendiculares se obtuvo realizando Pitágoras.

$$f_r = \sqrt{f_v^2 + f_d^2}$$

Por lo que nos resultara:

$$f_r = \mathbf{9.636,96 \text{ Kg}}$$

Y el esfuerzo resultante considerando el ángulo que hay entre la línea y la dirección de la fuerza resultante será:

$$fr' = fr \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha) = 10441,73 \text{ Kg.}$$

- **Rotura de conductores.** (Pertenciente a la 4ª hipótesis)

Según el artículo 4.2.4 del ITC-LAT08

$$frc = 1.600 \text{ Kg.}$$

A continuación mostramos un cuadro resumen expuesto también en la memoria de cálculo que nos sirve como punto de reflexión para la elección del apoyo.

<i>APOYO N°1</i>	<i>Esfuerzos en punta (Kg)</i>	<i>Esfuerzos resultantes (Kg)</i>
1ª HIPÓTESIS	$f_v = 843,91$	9.636,96
	$f_d = 9.600$	
4ª HIPÓTESIS	$frc = 1.600$	1.600

Tabla 11: Resumen de las fuerzas que actúan sobre el apoyo.

El apoyo elegido es el siguiente, este apoyo es elegido por el esfuerzo en punta y la altura libre mínima calculada anteriormente que debe tener el apoyo. Las características de nuestro apoyo se describen a continuación:

Designación: C- 11.500-13,82-P- Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.13	400	0,262	11.500	9.135
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8\text{Kg} / \text{cm}^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,8		9,58		

Tabla 12: Características del apoyo principio de línea.

Esfuerzos sobre el apoyo.

$$\mathbf{Fr'} = Fr \cdot (\cos \alpha' + \sen \alpha') = \mathbf{10.492,34 \text{ Kg.}}$$

- Comprobación de las cimentaciones.

Calculamos el momento de fallo al vuelco, y el momento máximo M, que vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable.

$$M = 118.370,85 \text{ Kg m.}$$

$$M_f = 185.370,85 \text{ Kg m.}$$

Comprobamos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido

$$M_f / M = 1,85 > 1,65$$

- Cargas permanentes.

- Peso conductores.

$$P_c = n \cdot Ag \cdot S \cdot \gamma = 642,24 \text{ Kg}$$

- Peso de cadena de aisladores de amarre.

$$P_{TA} = 98,04 \text{ Kg.}$$

- Peso de un operario.

$$P_O = 100 \text{ Kg. (aproximadamente).}$$

- Peso de apoyo y armado.

$$P_{ARMADO} = 110 \text{ Kg.} \quad P_{APOYO} = 950 \text{ Kg.}$$

- Peso adicional.

En este primer apoyo se incluirá un interruptor seccionador que supondrá un peso adicional de 100Kg (aprox).

- Peso total.

$$P_{CP} = P_C + P_{TA} + P_o + P_{armado} + P_{apoyo} + P_{ad} = 2.000,38\text{Kg.}$$

Apoyo n°2 (En ángulo)

- **Esfuerzo del viento.** (Pertenece a la 1ª hipótesis)

- Sobre los conductores:

$$f_v = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000} \cdot \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right)$$

- **Resultante de ángulo.** (Pertenece a la 2ª hipótesis)

Este valor es la resultante provocada por las tensiones a los dos lados del apoyo, que suponemos iguales:

$$Fr = 2 \cdot n \cdot T \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$$

Por lo que:

$$Fr = 9.000 \text{ Kg.}$$

- **Desequilibrio de tracciones.** (Pertenece a la 3ª hipótesis)

$$T_m = 1.600 \text{ Kg.}$$

Considerando esta tensión máxima, inferior a la tensión máxima teórica pero que a efectos prácticos siempre se puede disminuir esta, siempre que la flecha te permita, y como observaremos en los anteriores cálculos está desarrollada.

$$fd = n \cdot T_m \cdot 50 / 100 = 6 \cdot 1.600 = 4.800 \text{ Kg.}$$

Dado que los apoyos vienen definidos normalmente por su resistencia en dos direcciones perpendiculares, habrá que determinar el esfuerzo equivalente en la dirección de la perpendicular a la bisectriz:

$$Fd = fd \left(\cos \frac{180 - \alpha}{2} + \operatorname{sen} \frac{180 - \alpha}{2} \right)$$

Sustituyendo los valores de las variables, obtenemos un esfuerzo equivalente de:

$$Fd = 6.556,92 \text{ Kg.}$$

APOYO N°2	Esfuerzos en punta (Kg)	Esfuerzos resultantes (Kg)
1ª HIPÓTESIS	fv = 1633,11	9.146,96
	Fr = 9.000	
3ª HIPÓTESIS	Fd = 6556,92	6556,92

Tabla 13: Resumen de las fuerzas que actúan sobre el apoyo.

El apoyo elegido es el siguiente, este apoyo es elegido por el esfuerzo en punta y la altura libre mínima calculada anteriormente que debe tener el apoyo. Las características de nuestro apoyo se describen a continuación:

Designación: C - 9.500-13,82 – G - Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.100	450	0,277	11.500	9.300
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8\text{Kg} / \text{cm}^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,65		9,07		

Tabla 14: Características del apoyo principio de línea.

- **Comprobación de las cimentaciones.**

Calculamos el momento de fallo al vuelco, y el momento máximo M , que vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable.

$$M = 102.628,09 \text{Kg m.}$$

$$M_f = 174.512,09 \text{ Kg}$$

Comprobamos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido

$$M_f / M = 1,70 > 1,65$$

- Cargas permanentes.

- Peso conductores.

$$P_c = n \cdot Ag \cdot S \cdot \gamma = 174.512,09 \text{ Kg}$$

- Peso de cadena de aisladores de amarre.

$$P_{TA} = 98,04 \text{Kg.}$$

- Peso de un operario.

$$P_O = 100 \text{Kg. (aproximadamente).}$$

- Peso de apoyo y armado.

$$P_{ARMADO} = 110 \text{ Kg.} \quad P_{APOYO} = 950 \text{ Kg.}$$

- Peso adicional.

En este primer apoyo se incluirá un interruptor seccionador que supondrá un peso adicional de 100Kg (aprox).

- Peso total.

$$P_{CP} = P_C + P_{TA} + P_o + P_{armado} + P_{apoyo} + P_{ad} = 2.601,76 \text{ Kg.}$$

Apoyo n°3 (Fin de línea)

- **Esfuerzo del viento.** (Pertenece a la 1ª hipótesis)

- Sobre los conductores:

$$f_v = f_{v1} + f_{v2} = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000}$$

Sobre el apoyo lo calcularemos después, ya que nos hace falta tener elegido el apoyo, para calcular este punto.

- **Desequilibrio de tracciones.** (Pertenece a la 2ª hipótesis)

$$T_m = 1.600 \text{ Kg.}$$

Considerando esta tensión máxima, inferior a la tensión máxima teórica pero que a efectos prácticos siempre se puede disminuir está, siempre que la flecha te permita, y como observaremos en los anteriores cálculos está desarrollada.

$$f_d = n \cdot T_m \cdot 100 / 100 = 6 \cdot 1.600 = \mathbf{9.600 \text{ Kg.}}$$

El esfuerzo resultante del viento y del desequilibrio de tracciones al ser estas 2 fuerzas perpendiculares se obtuvo realizando Pitágoras.

$$f_r = \sqrt{f_v^2 + f_d^2}$$

Por lo que nos resultara:

$$f_r = \mathbf{9.632,44 \text{ Kg}}$$

Y el esfuerzo resultante considerando el ángulo que hay entre la línea y la dirección de la fuerza resultante será:

$$fr' = fr \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha) = 10389,31 \text{ Kg.}$$

- **Rotura de conductores.** (perteneciente a la 4ª hipótesis)

Según el artículo 4.2.4 del ITC-LAT08

$$frc = 1.600 \text{ Kg.}$$

A continuación mostramos un cuadro resumen expuesto también en la memoria de cálculo que nos sirve como punto de reflexión para la elección del apoyo.

APOYO N°3	Esfuerzos en punta (Kg)	Esfuerzos resultantes (Kg)
1ª HIPÓTESIS	$f_v = 789,91$	10389,31
	$f_d = 9.600$	
4ª HIPÓTESIS	$frc = 1.600$	1.600

Tabla 15: Resumen de las fuerzas que actúan sobre el apoyo.

El apoyo elegido es el siguiente, este apoyo es elegido por el esfuerzo en punta y la altura libre mínima calculada anteriormente que debe tener el apoyo. Las características de nuestro apoyo se describen a continuación:

Designación: C- 11.500-13,82-P- Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.13	400	0,262	11.500	9.135
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8\text{Kg} / \text{cm}^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,8		9,58		

Tabla 16: Características del apoyo principio de línea.

Esfuerzos sobre el apoyo.

$$\mathbf{Fr'} = Fr \cdot (\cos \alpha' + \sen \alpha') = \mathbf{10.39,89 Kg.}$$

- Comprobación de las cimentaciones.

Calculamos el momento de fallo al vuelco, y el momento máximo M, que vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable.

$$M = 118.370,85 \text{ Kg m.}$$

$$M_f = 185.3987,85 \text{ Kg}$$

Comprobamos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido.

$$M_f / M = 1,81 > 1,65$$

- Cargas permanentes.

- Peso conductores.

$$P_c = n \cdot Ag \cdot S \cdot \gamma = 599,87 \text{ Kg}$$

- Peso De Cadena De Aisladores De Amarre.

$$P_{TA} = 98,04 \text{ Kg.}$$

- Peso de un operario.

$$P_O = 100 \text{ Kg. (aproximadamente).}$$

- Peso de apoyo y armado.

$$P_{ARMADO} = 110 \text{ Kg.} \quad P_{APOYO} = 950 \text{ Kg.}$$

- Peso adicional.

En este primer apoyo se incluirá un interruptor seccionador que supondrá un peso adicional de 100Kg (aprox).

- Peso total.

$$P_{CP} = P_C + P_{TA} + P_o + P_{armado} + P_{apoyo} + P_{ad} = 1.957,91\text{Kg.}$$

6.1.4.7 Aparamenta de maniobra y protección.

Criterios de elección de aparamenta de maniobra.

Para la elección de esta aparamenta tendremos que cumplir las prescripciones descritas el artículo 8 de la ITC-LAT 08, referentes a las líneas eléctricas derivadas y su seccionamiento, así como las normas más restrictivas dispuestas por las normas técnicas de la empresa suministradora de energía, la primera norma a cumplir es la disposición de un elemento de seccionamiento al principio de la línea derivada que nos permita aislar esta línea de la subestación a que abastece; debido a que la potencia instalada al final de la línea es mayor de 500 KVA, nos vemos obligados a instalar como centro de seccionamiento un interruptor-seccionador sobre el primer apoyo que permita el seccionamiento de la línea tanto en vacío como en carga, con un poder de apertura y cierre de hasta 400 A, según norma UNE 20.104.

El artículo 8.2.1 de la ITC-LAT 08 nos obliga a cumplir lo siguiente:

Con carácter general, se establecen las siguientes pautas además de las indicadas en las instrucciones aplicables del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

- a) las características nominales de la aparamenta serán adecuadas a las de la red en que esté prevista su instalación. Sus contactos estarán dimensionados para una intensidad mínima de pasa de 200 A.
- b) La aparamenta previa para la instalación en exterior se dispondrá de modo que las partes que en servicio se encuentren bajo tensión y no estén protegidas contra contactos accidentales se sitúen a una altura sobre el suelo superior a 5 metros, de modo que sea inaccesibles para personas ajenas al servicio
- c) Su seccionamiento estará concebido de modo que pueda bloquearse en una o ambas posiciones o bien de forma que requiera la utilización de herramientas especiales y, por tanto, su cierre no sea normalmente factible a personas ajenas al servicio. En su montaje se evitará que se produzca el cierre por gravedad.

- d) Se admitirá un único dispositivo de corte para la maniobra de la alimentación común de varios transformadores cuando la suma de las potencias nominales de los mismos no sea superior a 400 kVA.
- e) En los casos en que la línea puede tener alimentación por sus dos extremos se instalarán dispositivos de corte a ambos lados de la misma.
- f) En aquellos casos en que el abonado o solicitante de la derivación posea Fuentes propias de producción de energía eléctrica, serán de aplicación las prescripciones al respecto según la legislación vigente en la materia.

TENSION MAS ELEVADA PA EL MATERIAL (Um)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta		kV eficaces
	Lista 1	Lista 2	
3,6	20	75	10
7,2	40	95	20
12	40	95	28
17,5	60	125	38
24	60	145	50
36	75	170	70

Tabla 17: Tensiones de ensayo.

Además de la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial, se dan dos valores de la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo para cada valor de la tensión más elevada para el material. Estos dos valores se especifican en las lista 1 y 2. No se utilizarán valores intermedios. Los ensayos se especifican con el fin de verificar la capacidad del aislamiento, y en particular la de los devanados para soportar las sobretensiones de origen atmosférico y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado, especialmente las debidas a recabados entre contactos de los aparatos de maniobra.

Bajo condiciones especiales de utilización pueden emplearse para un determinado aparato tensiones de ensayo reducidas tanto en frecuencia industrial como a impulso, o incluso suprimir los ensayos a impulso pero, en este caso, debe demostrarse mediante ensayos o por una combinación de ensayos y cálculos que se cumplen las condiciones necesarias de aislamiento para las solicitaciones más importantes que ocurrirán en servicio.

La elección entre la lista 1 y la lista 2, deberá hacerse considerando el grado de exposición a las sobretensiones de rayo y de maniobra, las características de puesta a tierra de la red y, cuando exista, el tipo de dispositivo de protección contra las sobretensiones.

En nuestro caso se utilizará el material correspondiente a la lista 2, porque es el que nos obliga a utilizar la compañía suministradora de energía para obtener un alto grado de seguridad.

Por lo que a la hora de elegir los aparatos de maniobra (así como los de protección), tendrán que cumplir las siguientes tensiones de ensayo:

- Tensión nominal soportada a impulsos tipo rayo, de cresta = 145 kV.
- Tensión nominal soportada de corta duración, a frecuencia industrial, eficaces = 50 kV.
- Tensión nominal de la red, en valor eficaz = 20 kV.
- Tensión máxima, en valor eficaz = 24 kV.
- Distancia mínima entre fases, y entre fase-tierra, 27cm.
- Intensidad Línea₁ = 276,64A
- Intensidad Línea₂ = 207,48A

TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (Kv Cresta)	DISTANCIA MÍNIMA FASE- TIERRA EN EL AIRE (cm)	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FASES EN EL AIRE (cm)
20	6	6
40	6	6
60	9	9
75	12	12
95	16	16
125	22	22
145	27	27
170	32	32
250	48	48
325	63	63
450	90	90
550	110	110
650	130	130
750	150	150

Tabla 18. Tensión nominal a impulsos.

Elección del interruptor-seccionador y características técnicas.

- Denominación: **IA-104 LA / 24 kV / 1250 A.**
- Fabricante: IBÉRICA DE APARELLAJES, S.L.
- Descripción general del aparato: se trata de un interruptor – seccionador trifásico de exterior, accionamiento por pértiga y cuyas características son acordes con las normas UNE 20.104, NF-C 64- 140, ANSI C37.63-1984 y recomendación CEI 265.
- Chasis en acero galvanizado en caliente con tres elementos unipolares ensamblados para facilitar el transporte en caso de así pedirlo el cliente.
- Otras características técnicas y eléctricas:
 - Maniobra de apertura y cierre brusco.
 - Peso aproximado..... 100 Kg.
 - Tensión nominal asignada..... 24 KV.
 - Corriente nominal..... 1.250 A.
 - Niveles de aislamiento (Para una tensión de 24 KV, e impulsos tipo rayo):
 - En la relación con tierra y entre polos..... 125 KV.
 - A la distancia de seccionamiento..... 145 KV.
 - Niveles de aislamiento (Para una tensión de 24 KV, y a frecuencia industrial):
 - En la relación con tierra y entre polos..... 70 KV.
 - A la distancia de seccionamiento..... 80KV.

- Corrientes de corta duración admisibles:

Valor eficaz, para 1 segundo..... 25 KA.

Valor máximo de cresta..... 62,5 KA.

- Generalidades:

- Permite montaje tanto en posición horizontal, como vertical.
- Contactos de ruptura: El sistema es fiable, con un dispositivo auxiliar para evitar la erosión de los contactos principales por los arcos.
- Sistema de doble cuchillas, que permite un buen comportamiento a las corrientes de cortocircuito.
- Aisladores: De porcelana con armaduras metálicas externas.
- Sistema de extinción del arco basado en un resorte especial y en una antena de aleación de aluminio de alta resistencia y flexibilidad.
- Mecanismo de frenado del conjunto resorte-antena con el fin de evitar el recebado del arco después de la apertura.
- Visibilidad perfecta de la posición “abierto”.

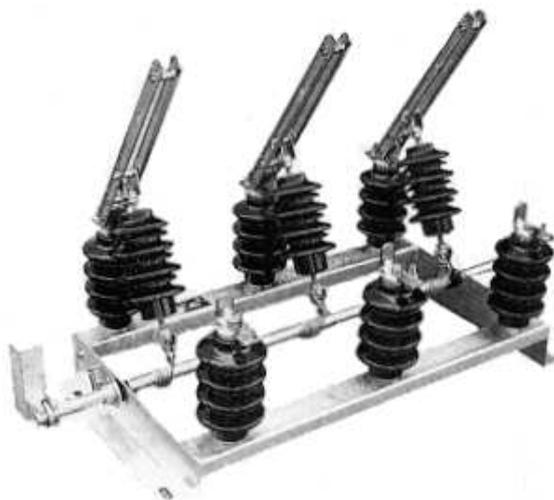


Figura 6: Interruptor-seccionador IA-104

Todos estos datos técnicos y eléctricos han sido extraídos de las tablas facilitadas por el propio fabricante; en el Anexo 9, se puede ver una representación de este aparato.

Colocación y accionamiento del interruptor-seccionador.

La situación de este interruptor-seccionador queda emplazada al primer apoyo de nuestra línea derivada, para que se pueda realizar un adecuado seccionamiento en el arranque de esta.

Este interruptor-seccionador, se colocará en posición vertical, y a una altura de forma que quede por debajo de la cruceta más baja, de las tres que componen el armado al Doble Circuito; y por encima de los 5 metros reglamentarios que exige la ITC-LAT 08, en su artículo 8.2.1, y que citamos al principio de este apartado.

La instalación se realizará de forma sencilla mediante el herraje que se adjunta con el aparato, y que constará de un bastidor de perfiles de acero indeformable galvanizado en caliente por inmersión; para posteriormente anclarlo al apoyo. En su instalación se cuidará que la palanca de accionamiento no pueda ser accionada por gravedad.

La conexión de la línea se realiza por medio de cables de aluminio sobre los terminales del aparato interruptor seccionador.

El accionamiento será manual, mediante la palanca de la que dispone la estructura, la cual se manipulará mediante una pértiga.

Disposición de un seccionador.

Como caso excepcional en la línea, puesto que no es de obligado cumplimiento, ni recomendación de la compañía suministradora, dispondremos de 3 seccionadores unipolares en el apoyo final de línea, con el objetivo de independizar la línea subterránea que une la línea aérea con los centros de transformación; la justificación de esta independencia entre tramos es debida, a la posibilidad de que se abastezcan otras líneas subterráneas o aéreas de este apoyo final de línea, y ante algún imprevisto en la línea que proyectamos afectaría a las futuras conexiones.

Para realizar este seccionamiento no será necesario un interruptor, puesto que ya disponemos de uno al principio de la línea, y el que nos ocupa será utilizado sin carga ante la aparición de averías.

Para la elección de este seccionador nos basamos en los datos obtenidos en la memoria de cálculo de este proyecto, donde tenemos una tensión de 20 kV y una Intensidad máxima por línea de 276,64A.

Elección del seccionador y características técnicas.

- Denominación: **IA SEGAL BCPT.**
- Fabricante: **IBERICA DE APARELLAJES, S.L.**
- Descripción general del aparato: se trata de 3 seccionadores unipolares de exterior, cuyas características son acordes con las normas UNE 20.100, R.U. 6.401 A, y CEI – 119.
- Otras características técnicas y eléctricas:
 - Peso aproximado..... 84 Kg.
 - Tensión nominal asignada..... 24 KV.
 - Corriente nominal..... 800 A.

Niveles de aislamiento (Para una tensión de 20 KV, e impulsos tipo rayo):

En la relación con tierra y entre polos..... 125 KV.

A la distancia de seccionamiento..... 145 KV.

Niveles de aislamiento (Para una tensión de 24 KV, y a frecuencia industrial):

En la relación con tierra y entre polos..... 50 KV.

A la distancia de seccionamiento..... 60 KV.

Corrientes de corta duración admisibles:

Valor eficaz, para 1 segundo..... 31,5 KA.

Valor máximo de cresta..... 80 KA.

Su posición de montaje es horizontal.

- Cuchillas de seccionamiento de cobre.

- Chasis de perfil de acero en forma de U, laminado en caliente y protegido mediante galvanizado en caliente, según R.U.6.618 A.
- Bornes fabricados con aleación de cobre y su original diseño permite obtener una sola pieza todos los elementos de contacto, enclavamientos y los explosores

Aisladores del tipo C4 - 125 conforme a la R.U. 6.401.

Para ver el tipo de seccionador utilizado así como sus dimensiones es necesario hacer referencia al Anexo de este proyecto.

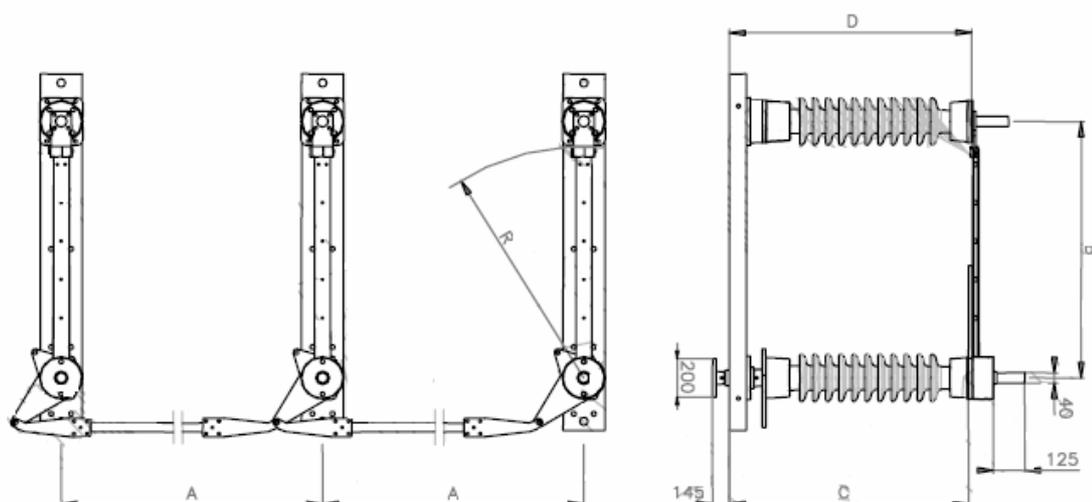


Figura 7: Seccionador IA SEGAL BCPT.

Colocación y accionamiento del seccionador.

Como se dijo con anterioridad, este seccionador está emplazado en el último apoyo de la línea aérea; el armado que dispone dicho apoyo es del tipo “Doble circuito”, por lo que el seccionador irá dispuesto en posición vertical sobre el apoyo. Con esto queda cumplida una de las prescripciones del citado artículo 8.2.1 de la ITC-LAT 08, referente a la altura mínima de la instalación de estos aparatos, que recordamos era de 5 metros.

Tendremos que instalar un total de seis seccionadores, igual al número de conductores, irán instalados tres en cada lado del apoyo, de donde partirán los dos circuitos trifásicos de línea subterránea.

El accionamiento al igual que el interruptor anterior será accionado manualmente mediante pértiga, cuidando que no pueda ser accionado por gravedad.

Criterios de elección de aparamenta de protección.

Para la elección de esta aparamenta tendremos que cumplir las prescripciones descritas por el ITC-LAT 08, en su artículo 8.2.1, acerca de las protecciones de la línea, y donde nos obliga a disponer de protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones, necesarias de acuerdo con la instalación receptora, en las líneas derivadas como la nuestra.

Queda determinado por la empresa suministradora, el valor de la potencia de cortocircuito para la línea derivada, que nos aporta la intensidad de cortocircuito que tendremos en dicho punto y para el cual diseñaremos las protecciones; este valor de corriente de cortocircuito prevista es de 14,433 KA, calculado con posterioridad en los cálculos eléctricos.

Consecuentemente, para proteger nuestra línea, la compañía suministradora impone la utilización de cortacircuitos fusibles limitadores (los cuales por la rapidez de su intervención ante corrientes de cortocircuito, impiden que estas lleguen hasta su valor máximo de cresta, al que llegarían ante la ausencia de los mismos) cuyas características específicas según UNE 21.120 para las tensiones nominales iguales a las indicadas para elementos de seccionamiento, debiendo soportar las bases una intensidad nominal de 400 A.

Por lo que en el apoyo de seccionamiento (nº1), habrá de instalarse el interruptor-seccionador y en el 2º y 3º apoyo la de protección de cortacircuitos fusibles de expulsión de alto poder de ruptura, que tengan un poder de corte de 20 KA.

Elección de los cortacircuitos fusibles limitadores y características técnicas.

Siguiendo los criterios expuestos, nos basaremos en un catálogo de aparellaje eléctrico de IBERICA DE APARELLAJES, sobre fusibles limitadores, en el cual encontramos fusibles con un alto poder de corte de 20 KA, y que siguen las normas UNE exigidas por la compañía suministradora; además nos aportan las curvas necesarias para la elección la intensidad nominal de los fusibles.

Como se calculó con anterioridad en el cálculo eléctrico de la línea, la intensidad máxima prevista, en todo el tramo subterráneo, fue la del tramo 1 cuyo valor fue 276,64 A.

Como a la entrada del Centro de Transformación existen protecciones contra posibles sobrecargas en la línea, el calibre de los fusibles de principio de línea lo sobredimensionamos sobre los 276,64A, para poder establecer un adecuado escalonamiento en el disparo de las protecciones de la línea.

Siguiendo las recomendaciones del fabricante elegiremos un fusible de 400 A de corriente nominal acorde con la intensidad máxima que es capaz de soportar la línea.

Para la protección de nuestra línea, debido a la imposibilidad de encontrar solo fusibles de 300 A, utilizaremos cutout con fusibles incorporados de la marca ABB Type ICX Cutout.

Los cutouts dan protección a las líneas y a los equipos instalados en ellas, suministran protección fiable tanto en sobrecargas como en cortocircuitos. Para mayor comprensión de las características del fusible hacer referencia al Anexo 8.

El paso de corriente es a través de elementos de cobre o sus aleaciones y los contactos son plateados. Todos los cutout se suministran con ganchos que permiten el uso de pértigas de apertura en carga. Estos ganchos son resistentes y cumplen, además, la función de guía del tubo portafusibles en el momento de cierre.

Características técnicas de los fusibles.

- Denominación: **ABB Type ICX Cutout.**
- Numero de Catalogo: X2NCBNDA32.
- Fabricante : ABB
- Descripción general: son 9 (agrupados en Bloque 6 para la línea , y 3 para la línea 2 cutout) fusibles exteriores de alta tensión y alto poder de corte, limitadores de corriente y fabricados de acuerdo a las normas UNE 21.120, RU 6405, C.E.I 282-1, DIN 43.625 y NF-C 64-200.
- Los cutouts dan protección a las líneas y a los equipos instalados en ellas, tales como transformadores, condensadores, etc. Los suministran protección fiable tanto en sobrecargas como en cortocircuitos, siempre que éstos no sobrepasen la capacidad máxima de interrupción (poder de corte).
- Aspectos constructivos: El resorte del contacto superior es de acero inoxidable y está fijo a soporte superior, también de acero inoxidable, estando diseñado el conjunto de modo que el centrado y la presión de contacto está garantizando, aún en ambientes muy corrosivos. El contacto superior está realizado encobre plateado y está diseñado para mantener un firme contacto hasta que la interrupción de la falta es lograda. El gozne de giro del tubo portafusible está fundido en bronce, especialmente indicado por su resistencia a la corrosión. El portafusible puede ser fácilmente instalado, no siendo necesario efectuar movimientos difíciles. El aislador de los cutouts puede ser de porcelana o polimérico, estando indicadas las líneas de fuga en las características generales de los cutouts. En el tubo portafusibles todos los contactos, tanto superiores como inferiores, están plateados, con el fin de garantizar un buen contacto. En la parte superior del tubo se dispone de una argolla para la utilización de pértigas de maniobra.

En la parte inferior existe un eyector, accionado por muelles de acero inoxidable, el cual ayuda a interrumpir el arco en caso de sobrecargas excesivas o cortocircuitos de baja intensidad. Un resorte de acero inoxidable tensa el eyector y ayuda a extraer el elemento fusible durante el corte de corriente. El tubo portafusible está fabricado en fibra de vidrio de alta resistencia mecánica y recubierta con pintura resistente a las radiaciones ultravioleta. En su interior existe una capa de un material especial que extingue el arco.

- Características técnicas:

- Tensión nominal de servicio..... 13/24 KV.
- Corriente asignada..... 400 A.
- Corriente límite de no fusión..... 1,5 x IN.
- Corriente límite de fusión durante 1 hora..... 2,1 x IN.
- Poder de corte..... 20 KA.



Figura 7: porta fusibles ABB Type ICX Cutout.

Colocación de los fusibles.

Como sabemos en el primer apoyo se dispondrá el interruptor-seccionador; para el caso de los cortacircuitos fusibles, la compañía suministradora nos obliga a colocar estos en el segundo apoyo como medida de seguridad a la hora de manipular los mismos y evitar riesgos innecesarios.

Colocaremos seis cutout y las bases de estos irán dispuestas en posición horizontal, montados en un bastidor de perfiles de acero indeformable galvanizado en caliente por inmersión, según las normas UNE 37.501, ISO R 1461 1970 y ASTN 123, sobre las crucetas de cada fase puesto que en este apoyo existe una disposición de Doble Circuito; y como estarán en la punta del apoyo cumplirán con la altura mínima reglamentaria de 5 metros, así como también lo harán en las distancias entre fases que para esta disposición es de 1.452 mm; y para las distancias entre fase-tierra se tendrá precaución a la hora de conectar el conductor al fusible respetando los 320 mm que deben existir como mínimo entre el conductor y el armado en cada conexión.

Elección del pararrayos y características técnicas.

Nuestra aparatenta para la protección contra rayos será: Pararrayos de óxido de zinc con dispositivo de desconexión y envolvente polimérica, para 25 kV y 10 kA.

Características técnicas:

Corriente nominal de descarga 10 kA

Tensión asignada (U_r) ≥ 25 kV

Margen de protección (MP) $> 77\%$

Tensión máxima de servicio continuo (U_c) $\geq 24,4$ kV

Tensión residual ≤ 96 kV

Corriente de descarga de larga duración 250 A/2000 μ s

Línea de fuga ≥ 750 mm

Características tensión-tiempo 30 kV DUR. 1000 s

ENVOLVENTE POLIMÉRICA

Peso aproximado 4,5 kg

Esfuerzo tracción ≥ 90 dan

Esfuerzo torsión ≥ 5 dan m

Esfuerzo flexión ≥ 20 dan m

Nota: los pararrayos se suministrarán con desconectador y trencilla

De puesta a tierra de 500 mm

Usos a los que va destinado

Protección contra sobretensiones atmosféricas, en instalaciones Eléctricas de 25 kV con neutro puesto a tierra

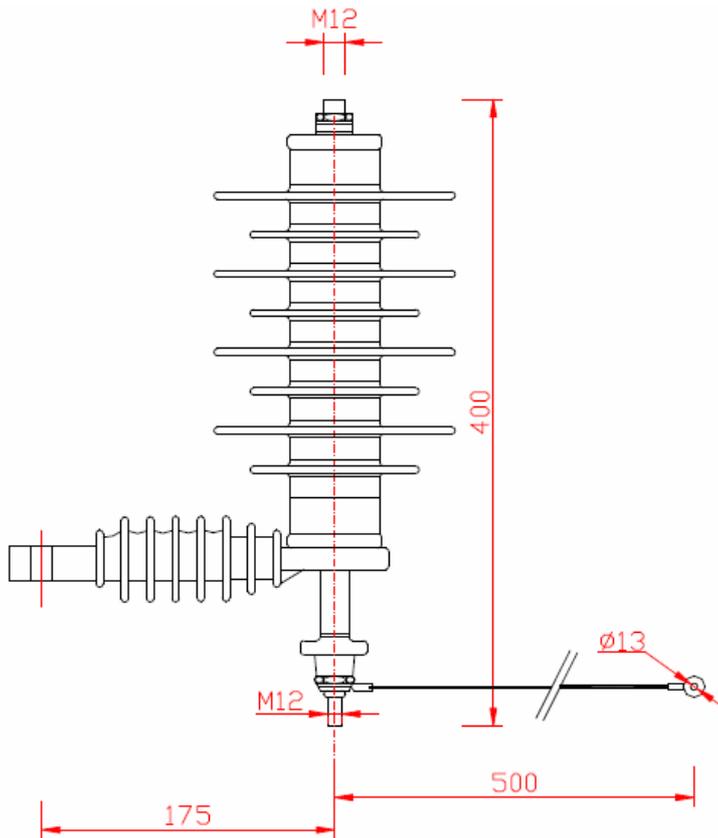


Figura 8: Pararrayos de óxido de Zinc.

Corriente nominal de descarga.....	10 kA
Corriente de descarga de larga duración.....	300 A / 2.000 ms
Tensión asignada (Ur)	30 kv eff.
Tensión máxima de servicio continuo(Uc)	25 kv eff.
Tensión residual, Onda 8/20 ms a 10 ka (Ures)	81,1 kv
Margen de protección.....	80 %
Línea de fuga	1200 mm
Sobretensión temporal (50 Hz, 1.000 s, 4/10 ms).....	31,5 kv
Nivel de aislam. (NA) Onda impulso tipo rayo (1,2/50 ms)	170 kv
Peso.....	3,1 kg

Colocación de los pararrayos.

Lo colocamos en el apoyo fin de línea, ya que como sabemos la Subestación de la compañía Suministradora dispone de dispositivos para la prevención de este tipo de sucesos meteorológicos, por lo que lo situamos en el final de nuestra línea aérea para la protección de nuestro parque eólico.

6.1.4.8 Puesta a tierra de los apoyos.

Todos los apoyos metálicos deben ponerse en conexión a tierra, como medida de precaución, para evitar tensiones peligrosas cuando una parte de la instalación se pone en contacto con la masa, asegurando así la actuación de protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone de avería en el material utilizado.

Los preceptos reglamentarios sobre estas tierras, su valor y disposición de las mismas los encontraremos en los artículos 7 de la ITC-LAT 09.

Acercas de la conexión a tierra de los apoyos, hay que destacar la buena comunicación que debe existir entre la estructura metálica y el sistema de tierras dispuesto, para ello se utilizarán conductores aislados cuya sección sea tal que pueda soportar sin un calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de la protección de la línea, estos conductores atravesarán el macizo de hormigón de las cimentaciones, a través de un tubo de hierro cuyo diámetro dependerá de la sección del conductor que alberguen.

Para conseguir adecuadas comunicaciones en las conexiones, se utilizarán piezas de empalme adecuadas u otros procedimientos como el de soldadura aluminotérmica.

Las tomas de tierra utilizadas serán de un material, diseño, dimensiones y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de manera que puedan garantizar una resistencia de difusión, mínima en cada caso y de larga permanencia.

Según el LAT, prescribe que esta resistencia de difusión no será superior de 20Ω ; y para alcanzar tales valores se tomarán las siguientes disposiciones de tierra:

- **Para los apoyos sin prescripciones especiales.**

Considerando como tales, aquellos apoyos que no poseen aparatos de maniobra, que serán los de principio y final de línea. Por lo que lo obviaremos en nuestro estudio ya que los 3 únicos apoyos con los que cuenta nuestro tramo aéreo son el de principio de línea, de ángulo y el de final de línea.

- **Para los apoyos con prescripciones especiales.**

Considerando como tales, aquellos apoyos que poseen aparatos de maniobra, que serán los de principio y final de línea. La disposición de tierras que adquirirán cada uno de estos dos apoyos es la siguiente:

- Picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, adoptando una disposición en anillo de 5 metros de lado, y cuyas cabezas estarán enterradas a una profundidad de 0,5 metros. Con esta disposición, el conductor desnudo de cobre de 50 mm^2 que constituye la formación del anillo

quedará distanciado más de 1 metro de las aristas de las cimentaciones, como prescribe el artículo 7 de la ITC-LAT 07.

Las conexiones de estos sistemas con los apoyos se realizarán mediante conductor aislado de 50 mm² de cobre, en el interior de un tubo aislante de PVC con grado de protección 7, según norma UNE20.324. Este aislamiento es necesario puesto que de lo contrario, ante una circulación de intensidad de defecto, al encontrarse al mismo potencial que el sistema formado por las picas, transmitirían unos potenciales sobre el terreno que alterarían los cálculos efectuados para este tipo de disposición.

El conductor aislado atravesará el macizo de hormigón a través de un tubo de hierro de 23 mm de diámetro interior. Para ver este y otros detalles acerca de las disposiciones de tierra utilizadas sería necesario hacer referencia al plano nº 7.

Estos apoyos se encontrarán rodeados de una acera de hormigón de 1,10 metros de ancho y 20 cm de altura como medidas de seguridad ante las posibles tensiones de contacto.

Para el apoyo principio de línea se cuidará con especial atención, la instalación del sistema de puesta a tierra, procurando que se alcance una resistividad del terreno apropiada, de 90 Ω /m, para evitar las tensiones de contacto.

Como prescribe el artículo 7 de la ITC-LAT 07, debido a la importancia que ofrece desde el punto de vista de la seguridad, toda la instalación de puesta a tierra deberá ser comprobada en el momento de su establecimiento y revisada cada 9 años.

Si la conservación de la toma de tierra fuese compleja, sería necesario describir tanto la toma de tierra, como sus conexiones en un periodo de cada 9 años.

Características de los conductores de la puesta a tierra:

- Conductor desnudo: todas sus características cumplirán con las normas UNE 21018.
- Conductor aislado: según norma UNE 21123.
 - Sección = 50 mm².
 - Espesor aislante = 1,4 mm.
 - Diámetro exterior = 13,9 mm.
 - Peso total = 0,584 Kg/m.

- Resistencia óhmica a 20 °C = 0,387 Ω/Km.

Este conductor estará aislado con etileno-propileno, con unas características excelentes ante la humedad que pueda presentar el terreno y poca absorción de agua; todas estas características serán favorables para que no influyan en la tensión de contacto que se ha calculado.

6.1.4.9 Conexión del tramo aéreo subterráneo.

Esta conexión tendrá lugar en el apoyo final de línea, y para la misma se recurrirá a la utilización de Botellas terminales unipolares para exterior. Dichas botellas terminales se utilizarán para el empalme de cada una de las seis fases de la línea aérea y sus correspondientes cables unipolares de la línea subterránea que lleva la energía hasta el Centro de Transformación, a través de los seccionadores unipolares dispuestos en este apoyo.

Se han elegido terminales rígidos para intemperie, ya que irán colocados sobre el apoyo de fin de línea, como ya se ha dicho, y sobre unos soportes cuyas características se describirán más adelante. Estos manguitos han de repeler la lluvia, evitando que la humedad pueda alcanzar a los cables.

Características técnicas de los terminales unipolares rígidos para exterior.

- Denominación: **Kit terminal unipolar PST 3M QT II /240/24.**
- Fabricante: CAHORS S.A.
- Descripción general: se trata de unas botellas terminales unipolares fabricadas según la normativa Standard C.E.I., y la norma UNE 21115; y cuyos datos técnicos han sido extraídos de tablas pertenecientes al propio fabricante, de los cuales destacamos a continuación :
 - Tensión nominal..... 12/24 KV.
 - Apto para secciones de hasta..... 400 mm².
 - Borne de conexión de compresión de Aluminio.
 - Aislamiento primario y cubierta a base de PVC.
 - Relleno con grasa de silicona.

- Pantalla de hilos de cobre de 16 mm² de sección.

Colocación de los terminales unipolares.

Los seis terminales unipolares elegidos irán colocados en un bastidor de perfiles de acero indeformable galvanizado al fuego, que cumplirá las normas UNE 37.501, ASTM 123 e ISO R 1461 1970.

Este bastidor permitirá una separación entre fases de 750 mm, con lo que se cumplirá con la distancia mínima reglamentaria entre fases que exige el LAT, y que como calculamos con anterioridad era de 233 mm; y estará colocado, a una altura aproximada de 7 metros.

Para la bajada de los cables del apoyo de fin de línea hasta el tramo subterráneo, elegimos bandejas portacables perforadas metálicas, que conducirán a los cables desde el soporte de sujeción hasta la parte superior de la pared que se construirá alrededor del apoyo, hasta la altura de 3 metros; para canalizar esta pared y el interior del macizo de hormigón que constituye la cimentación de dicho apoyo, hasta llegar a la zanja de canalización subterránea, se recurrirá a la utilización de tubos de hierro, de diámetro interior de 52 mm.

Estos cables no se tenderán libremente sobre las bandejas, sino que serán fijadas a estas, mediante abrazaderas negras de plástico que utilizarán como soporte las perforaciones que de las que dispone cada tramo de bandeja.

La instalación de las bandejas se realizará mediante soportes metálicos verticales, que se instalarán en el apoyo, a una distancia de 1 metro, mediante tornillos de cabeza hexagonal; de esta misma forma se unirán las bandejas con los soportes instalados en el apoyo, utilizando tornillos de menor tamaño.

A continuación se redactarán las denominaciones y características principales de los elementos necesarios para la bajada de los cables por este apoyo:

Bandeja portacables.

- Denominación: **MTP 80 x 200**.
- Fabricado en acero galvanizado en caliente.
- Tramos de bandejas de 2 metros.

Soporte vertical de suspensión.

- Denominación: **GALV. VS 200**.
- Fabricado en acero galvanizado en caliente.

Accesorios.

- Tornillo cabeza hexagonal, según DIN 933, modelo **EM 12 x 30**.
- Tornillo cabeza hexagonal, según DIN 933, modelo **EM 10 x 20**.
- Ambos modelos fabricados en acero bicromatado.
- Abrazaderas negras, modelo **AN 203 x 7,6**.

Tubos de hierro.

- Fabricados en acero galvanizado en caliente.

6.2 Línea Eléctrica Subterránea de Media Tensión.

6.2.1 Descripción General del Trazado de la Línea.

Una vez descrita la conexión del tramo aéreo con el subterráneo, comenzaremos a describir el trazado de este tramo subterráneo; para realizar este, lo primero es conocer los diferentes emplazamientos de los centros de transformación, para conocer que recorrido trazará este tramo.

Los centros de transformación quedarán emplazados en un punto cercano a la base de su aerogenerador correspondiente del que tiene que abastecerse, y que quedan reflejados en el plano nº 3, donde se puede observar el trazado de la línea subterránea a través del parque eólico.

La línea subterránea tiene dos tramos con una longitud total aproximada de cada tramo de 2.116 metros y 1.140 metros para la línea 1 y línea 2 correspondientemente, considerando estos tramos desde el punto de conexión en el apoyo final de línea hasta el punto de conexión con el centro de transformación de último aerogenerador de cada línea.

Cada línea estará compuesta de 3 cables unipolares (cuyas características se enunciarán más adelante), y que por tanto constituirán una única alimentación hacia cada centro de transformación.

Se ha desestimado la conexión en anillo de los centros de transformación debido a las grandes distancias entre centros de transformación y la gran potencia a transportar, con lo que es poco viable económicamente hablando la conexión en anillo, ya que deberíamos tener una longitud considerable de tendido a una gran sección.

6.2.2 Características Generales de la Conducción Subterránea.

El trazado de la línea discurrirá siempre de forma paralela a las líneas de generación, próximo a los centros de transformación, una distancia del bordillo tal que siempre queden separadas de cualquier otra conducción un mínimo de 25 cm. Procurando que este trazado sea lo más rectilíneo posible.

Este trazado acera, evitará el tránsito rodado por encima de las conducciones así como permitirá un registro de las mismas más óptimo.

Los cables, por ser unipolares, estarán enrollados entre sí, en triángulo y encintados en el interior de dos tubos de PVC de 140 mm de diámetro, una para cada línea, alojado dentro de la zanja, a 100 cm. de profundidad. Para mayor entendimiento del conductor subterráneo hacer referencia al Anexo 6.

6.2.2.1 Zanjas.

Antes de proceder a la apertura de estas, se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado que prevemos en este proyecto; una vez comprobado el terreno se marcará la dimensión de la zanja sobre el mismo, teniendo en cuenta el radio mínimo de curvatura que hay que respetar en los cambios de dirección.

Esta zanja, destinada a canalizar el tramo subterráneo de la línea de M.T., tendrá una anchura de 80 cm. y una profundidad respecto al pavimento de 120 cm., que se realizarán mediante maquinaria como retroexcavadoras o zanjadoras.

Para que el tubo quede perfectamente asentado, se rellenará la zanja con unos 20 cm. de arena de río. Sobre esta capa, se recubrirán los tubos de PVC con hormigón de 150 Kg/m³ y un espesor de 10 cm, por encima de los mismos, tal y como se indica en plano nº 7, que protegerá mecánicamente a los tubos.

El resto de la zanja, unos 85 cm., se rellenará de tierra exenta de áridos mayores de 4 cm. (evitando la utilización de piedras de aristas vistas, así como evitar que el relleno se haga con barro). Se hará por capas sucesivas, apisonadas hasta lograr un buen compactado de las mismas, esto se realizará de forma manual en los primeros 20 cm, mientras que para

el resto se utilizarán maquinas vibro apisonadoras para evitar la aparición de socavones. Se alcanzará una densidad seca no menor del 90 % para calzadas y del 80 % para aceras, de la obtenida en el ensayo “Proctor modificado”.

Por último se dejarán unos 15 cm para la reposición o construcción del firme. A unos 50 cm. por debajo del pavimento, y no a menos de 30 cm de la parte superior del tubo, se colocará una cinta de señalización que avise de la existencia de la línea eléctrica. Esta cinta será de polietileno y de color amarillo, de 15 cm. de ancho y 0,1 cm. de espesor, siguiendo la recomendación UNESA 0205 A, y cuya representación es la siguiente:

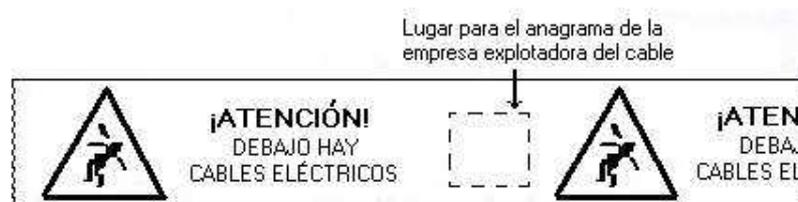


Figura 9. Aviso línea eléctrica

Esta cinta tendrá una resistencia mecánica mínima a la tracción de 100 Kg/cm² en sección longitudinal, y de 80 Kg/cm² para secciones transversales.

En el plano nº 8, podemos ver un detalle de zanja, donde se representa el tubo de conducción, con sus cables en el interior, y la mencionada cinta señalizadora.

Después de colocados los cables sobre el tubo, se obstruirá el paso formando un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen al cable.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en capas horizontales a distinto nivel, y distinta conducción; adoptando ambas conducciones una separación mínima de 25 cm, siendo la conducción más profunda la de alta tensión.

Con respecto a los paralelismos y a los cruzamientos con canalizaciones destinadas al agua o al gas, se guardará una separación mínima de 20 cm. Esta misma separación será necesaria si los cruzamientos se producen con cables de telecomunicación.

Cuando deban atravesar calzadas, muros o cimentaciones se colocarán tubos de PVC de un espesor mínimo de pared de 4.3 milímetros (10 atmósferas) y un diámetro de 140 milímetros embebido en hormigón. En todos estos casos, como medida de prevención, se dejará un tubo de reserva.

6.2.2.2 Arquetas

Como consecuencia de realizar esta canalización mediante tubos, dispondremos de arquetas en el trazado de dicha conducción, en todos los cambios de dirección del trazado, así como en las alineaciones y en todas las entradas a los centros de transformación; la distancia entre arquetas será de 40 metros según recomienda la compañía suministradora, promediando siempre esta distancia, es decir la separación entre arquetas sea equidistante.

La disposición de dichas arquetas queda bien representada en el trazado de la línea subterránea, dentro del plano nº 3.

Durante el trazado se utilizara dos tipos de arquetas: Tipo A1 y Tipo A2, según recomendaciones de la compañía suministradora.

1) **Tipo A-1**, se utilizarán para el registro de tendido en alineaciones. Sus características más destacadas serán:

- Realizados con moldes prefabricados de hormigón en masa de 250 Kg., equipados con sus orificios de entrada y salida.
- De forma troncopiramidal, con bases rectangulares.
- Su fondo estará relleno de un lecho absorbente.

Marcos de arquetas tipo A-1.

- Estarán fabricados con material de fundición con grafito esferoidal tipo FGE 50-7, en perfiles angulares de dimensiones 60 x 60 x 6, conformes a las normas UNE 36.118 y EN 124; y sus dimensiones serán 733 ± 2 mm x 633 ± 2 mm.
- Resistencia a la tracción..... 500 N/mm².
- Límite de elasticidad..... 320 N/mm².
- Alargamiento mínimo..... 7 %.

- Se presentarán con un revestimiento superficial de protección a base de pintura hidrodiluable con una resistencia en cámara de niebla salina de al menos 250 horas.
- Y estarán provistos de dos tipos de garras, unas que sirven de apoyo sobre el molde de la arqueta, y otras que permitirán la fijación del marco a la obra.

Tapas de arquetas para marco tipo A-1.

- Serán fabricadas con material de fundición con grafito esferoidal tipo FGE 50-7, y de dimensiones 720 ± 2 mm x 620 ± 2 mm.
- Llevarán grabadas en su superficie el anagrama de la compañía suministradora.
- Para la apertura de dichas tapas, estas carecen de asas, pero disponen de unos huecos por donde se puede introducir un asa u objeto similar, para realizar esta apertura.

Las dimensiones y detalles de este tipo de arqueta, quedan descritos en el Plano nº 8, por lo que se hace necesaria su visualización para una mayor comprensión de lo descrito.

Estos elementos estarán clasificados dentro de la clase D400, es decir con una carga de control de 400 KN.

Con respecto a la profundidad de encastramiento de las tapas de fundición, esta será de 54 ± 1 mm (Figura 9); así como la holgura de asentamiento de la tapa sobre el marco será entre 2 y 5 mm (Figura 10):

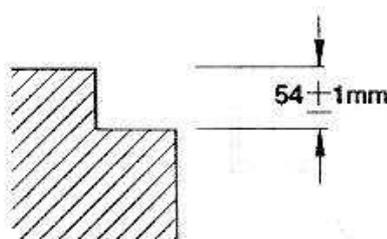


Figura 10. Encastramiento de las tapas.

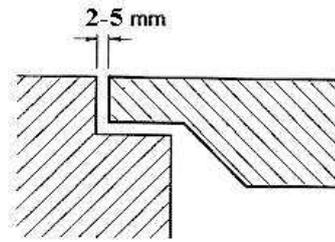


Figura 11. Holgura de asentamiento.

2) **Tipo A-2**, se utilizarán en los cambios de dirección que existan durante la canalización del tubo, así como al principio (próximo al último apoyo) y en cada entrada a los centro de transformación; construyéndose un total de 6 arquetas de este tipo. Sus características más destacadas serán:

- Realizados con moldes prefabricados de hormigón en masa de 250 Kg, equipados con sus orificios de entrada y salida.
- De forma tronco-piramidal, como en el otro tipo de arquetas, pero con bases rectangulares de mayores dimensiones.
- Su fondo estará relleno de un lecho absorbente.

Marcos de arquetas tipo A-2.

- Estarán fabricados con material de fundición con grafito esferoidal tipo FGE 50-7, en perfiles angulares de dimensiones 60 x 60 x 6, conformes a las normas UNE 36.118 y EN 124; y sus dimensiones serán 733 ± 2 mm x 1.250 ± 2 mm.
- El resto de características de estos marcos son las mismas que las del tipo A-1.

Tapas de arquetas para marco tipo A-2.

- Serán las mismas que las utilizadas en las arquetas tipo A-1, con la diferencia de que sobre el marco encastrarán dos tapas idénticas a las descritas anteriormente.

La representación de los dos tipos de arquetas las podemos ver con detalle en el plano nº 8, así como la de sus marcos en el plano nº 9.

6.2.3 Conductor Subterráneo de Media Tensión.

El conductor que se ha elegido para este tendido subterráneo será de aluminio, de secciones 240 mm² y 150 mm² y aislamiento en forma de polietileno reticulado, cuyas características físicas, mecánicas, químicas y eléctricas cumplen con la norma vigente UNE 21123 para “cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extraídos para tensiones nominales entre 1 - 30 KV “.

La sección de 240 mm² se utilizara en la Línea 1 para unir los centros de transformación 1 y 2.

La sección de 150 mm² se utilizará en toda la Línea 2, y en la Línea 1, los centros de transformación 2-3, 3-4.

Una mayor comprensión de los tramos y la sección utilizada en cada tramo se puede obtener en el Plano nº 4, Esquema unifilar de la instalación, además de la memoria de cálculo, donde justificamos la elección de la sección para cada tramo de nuestro circuito.

Las características de este conductor se han extraído de un catálogo del fabricante PIRELLI, que hace referencia a este tipo de cables de media tensión, y más concretamente al modelo VOLTALENE; a continuación se enunciarán las características de dicho conductor:

1) Aislamiento; se ha elegido el polietileno reticulado (XLPE) como aislamiento de los cables debido a las características muy notable que presenta, tanto en pérdidas de dieléctrico, resistividad térmica y rigidez dieléctrica. Además presentan una gran resistencia al envejecimiento y la posibilidad de una elevada capacidad de carga.

2) Apantallamiento; estos cables serán de campo radial unipolares presentando un apantallamiento mediante una corona de alambres de cobre, con una sección de estos de 16 mm². Estas pantallas serán puestas a tierra en los puntos accesibles a las mismas, que serán, al principio de la línea subterránea -en el último apoyo de la línea aérea-, y en la entrada al centro de transformación; entre la funciones de la puesta a tierra de estas pantallas destacamos la principal, que es la protección electrostática del conductor, aunque también evita o reduce electrocuciones.

3) Protecciones mecánicas del conductor; carecerán de armaduras metálicas, puesto que no se considera necesario, y estarán compuestas por una cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC), sobre la pantalla semiconductora; se presenta en color rojo, circunstancia que hace identificar este cable ante otros conductores próximos.

4) Naturaleza del conductor; el conductor será de cuerdas redondas compactas de Aluminio.

6.2.4 Condiciones Generales de la Ejecución del Tendido.

La primera referencia de este apartado, la vamos hacer con respecto al conductor que será objeto del tendido. Este será presentado en bobinas de madera, y para un adecuado tendido es indispensable la adecuada manipulación de estas bobinas, de forma que no crea daños indeseables al conductor que puedan ocasionar averías en la línea subterránea; para realizar una adecuada manipulación de estas bobinas, será imprescindibles sistemas adecuados de transporte, así como de elevación (evitando hacer rodar las bobinas en largos trechos), y por supuesto que permitan un adecuada salida del cable de estas bobinas.

Para el tendido, el cable se desenrollará por la parte superior de la bobina, evitando que se produzcan curvaturas demasiado pronunciadas por irregularidades en el tiro.

Se evitará el roce del cable con aristas y con el propio terreno, utilizando carretes metálicos para facilitar el recorrido y reducir el esfuerzo.

Por ningún concepto se apalancará el cable durante el tendido para forzarlo a ceñirse a las curvas del trayecto.

Para esta gama de cables, Voltalene, que se ha elegido, es aconsejable que el radio de curvatura durante la operación del tendido no sea inferior al siguiente valor, este valor ha sido calculado en el apartado 4.1.4 dentro de la memoria de cálculos:

$$R > 551,8 \text{ mm.}$$

Esto es porque un excesivo doblez del conductor, somete a este a esfuerzos de flexión que pueden provocar deformaciones permanentes del cable con formación de oquedades en los dieléctricos, y la rotura ó pérdida de la sección de las pantallas de cobre.

Los esfuerzos de tracción no deben aplicarse a los revestimientos de protección, sino a los conductores de aluminio, recomendándose que las sollicitaciones no superen los 3 Kg por mm² de sección de conductor. Con lo que este esfuerzo máximo para cada sección será de:

$$3 \text{ Kg/mm}^2 \times 240 \text{ mm}^2 = 720 \text{ mm}^2.$$

$$3 \text{ Kg/mm}^2 \times 150 \text{ mm}^2 = 450 \text{ mm}^2.$$

Asimismo, debe vigilarse con sumo cuidado el paso del cable en las curvas, donde se dispondrán rodillos, en las arquetas construidas en los cambios de dirección (tipo A-2) para que el movimiento del mismo se efectúe suavemente, e igualmente debe vigilarse en las embozaduras de las canalizaciones en donde deben colocarse protecciones adecuadas.

Otro aspecto a considerar en el tendido del cable sobre los tubos, es la fricción que crea este y que reduce los esfuerzos a aplicar al cable; como medida para disminuir esta fricción, se utilizarán rodillos en las entradas y salidas de los tubos en las arquetas intermedias del trazado, además de añadir grasa neutra en la cubierta del cable.

En caso de empalmes o terminales del cable, se utilizarán materiales adecuados del mismo modelo y fabricante del cable, Voltalene, que permita conservar las características físicas del cable. En estos empalmes es necesario mantener la continuidad de las pantallas, así como de elaborar deflectores de campo adecuados en los terminales, a fin de evitar solicitaciones eléctricas excesivas localizadas; durante el montaje de estos accesorios es de fundamental importancia eliminar la capa semiconductor aplicada sobre el aislamiento, siendo dicha operación de fácil labor para este tipo de cables fabricados en triple extrusión, y limpiar cuidadosamente a continuación la superficie del aislamiento para eliminar toda traza de material semiconductor.

La temperatura del cable (y no la del ambiente) durante la operación de tendido, en toda su longitud y durante todo el tiempo de la instalación, en que está sometido a curvaturas y enderezamientos, no debe ser inferior a 0 °C.

6.3 Características Eléctricas de la Línea de M. T.

El trazado de esta línea eléctrica de M.T. se va a llevar a cabo mediante dos tramos; uno aéreo y otro subterráneo, que serán del tipo:

- Tramo aéreo: conductor de aluminio-acero del tipo: LA-180.
- Tramo subterráneo: conductor de aluminio aislado con polietileno reticulado, de secciones 240 y 150 mm².

En el apartado de cálculos eléctricos dentro de la memoria de cálculos se detallarán las características de ambos tramos, para obtener los siguientes resultados finales para la totalidad de la línea de M.T, considerando dos tramos diferenciados, que son el primer tramo compuesto por el circuito 1 del tendido aéreo mas la línea 1 del tramo subterráneo, y segundo tramo formado por el circuito 2 del tendido aéreo y la línea 2 del tramo subterráneo:

- Resistencia eléctrica.

$$R_{T1} = 639,21 \text{ m}\Omega.$$

$$R_{T2} = 639,21 \text{ m}\Omega.$$

- Reactancia eléctrica.

$$X_1 = X_A + X_{L1} = 328 + 251,37 = 579,37 \text{ m}\Omega.$$

$$X_2 = X_A + X_{L2} = 328 + 156,937 = 484,937 \text{ m}\Omega.$$

- **Impedancia eléctrica.**

- Línea 1:

$$Z_{L1} = 639,21 + j \cdot 579,37 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{L1} = 862,7 \angle 42,18^\circ \text{ m}\Omega$$

- Línea 2:

$$Z_{L2} = 459,412 + j \cdot 484,937 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{L2} = 667,99 \angle 46,54^\circ \text{ m}\Omega$$

- **Factor de potencia.**

$$F_p = 0,85.$$

- **Intensidad máx. A circular por la línea.**

$$I_{L1} = 276,64 \text{ A.}$$

$$I_{L2} = 207,48 \text{ A.}$$

- **Densidad máx. De corriente.**

$$d_{L1} = 1,523 \text{ A / mm}^2.$$

$$d_{L2} = 1,142 \text{ A / mm}^2.$$

- **Caída de tensión.**

$$\Delta U_1 = 371,75 \text{ V.}$$

$$\Delta U_2 = 207,29 \text{ V.}$$

- **Potencia perdida por efecto joule.**

$$P_{J1} = 98.468 \text{ W.}$$

$$P_{J2} = 59.177 \text{ W.}$$

- **Potencia perdida por efecto corona.**

$$P_C = 0.$$

- **Potencia de cortocircuito.**

$$500 \text{ MVA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico en el punto de entronque).

$$I_{CC} = 14,433 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico en el punto de entronque).

$$I_m = 33,47 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 1.

$$I_{CC1} = 9,88 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 1.

$$I_{m1} = 19,6 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 2.

$$I_{CC2} = 9,54 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 2.

$$I_{m2} = 20,64 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 3.

$$I_{CC3} = 9,32 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 3.

$$I_{m3} = 20,42 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 4.

$$I_{CC4} = 9,39 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 4.

$$I_{m4} = 20,58 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 5.

$$I_{CC5} = 10,04 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 5.

$$I_{m5} = 23,56 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 6.

$$I_{CC6} = 9,46 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 6.

$$I_{m6} = 20,06 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor eficaz simétrico), en el centro de transformación 7.

$$I_{CC7} = 9,46 \text{ KA.}$$

- **Corriente de cortocircuito.** (Valor de cresta asimétrico), en el centro de transformación 7.

$$I_{m7} = 20,06 \text{ KA.}$$

7 TRANSFORMADOR M.T.

7.1 Reglamento y Disposiciones Oficiales.

Para la elaboración del estudio se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Compañía Sevillana de Electricidad.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

7.2 Justificación del Centro de Transformación.

Haciendo referencia al artículo 17, del RBT, que a continuación enunciamos, queda justificada la instalación del centro de transformación:

“Cuando se construya un local, edificio o agrupación de éstos, cuya previsión de cargas exceda de 50 KVA o cuando la demanda de potencia de un nuevo suministro sea superior a esa cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya situación en el inmueble corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, que pueda adaptarse al cumplimiento de las condiciones impuestas por el Reglamento Electrotécnico para Alta Tensión y tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar el suministro de energía previsible”.

Puesto que el parque que tratamos y sus generadores tienen una potencia mucho mayor de los 50 KVA.

7.3 Emplazamiento de los Centros de Transformación

El centro de transformación puede situarse fuera o dentro de la torre, los generadores E70 E4 de Enercon están fabricados para transformadores de potencia de exterior, nosotros desestimamos la posibilidad de ubicar los transformadores de interior ya que la puerta de acceso a la torre no tiene las medidas apropiadas para las maniobras con transformadores.

El emplazamiento de este local estará situado en un punto cercano a la base de los aerogeneradores, se situaran a una distancia menor a 15, dentro del circulo centro base de aerogeneradores y radio 15 metros, seleccionando el lugar donde el emplazamiento del edificio prefabricado sea los mas optimo, tomando como prioridad situarlos a la derecha de las bases de los aerogeneradores, mirando hacia el norte.

En el Plano nº 3 puede apreciarse una planta general de la instalación y se ve exactamente la ubicación de los centros de transformación.

7.4 Características Generales del Centro de Transformación

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, se alimentará en punta de la red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz.

- **Características celdas SM6**

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo, bajo envolvente metálica, que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Además de sus características técnicas, aportan unas respuestas a las exigencias en materia de seguridad de las personas, facilidad de la instalación y explotación.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

a) Compartimiento de aparellaje.

Donde se instalan interruptor seccionador y seccionador de puesta a tierra en el interior de un cárter de SF6 y sellado de por vida.

b) Compartimiento del juego de barras.

Barras que permiten una extensión a voluntad de los centros y una conexión con celdas existentes.

c) Compartimiento de conexión de cables.

Con accesibilidad por la parte frontal sobre los bornes inferiores de conexión del interruptor y seccionador de puesta a tierra (celda SIM16) o en los bornes de conexión de las bases portafusibles inferiores (celda SQM16).

Este compartimiento está igualmente equipado de un seccionador de puesta a tierra que pone a tierra la parte inferior de los fusibles en las celdas de protección del transformador (celda SQM16).

d) Compartimiento de mando.

Contiene los mecanismos que permiten maniobrar el interruptor y el seccionador de puesta a tierra, el indicador de posición mecánica (corte plenamente aparente) y el bloque de lámparas de presencia de tensión.

e) Compartimiento de control.

Permite la instalación de un regletero de bornas de BT y de relés de poco volumen.

El grado de protección según UNE-20324-89, de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP3X; para el resto de compartimentos es IP2X.

En lo referente a daños mecánicos, es el grado de protección es “7” (UNE-20324-89 anexo A).

La pintura utilizada en las celdas es: RAL 9002 (blanco) y RAL 9030 (negro).

En el Anexo 10 podemos encontrar las características de esta gama de celdas.

7.5 Descripción de la Instalación.

7.5.1 Obra Civil.

7.5.1.1 Descripción del Local.

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-2T1D con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 3.220 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en el siguiente apartado de esta memoria.

Alrededor del local se encontrará una acera de hormigón de 1,10 metros de anchura.

El acceso al Centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento del parque. El Centro dispondrá de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por la Compañía Eléctrica.

7.5.1.2 Características del Local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin. Y cuyas características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

- **Compacidad.**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen,
- Reducción del tiempo de instalación,
- Posibilidad de posteriores traslados.

- **Facilidad de instalación.**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- **Material.**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado.

Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

- **Equipotencialidad.**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

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

- **Impermeabilidad.**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

- **Grados de protección.**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- **Envolvente.**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

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. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables. Para la colocación de esta base debe realizarse un foso en

el terreno cuyas dimensiones serán de 4.450 mm. de longitud, 3.100 mm. de anchura y 725 mm. de profundidad, sobre cuyo fondo se dispondrá un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm. de espesor.

- **Suelos.**

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- **Cuba de recogida de aceite.**

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón.

Tendrá una capacidad de 1.000 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

- **Puertas y rejillas de ventilación.**

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

- **Mallas de protección del transformador.**

Se trata de unas rejillas metálicas que impiden el acceso a la zona del transformador desde el interior del prefabricado. Estas admiten la posibilidad de ser enclavadas mediante cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección correspondiente.

7.5.2 Instalación Eléctrica

7.5.2.1 Características de la Red de Evacuación.

La red de evacuación del centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

7.5.2.2 Características de la Aparamenta de M.T.

- **Características generales de las celdas SM6.**
 - Tensión asignada = 20 kV.
 - Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto = 50 kV ef.
 - a impulso tipo rayo = 125 kV cresta.
 - Intensidad asignada en funciones de línea = 400A.
 - Intensidad asignada en interruptor automático = 400A.
 - Intensidad asignada en ruptofusibles = 200A.
 - Intensidad nominal admisible de corta duración durante 1 sg = 16 kAef.
 - Valor de cresta de la intensidad nominal admisible = 40 kA cresta. (2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración).
 - Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
 - Puesta a tierra.
 - Embarrado.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en la memoria de cálculos.

- **Celdas de Entrada y Salida.**

Celda de línea modelo SM6, tipo SIM16, de dimensiones: 375 mm. D anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, 24 kV, 16KA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.

- Indicadores de presencia de tensión.
- Bornes para conexión de cable.
- Embarrado de puesta a tierra.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm^2 , de manera que nos permite una adecuada conexión del cable elegido para la línea subterránea, cuya sección es la indicada.

- **Celdas de Protección del Transformador.**

Celda de protección con interruptor y fusibles combinados modelo SM6, tipo SQM16 200 A, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. De profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar $I_n = 400 \text{ A}$.
- Interruptor-seccionador en SF6, 400 A, 20 kV, equipado con bobina de disparo a emisión de tensión a 220 V, 50 Hz.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura y baja disipación térmica tipo MESA CF, de 24kV, y calibre 100 A.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Señalización mecánica fusión fusible.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Preparada para conexión inferior de cable unipolar seco.
- Embarrado de puesta a tierra.

- **Transformador.**

Será una máquina trifásica elevadora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en carga de 690 V entre fases.

La potencia del transformador es de 2.500 kVA, mientras que la potencia activa de los generadores acoplados es de 2.300 kW, con un factor de potencia de uno con lo que la potencia aparente del generador será menor que la del transformador.

Esto queda justificado en lo prescrito en el libro “Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica. “de autores J.L. Rodríguez, S. Arnalte y J.C. Burgos, libro al que se hace referencia en la ejecución de este proyecto, donde en su pagina 305 dice lo que sigue: “Se ha demostrado con medidas y cálculos que una optimización técnico-económica del tamaño del transformador conduce a que su potencia nominal sea un 20 % menor que la potencia nominal del generador de la turbina eólica.

Según el estudio citado no se pierde tiempo de vida ya que los pequeños tiempo de sobrecarga quedan compensados por los grandes periodos de cargas bajas.”

En nuestro caso el transformador solo tiene una potencia de 4 % menor que la del generador, con lo que la seguridad esta garantizada.

$$\begin{aligned}S_{\text{GENERADOR}} &= 2.300 \text{ kVA} \\S_{\text{TRANSFORMADOR}} &= 2.500 \text{ kVA} \\ \text{Diferencia} &= 8 \%\end{aligned}$$

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural, marca Imefy, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir:

- Una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, puesto que no estará en contacto con el aire.
- Unas dimensiones reducidas de la máquina, al no disponer de depósito de expansión o cámara de aire, facilitando así el transporte y ubicación del transformador. Además de implicar un peso menor del conjunto.
- Un bajo grado de mantenimiento, debido a la ausencia de ciertos elementos:
 - No precisa desecador.
 - No precisa mantenimiento del aceite.
 - No precisa válvulas de sobrepresión.
 - No precisa indicadores de nivel de líquido.
- Una mayor robustez al no presentar puntos débiles de soldadura como sería la unión del depósito de expansión con la tapa.

Y llevará acoplado en la tapa de la cuba un dispositivo de protección *DGPT2* – Detección de Gas Presión Temperatura 2 contactos-, que realizará las siguientes funciones:

- Detección de emisión de gases del líquido dieléctrico debido a una descomposición provocada por el calor o arco eléctrico que se pudiera producir en el interior de la cuba.
- Detección de un descenso accidental del nivel del dieléctrico.

- Detección de un aumento excesivo de la presión que se ejerce sobre la cuba.
- Lectura de la temperatura del líquido dieléctrico (contactos de alarma y disparo regulables).
- Visualización del nivel del líquido por medio de un pequeño flotador.

Las características mecánicas y eléctricas del transformador se ajustarán a la Norma UNE 20178 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal = 2.500 kVA
- Tensión nominal primaria = 20.000 V
- Regulación en el primario = +/-2,5% +/- 5%
- Tensión nominal secundaria en vacío = 400 V
- Pérdidas en vacío = 3,1 KW
- Pérdidas en carga, a 75 °C = 20,2 KW
- Tensión de cortocircuito = 6 %
- Grupo de conexión = Dyn11
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s = 125 kV
 - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min. = 50 kV
- Potencia acústica (ruido) = 73 dB(A)

En el Anexo 11 encontramos las características técnicas de los transformadores utilizados en el parque.

Conexión en el lado de alta tensión:

Juego de puentes III de cables A.T. unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión de acuerdo con la normativa de Compañía Sevillana de Electricidad.

Conexión en el lado de baja tensión:

Juego de puentes III de cables B.T. unipolares de aislamiento seco termoestable de polietileno reticulado, aislamiento 0,6/1 kV, de 3x (2x800) mm² Cu. El neutro lo conectaremos a la puesta a tierra a través de una barra aislada de cobre.

7.5.2.3 Características Material vario M.T.

- Embarrado general de celdas SM6.

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

- Piezas de conexión de celdas SM6.

Las características técnicas del interruptor-seccionador la encontraremos en el Anexo 9.

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

7.5.2.4 Características de la Aparamenta de B.T

La salida de Baja Tensión del Centro de Transformación irá protegidas con las protecciones del generador.

El acoplamiento entre el transformador y generador se realiza mediante el interruptor de generación, fuera del objeto de este proyecto.

La unión entre el generador y el transformador se realizará mediante cables definido anteriormente y calculados en la memoria de cálculos, la conexión se efectuará en el cuadro de baja tensión situada en la base de la torre de los aerogeneradores.

7.5.3 Puesta a Tierra.

7.5.3.1 Tierra de Protección.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

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

7.5.3.2 Tierra de Servicio.

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, si los hubiere (que no es el caso).

7.5.3.3 Tierras Interiores.

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado 7.5.3.1. e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo.

Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado 7.5.3.2. e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

7.5.4 Instalaciones Secundarias

7.5.4.1 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.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

7.5.4.2 Protección Contra Incendios.

Como el mantenimiento de este local correrá a cargo de la empresa encargada de realizar el mantenimiento del parque, y esta dispondrá de personal de mantenimiento equipado en sus vehículos con el material adecuado de extinción de incendios, no es preciso, en este caso, instalar extintores en este centro de transformación.

7.5.4.3 Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejas 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.

Potencia del transformador = 2.500 (kVA)
Superficie de la reja mínima = 1,96 (m²)

Los cálculos de sección de la superficie mínima de la reja se encuentran en el capítulo de cálculos del Centro transformación.

7.5.4.4 Medidas de Seguridad.

- **Seguridad en celdas SM6.**

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE 20.099, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador 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 compartimiento 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.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en el apartado 7.2.

8 CONEXIÓN BAJA TENSIÓN

8.1 Descripción del Trazado de la Línea.

La línea de baja tensión que conecta el centro de transformación con barras del cuadro de baja tensión del aerogenerador, situado dentro de la base de la torre se efectuará de forma subterránea.

Esta línea estará compuesta de 9 cables unipolares, tres por fases (cuyas características se enunciarán más adelante), y que por tanto constituirán una única conexión hacia cada centro de transformación.

8.2 Características Conducción Subterránea.

El trazado de la línea discurrirá siempre entre el centro de transformación y la base de los aerogeneradores.

Como ya se ha descrito anteriormente, el centro de transformación no estará a una distancia mayor de 15 metros de la torre, con lo que la conducción subterránea no será mayor a dicha distancia.

Los cables, por ser unipolares, estarán enrollados entre sí, en triángulo y encintados en el interior de dos tubo de PVC de 140 mm de diámetro, una para cada fase, es decir, tendremos tres tubos y en el interior de cada tubo cuatro cables de baja tensión, alojado dentro de la zanja, a 100 cm. de profundidad.

Las definiciones de zanja, arquetas y conducción serán similares a la de la red subterránea de baja tensión, incluyendo el Plano nº 8 donde se expone la conducción en media tensión, con la particularidad de que en el caso de baja tensión tendremos tres tubos y cuatro conductores en cada tubo.

8.3 Conductor de Conexión en Baja Tensión

El conductor que se ha elegido para este tendido subterráneo será de cobre electrolítico, de sección 300 mm², y aislamiento en forma de polietileno reticulado, cuyas características físicas, mecánicas, químicas y eléctricas cumplen con la norma vigente UNE 21123 para “cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extraídos para tensiones nominales entre 0,6 / 1 KV ”.

Unas de las características importantes para la conexión entre el transformador y el aerogenerador es la flexibilidad del cable, imponiéndose una alta flexibilidad, por lo que hemos utilizado cables de flexibilidad clase 5.

Las características de este conductor se han extraído de un catálogo del fabricante PIRELLI, que hace referencia a este tipo de cables de baja tensión, y más concretamente al modelo RETENAX FLEX.

Las características de dicho conductor se describen en el Anexo 5.

La designación del conductor será la siguiente según sus características y sección del cable, según la casa Pirelli.

RETENAX FLEX IrisTech RV-K 9 x (1 x 300) mm² 0,6 / 1 Kv

MEMORIA DE CÁLCULO



INDICE

1	PRODUCCIÓN PREVISTA.....	7
1.1	Número y Potencia de los Generadores.....	7
1.2	Régimen de Vientos del Emplazamiento.....	7
1.3	Curva del Aerogenerador.....	10
1.4	Rendimientos.....	14
1.5	Resultados.....	15
1.6	Cuadro Resultados del Parque.....	17
2	EVALUACIÓN CUANTIFICADA DE LA ENERGÍA INSTALADA EN EL PARQUE.....	18
2.1	Potencia Nominal del parque.....	18
2.2	Potencia Máxima.....	18
2.3	Potencia Media.....	19
2.4	Energía Anual de la planta (neta):.....	19
2.5	Ratio Producción.....	20
2.6	Tabla Resumen.....	20

3	LÍNEA AÉREA ALTA TENSIÓN	21
3.1	Distancias de Seguridad.	21
3.2	Cálculo de la catenaria.	23
3.3	Cadenas de aisladores.....	31
3.4	Cálculo de Apoyos y Cimentaciones	37
3.5	Puesta a Tierra de los apoyos.	82
4	CÁLCULO DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO DE MEDIA TENSIÓN.	90
4.1	Justificación del conductor.....	90
4.1.1	Línea 1	90
4.1.1.1	Tramo 1	90
4.1.1.2	Tramo 2.....	93
4.1.1.3	Tramo 3.....	95
4.1.1.4	Tramo 4.....	98
4.1.2	Línea 2	100
4.1.2.1	Tramo 5.....	100
4.1.2.2	Tramo 6.....	103
4.1.2.3	Tramo 7.....	105
4.1.3	Resumen de caída de tensión	108
4.1.4	Radios de curvatura de los cables para su tendido.....	108

5 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE MEDIA TENSIÓN..... 109

5.1	Características eléctricas de los conductores.	110
5.1.1	Reactancia.....	110
5.1.2	Reactancia.....	111
5.1.3	Capacidad y Perditancia.....	114
5.1.4	Impedancia de la línea de M.T.....	114
5.1.5	Factor de potencia en la línea.	115
5.2	Corriente máxima a circular por la línea, en servicio permanente.....	115
5.3	Caída de tensión	120
5.4	Relación de Potencia.	122
5.4.1	Potencia perdida por efecto Joule:.....	122
5.4.2	Perdida de potencia por el efecto Corona:	122
5.4.3	Potencia máxima por límite térmico.....	122
5.4.4	Intensidad de cortocircuito.....	123

6	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	136
6.1	Intensidad de Alta Tensión.....	136
6.2	Intensidad de Baja Tensión.	136
6.3	Cortocircuitos.	137
6.3.1	Observaciones.....	137
6.3.2	Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	137
6.3.3	Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.....	138
6.3.4	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	138
6.4	Dimensionado del embarrado.....	139
6.4.1	Comprobación por densidad de corriente.....	139
6.4.2	Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	140
6.4.3	Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.....	141
6.5	Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión.....	142
6.6	Dimensionamiento de la ventilación del C.T.....	143
6.7	Dimensiones del pozo apagafuegos.....	144
6.8	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	144
6.8.1	Investigación de las características del suelo.....	144
6.8.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.....	144
6.8.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	145

6.8.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	147
6.8.5	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	148
6.8.6	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.	149
6.8.7	Cálculo de las tensiones aplicadas.....	150
6.8.8	Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	151
6.9	Conexión del transformador.....	152
7	CÁLCULOS DEL CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN.	153
7.1	Justificación del conductor.....	153

1 PRODUCCIÓN PREVISTA.

La producción será dependiente de varios factores principales, que son:

1. Número y potencia de las máquinas a instalar.
2. Régimen de vientos en el emplazamiento.
3. Curva de potencia de las máquinas.
4. Rendimientos de utilización, disposición topográfica, eléctricos.

Calcularemos la producción teniendo en cuenta estos factores.

1.1 Número y Potencia de los Generadores.

El parque eólico “El Higuero” constará de 7 aerogeneradores ENERCON E70 E4 de 2.300kW de potencia nominal, lo que nos supone una Potencia nominal del Parque:

$$P_{np} = 16,1\text{MW}$$

1.2 Régimen de Vientos del Emplazamiento.

Para la medición de vientos del emplazamiento se ha supuesto la instalación previa de una torre de medición, con al menos 24 meses de toma de datos.

Al ser esta un proyecto académico, los datos de recursos eólicos se han tomado como referencia los de una zona cercana a la zona de estudio, los cuales se reflejan en la tabla 1 de la página siguiente.

La mencionada tabla tiene una velocidad media anual de:

$$V = 7.48 \text{ m/s anual}$$

La variación del viento en un emplazamiento típico suele describirse utilizando la llamada Distribución de Weibull, como la mostrada en la Figura 1. Este emplazamiento particular tiene una velocidad media del viento de 7,48 metros por segundo, y la forma de la curva está determinada por un parámetro de forma próximo a 2.

Velocidad (m/s)	Horas	Frecuencia (%)
0 - 1	210,24	1,2
1 - 2	1534,752	8,76
2 - 3	2048,088	11,69
3 - 4	1846,608	10,54
4 - 5	1617,096	9,23
5 - 6	1548,768	8,84
6 - 7	1259,688	7,19
7 - 8	989,88	5,65
8 - 9	774,384	4,42
9 - 10	660,504	3,77
10 - 11	432,744	2,47
11 - 12	408,216	2,33
12 - 13	392,448	2,24
13 - 14	388,944	2,22
14 - 15	355,656	2,03
15 - 16	343,392	1,96
16 - 17	327,624	1,87
17 - 18	285,576	1,63
18 - 19	252,288	1,44
19 - 20	226,008	1,29
20 - 21	196,224	1,12
21 - 22	173,448	0,99
22 - 23	166,44	0,95
23 - 24	155,928	0,89
24 - 25	145,416	0,83
25 - 26	140,16	0,8
27 - 28	134,904	0,77
28 - 29	87,6	0,5
29 - 30	17,52	0,1
Sumas	17.520	100.00
	24 Meses	

Tabla 1: Régimen de viento en dos años.

Distribución de Weibull

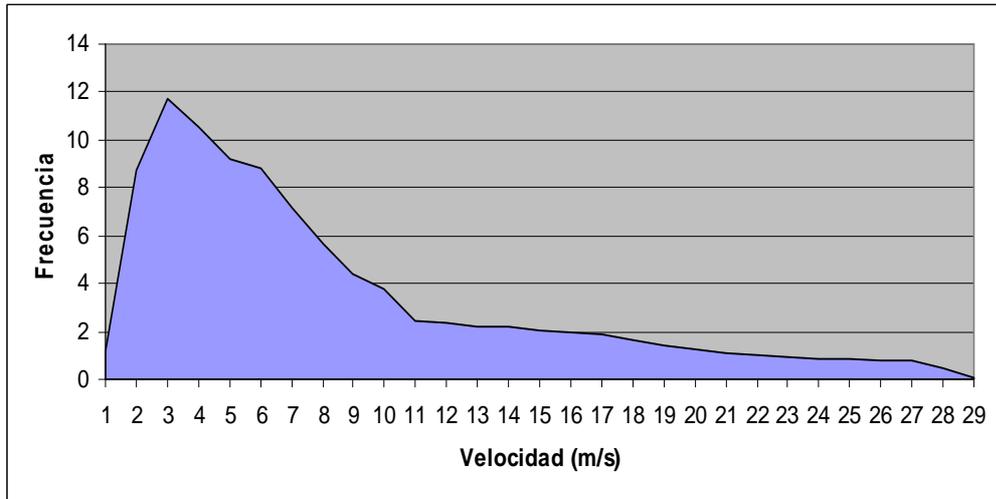


Figura 1: Distribución de Weibull en función de la frecuencia del viento y la velocidad del mismo.

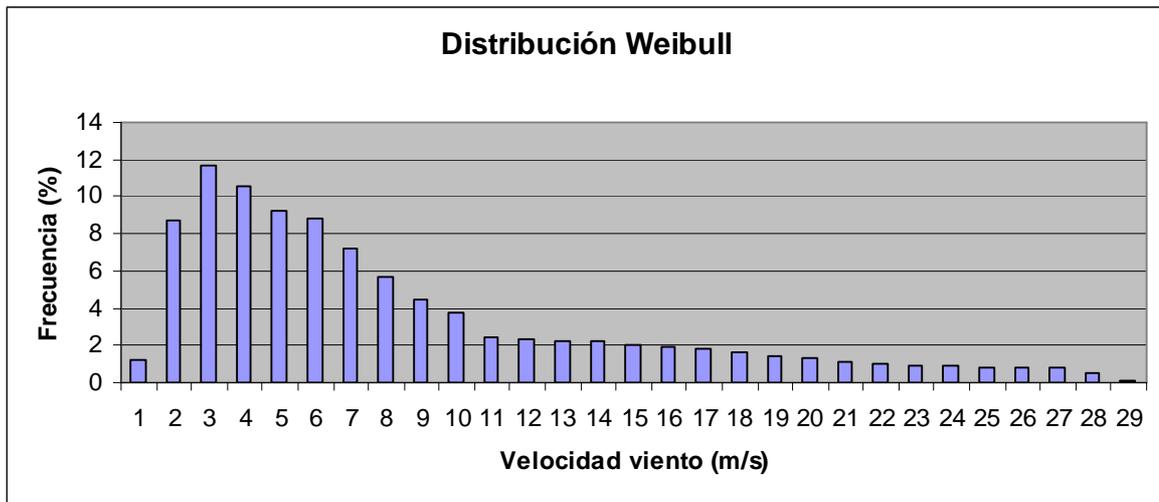


Figura 2: Distribución Weibull en función de las horas y la velocidad del viento.

1.3 Curva del Aerogenerador.

Los datos del fabricante del aerogenerador E70 E4 de Enercon nos proporciona la figura 3 donde se muestra la potencia generada en el eje x y la velocidad del viento en eje y.

Para las condiciones estándar:

- Densidad de aire = 1,225 kg/m³.
- Temperatura ambiente = 15°C.
- Presión Atmosférica 1.013 mBar.
- Palas de rotor limpias.
- Flujo de aire horizontal no perturbado.

Las especificaciones técnicas del aerogenerador E70 E4 Enercon se encuentran en el Anexo 1.

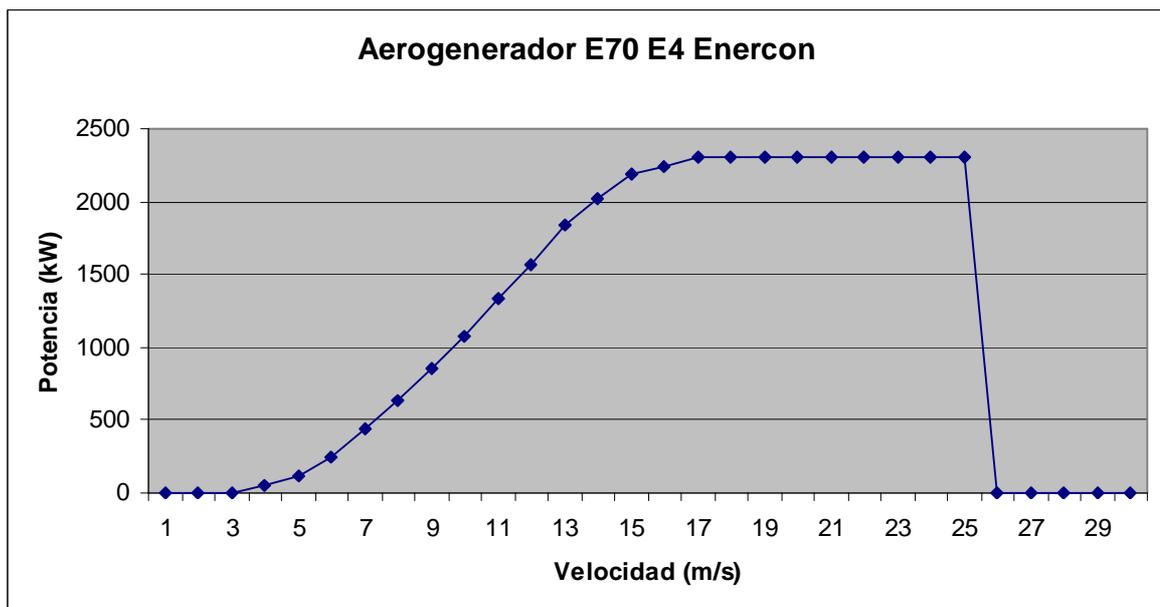


Figura 3: Régimen de Potencia respecto a la velocidad del viento del Aerogenerador E70 E4 Enercon.

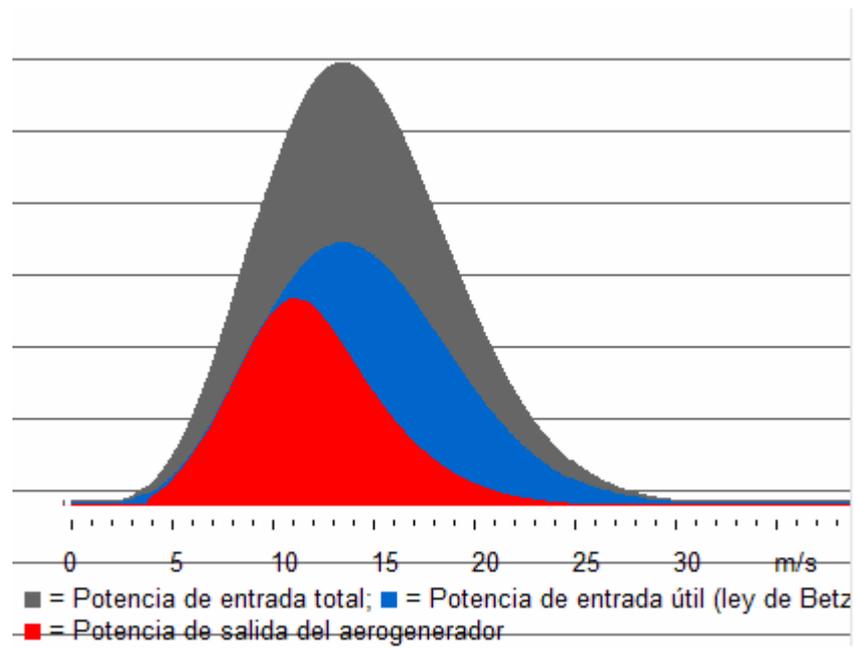


Figura 4: Densidad de Potencia del Aerogenerador E70 E4 Enercon.

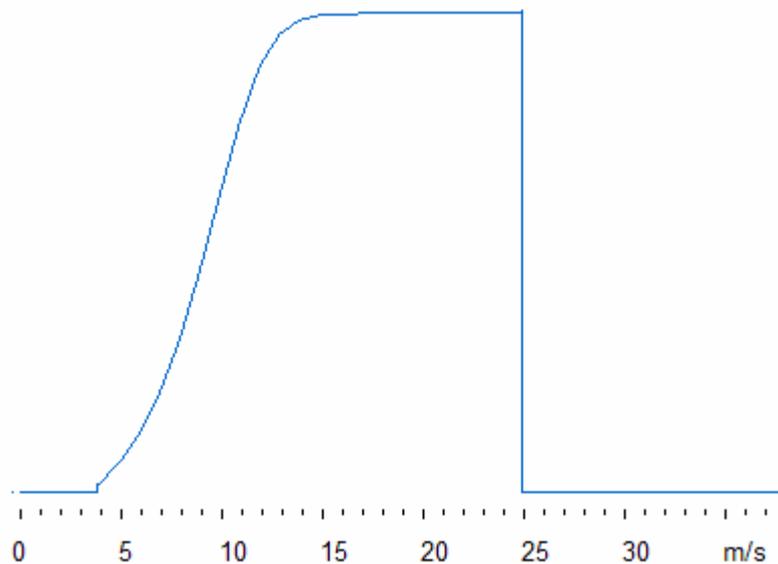


Figura 5: Curva de Potencia del Aerogenerador E70 E4 Enercon.

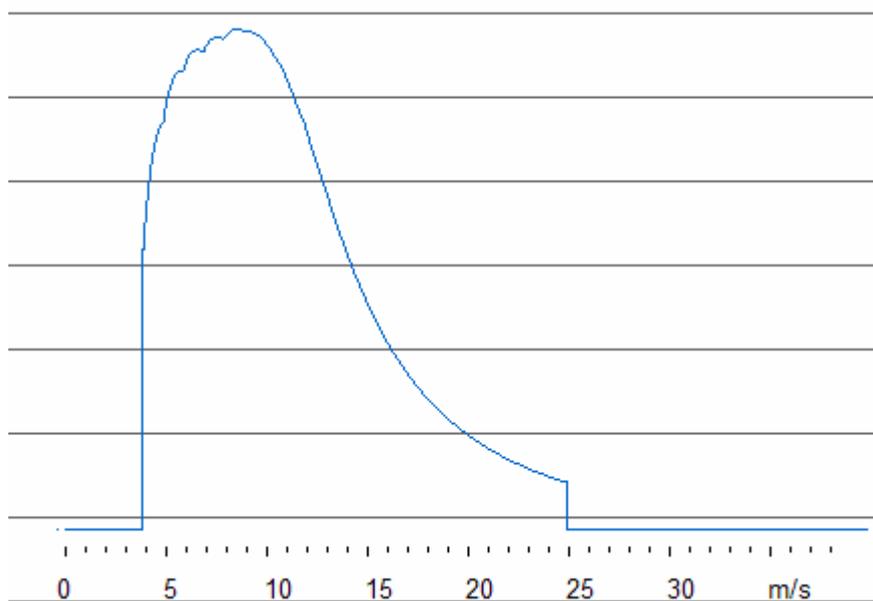


Figura 6: Coeficiente de Potencia del Aerogenerador E70 E4 Enercon.

Velocidad (m/s)	Potencias (kW)
1	0
2	0
3	0
4	52
5	123
6	248
7	446
8	629
9	855
10	1079
11	1329
12	1573
13	1834
14	2017
15	2191
16	2238
17 a 25	2300
26 a 30	0

Tabla 2 - Potencias para las distintas velocidad de viento del Aerogenerador Enercon E70 E4 2,3MW.

La potencia media de nuestro aerogenerador, en las condiciones de viento estudiadas en el punto de implantación es el resultado de multiplicar la curva de frecuencias de viento por la curva de potencia del aerogenerador.

Velocidad (m/s)	Potencias (KW)	Frecuencia (%)	FREC x Pot (kW)
1	0	1,2	0
2	0	8,76	0
3	0	11,69	0
4	52	10,54	5,4808
5	123	9,23	11,3529
6	248	8,84	21,9232
7	446	7,19	32,0674
8	629	5,65	35,5385
9	855	4,42	37,791
10	1079	3,77	40,6783
11	1329	2,47	32,8263
12	1573	2,33	36,6509
13	1834	2,24	41,0816
14	2017	2,22	44,7774
15	2191	2,03	44,4773
16	2238	1,96	43,8648
17	2300	1,87	43,01
18	2300	1,63	37,49
19	2300	1,44	33,12
20	2300	1,29	29,67
21	2300	1,12	25,76
22	2300	0,99	22,77
23	2300	0,95	21,85
24	2300	0,89	20,47
25	2300	0,83	19,09
26	0	0,8	0
27	0	0,77	0
28	0	0,5	0
29	0	0,1	0
		100	667,32

$$P_m = f \cdot P(v)$$

Tabla 3: Cálculo de la Potencia media, según la Potencia del aerogenerador y la frecuencia del viento.

1.4 Rendimientos.

Consideramos los rendimientos y eficiencias debido a:

- **Factor de Utilización:**

Es la definición de disponibilidad de aerogeneradores. Una forma de ajustar el factor de utilización o disponibilidad es calculando el cociente entre las horas de producción(T_p) con respecto al número de horas de viento(T_v) dentro del margen de operación, sin contar las horas en las que la red permanece fuera de servicio(T_{fr}) y las horas de parada justificada(T_{pj}).

$$F_U = \frac{T_p}{T_v - T_{fr} - T_{pj}}$$

Nosotros utilizaremos un factor de utilización estándar utilizada en la mayoría de proyectos eólicos.

$$F_U = 0,96$$

- **Estela o Sombra:**

Es el efecto que se produce al recibir aerogeneradores aire que vienen desviados por otros aerogeneradores situados por delante en la dirección del viento.

Un factor importante es la distancia entre aeroturbinas. Si una máquina está suficientemente alejada de otra, el efecto de aquella sobre esta es poco o nada importante.

Se aconseja situar los aerogeneradores distanciados de 5 a 9 diámetros del rotor en la dirección del viento dominante y de 3 a 5 diámetros del rotor en la dirección perpendicular a la de los vientos dominantes.

La separación de los aerogeneradores en “El Higuero” será de 500m (7 diámetros de rotor) en la dirección de vientos predominante y 300m (4 diámetros de rotor) en la dirección perpendicular.

Por tanto utilizaremos un factor de Estela o Sombra de:

$$F_S = 0,93$$

- **Rendimiento Eléctrico:**

Es el rendimiento que nos proporcionan todos los equipos eléctricos; generadores, convertidores, filtros, cables de potencia y transformador.

$$R_e = 0,97$$

El rendimiento total es:

$$R_{total} = F_U \cdot F_S \cdot R_e$$

Siendo:

- F_U : Factor de utilización = 0,96
- F_S : Factor de estela o sombra = 0,93
- R_e : Rendimiento eléctrico = 0,97

$$R_{total} = 0,87$$

1.5 Resultados.

- **Horas equivalentes eólicas.**

Es el número de horas, que a producción nominal de la planta, nos da la energía que podremos producir en un año en esta planta.

Es otra forma alternativa de expresar la idea recogida en el *Ratio de Producción*.

$$H_{ee} = \frac{P_{ma} \cdot H \cdot R_{total}}{P_n}$$

Siendo:

- P_{ma} : Pot. Media de cada generador = 667,32 kW
- H : Horas año = 8760 h.
- R_{total} : Rendimiento total = 0,87
- P_n : Pot. Nominal = 2300 kW

$$H_{ee} = 2211,2 \text{ horas}$$

- **Energía anual de máquina:**

Es la energía que nos dará una máquina en un año con las condiciones de viento del lugar.

$$E_{am} = P_n \times H_{ee}$$

Siendo:

- **P_n**: Potencia nominal = 2.300kW
- **H_{ee}** : Horas equivalentes eólicas = 2211,2 h/año

$$E_{am} = 5.085.779 \text{ kWh/año}$$

- **Energía anual de la planta (nominal):**

Es la energía que nos dará todas las máquinas del parque en un año, con las condiciones de viento del lugar.

$$E_{ap} = P_{np} \times H_{ee}$$

Siendo:

- **P_{np}**: Potencia nominal del parque = 16,1MW
- **H_{ee}**: Horas equivalentes eólicas = 2211,2 h

$$E_{ap} = 35.600,32 \text{ MWh /año}$$

- **Ratio de producción**

Es la relación entre la energía producida y la máxima energía posible de generar en el parque.

$$R_p = E_{anual} / (P_{np} \times H)$$

Siendo:

- E_{ap} : Energía anual de la planta = 35.600,32 MWh/año
- P_{np} : Potencia nominal del parque = 16,1MW
- H : Horas año = 8760 horas

$R_p = 0.25$

1.6 Cuadro Resultados del Parque.

RESULTADOS DE PRODUCCIONES PREVISTAS				
CONCEPTO	EQUIVALENCIA	ABREV	VALOR	UNID
Horas del año		H	8760	H
Número aerogeneradores		N	7	
Pot. Nominal aerogenerador		P_n	2,3	MW
Pot. Nominal Planta	$P_n \times N$	P_{np}	16,1	MW
Pot. Media aerogenerador		P_{ma}	667,32	kW
Pot. Media planta	$P_{ma} \times N$	P_{mn}	4671,24	kW
Factor utilización		F_U	0,96	
Estela o sombra		F_S	0,93	
Rendimiento eléctrico		R_e	0,97	
Rendimiento Total	$F_U \times F_S \times R_t$	R_t	0,87	
Energía anual maquina	$P_n \times H_{ee}$	E_{am}	5.085,779	MWh/año
Energía anual planta	$E_{am} \times N$	E_{ap}	35.600,32	MWh/año
Ratio de producción	$E_{ap} / P_{np} \times H$	R_p	0,25	
Horas equivalentes eólicas	$(P_{np} \cdot H \cdot R_{total}) / P_n$	H_{ee}	2211,2	h

Tabla 4: Resultados de producciones previstas del parque eólico.

2 EVALUACIÓN CUANTIFICADA DE LA ENERGÍA INSTALADA EN EL PARQUE

El parque eólico “El Higueroón” consta de siete aerogeneradores E70 E4 de Enercon de 2.3MW de potencia nominal cada uno, distribuidos en dos líneas de 3 y 4 aerogeneradores.

2.1 Potencia Nominal del parque.

La potencia nominal del parque viene determinada por la expresión siguiente:

$$P_{np} = P_n \times N$$

Siendo:

- P_n : Potencia nominal aerogenerador = 2,3 MW
- N : nº de aerogeneradores = 7

$$P_{np}: 16,1 \text{ MW}$$

2.2 Potencia Máxima.

Potencia dada por todos los aerogeneradores en condiciones de uso total, contemplados los rendimientos del parque (R_{total}).

$$P_{max} = R_{total} \times P_{np}$$

Siendo:

- R_{total} : Rendimiento total = 0,87
- P_n : Potencia nominal = 16,1 MW

$$P_{max} = 14.007 \text{ kW}$$

2.3 Potencia Media

Es la potencia de los aerogeneradores en las condiciones de viento anual del emplazamiento. Se calcula P_{ma} (potencia media de cada aerogenerador).

$$P_m = P_{ma} \times N$$

Siendo:

- P_{ma} : Potencia media por aeoregenerador
- N : Número de aerogeneradores del parque

$$P_m = 4.671,24 \text{ kW}$$

2.4 Energía Anual de la planta (neta):

Es la energía que nos dará todas las máquinas del parque en un año, con las condiciones de viento del lugar y teniendo en cuenta todos los tipos de pérdidas.

Hee es el número de Horas de Equivalencia Eólicas, calculada en el apartado 1.6. de esta memoria.

$$E_{\text{anual}} = P_{np} \times H_{ee}$$

Siendo:

- P_{np} : Potencia nominal del parque = 16,1 MW
- H_{ee} : Horas equivalentes eólicas = 2211,2h / 1752 h

$$E_{\text{anual}} = 35.600 \text{ MWh}$$

2.5 Ratio Producción.

Es la relación entre la energía producida y la máxima energía posible de generar en el parque. En otros textos también se le llama Factor de Utilización. Nos indica la eficiencia total del parque teniendo en cuenta tanto los diferentes rendimientos (eléctrico, de configuración del parque, y de utilización), así como la adecuación de los aerogeneradores a las condiciones de viento de la zona.

$$R_p = E_{\text{anual}} / (P_{np} \times H)$$

Siendo:

- **E_{anual}**: Energía anual de la planta = 55.009 MWh
- **P_{np}**: Potencia nominal del parque = 16,1 MW
- **H**: Horas = 8760horas/año

$$R_p = 0.39$$

2.6 Tabla Resumen.

Potencia nominal de planta	P _{np}	16,1 MW
Potencia máxima	P _{max}	14007kW
Potencia media	P _m	4.671,24 kW
Energía anual de planta	E _{anual}	35.600 MWh/año
Ratio de producción	R _p	0,39
Tensión	V	20 kV

Tabla 5: Tabla Resumen de potencias del Parque Eólico.

3 LÍNEA AÉREA ALTA TENSION

3.1 Distancias de Seguridad.

- **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, camino o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de 6 metros (ITC-LAT 08 art. 6.4.2)

- **Distancia de los conductores entre sí.**

Los conductores recubiertos deberán mantener una distancia mínima entre sí de: (ITC-LAT 08 art. 6.3.2)

$$D = \frac{1}{3} \left[K \sqrt{F + L} + 0,755 D_{pp} \right]$$

Siendo:

- **F:** La flecha en metros según artículo 4.3.3 de la ITC-LAT 08
- **L:** La longitud en metros de la cadena de suspensión, si la hubiere
- **D_{pp}:** La distancia mínima aérea especificada en (ITC-LAT 08 art. 6.1); es la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Esta distancia es una distancia interna.

ITC-LAT 07 art. 5.2 - TABLA 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas		
Tensión mas elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 6: Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas.

K: coeficiente del ángulo de oscilación según tabla 16 de la ITC-LAT 07.

ITC-LAT 07 - TABLA 16. Coeficiente K en función del Angulo de oscilación		
Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV.	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV.
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Tabla 7: Coeficiente K del Ángulo de oscilación.

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada de acuerdo con (ITC-LAT 08 art. 4.1.2).

Lo primero será calcular el valor de K a partir del ángulo de oscilación, que como hemos visto anteriormente se obtiene:

$$Tg\alpha = Pv/P$$

Siendo P_v Sobrecarga del viento, según el artículo 4.1.2 de la ITC-LAT 08, donde las presiones debidas al viento horizontal actuando perpendicularmente sobre las superficies que incide y suponiendo un viento de 33,3m/seg, variará según el diámetro de los cables.

Fuerza sobre cables 50 daN/ m^2

$$P_v = 50 \text{ daN/m}^2 \cdot 17,5 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ Kg}}{0,981 \text{ daN}} = 0,89 \text{ Kg / m}$$

- **P:** Peso propio que según las características del conductor viene dado por 0,676Kg/m.
- **Tga:** $P_v/P = 0,89/0,679 = 1,31$
- **α :** 52,64°

Para este valor de ángulo nos vamos a la TABLA 7 vemos que nuestra fila corresponde a ángulos comprendidos entre 40° y 65° y como sabemos nuestra línea es de tensión nominal igual o inferior a 30 kV, por lo que nos sale una k de **0,6**.

$$D = \frac{1}{3} \left[K \sqrt{F + L} + 0,755 D_{pp} \right] = \frac{1}{3} \left[0,6 \sqrt{F + L} + 0,755 \cdot 0,25 \right] = 0,5$$

3.2 Cálculo de la catenaria.

Para empezar a construir la línea aérea de media tensión hemos tenido que realizar una serie de cálculos en los cuales demostramos el apoyo a utilizar, todos estos datos los he obtenido de la asignatura de Transporte y Distribución de la energía eléctrica. Como punto de partida del problema empezaremos a poner los datos de partida de la catenaria:

Nuestra línea de media tensión va a discurrir por una ladera inclinada, de 525 metros en línea recta, con un desnivel de 62 metros entre su punto máximo y mínimo. Para que la línea aérea sea más interesante debido a que es un proyecto académico, hemos añadido un apoyo en ángulo, por lo que tendremos tres apoyos, un apoyo principio de línea (1), otro de ángulo (2) y un último apoyo fin de línea (3). El primer tramo que discurre entre el apoyo 1 y apoyo 2 tiene un vano de 315,17 metros y una diferencia de cota de 10

metros; y el tramo dos que discurre entre el apoyo 2 y el 3 tiene un vano de 295,2 metros y una diferencia de cota de 62 metros; Por lo que tenemos un longitud total de la línea de 610 metros.

A continuación colocaremos las características de nuestro conductor el LA-180, las cuales nos van a hacer falta para el desarrollo del problema.

DENOMINACIÓN		LA-180
SECCIÓN (mm ²)	ALUMINIO	147,3
	ACERO	34,3
	TOTAL	181,6
DIÁMETRO(mm)	ALMA	7,5
	TOTAL	17,5
COMPOSICIÓN (Nº ALAMBRES)	ALUMINIO	Ø=2,5 N° 30
	ACERO	Ø=2,5 N°7
CARGA DE ROTURA (Kg)		6520
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° (Ohm/Km)		0,1962
MASA (Kg/Km)	ALUMINIO	407
	ACERO	269
	TOTAL	676
MÓDULO DE ELASTICIDAD Kg/mm ²		8200
COEFICIENTE DILATACIÓN LINEAL °cx10 ⁻⁰⁶		17,8
PESO ESPECÍFICO (Kg/Dm ³)		3,74
CORRIENTE MAX. ADMISIBLE (A)		424,56
DENSIDAD MAX. CORRIENTE (A/mm ²)		2,34

Tabla 8: Características del cable LA-180.

Como observamos en la Tabla anterior:

$$T_{\text{ROTURA}} = 6.520 \text{ kg.}$$

Por lo que la Tensión Máxima:

$$T_{\text{MAX}} = T_{\text{ROTURA}} / C = 6.520 / 3 = 2.173,3 \text{ Kg.}$$

Siendo C el coeficiente de seguridad, que según el artículo 4.3.1 del ITC-LAT-08 “La tracción máxima del fiador o cable de fase no resultará superior a su carga de rotura dividida por 3”, A la hora de los cálculos hemos considerado una T_{MAX} de 1.600Kg, ya que la flecha nos lo permite, porque esta T_{MAX} , nos da un valor de esfuerzo en punta para el apoyo que se nos sale de los que están en los catálogos.

$$T_{MAX} = 1.600\text{Kg.}$$

Ahora nos disponemos a calcular la $T_{HORIZONTAL}$, pero antes debemos de calcular el llamado peso aparente del cable, que nos es más que la composición del peso del cable (P), y el peso horizontal que aparece por la acción del viento (P_V).

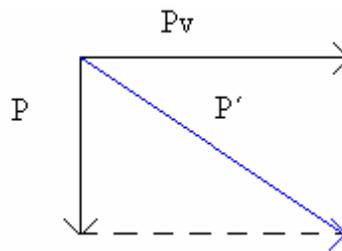


Figura 7. Peso aparente de un cable con sobrecarga de viento.

Este Peso vendrá dado por:

$$P' = \sqrt{P^2 + P_V^2}$$

P_V y P lo hemos hallado anteriormente por lo que procedemos al cálculo de P'

Sustituyendo en la ecuación:

$$P' = \sqrt{0,676^2 + 0,875^2} = 1,105$$

A continuación vamos a hacer los cálculos para las dos catenarias de nuestro proyecto, nombrando a la catenaria existente entre el apoyo 1 y 2 con el apéndice 1 y a la catenaria entre el apoyo 2 y 3 con el apéndice 2.

Ahora vamos a representar la figura de vano ficticio (b) con relación a la diferencia de cotas (h) y a el vano (a).

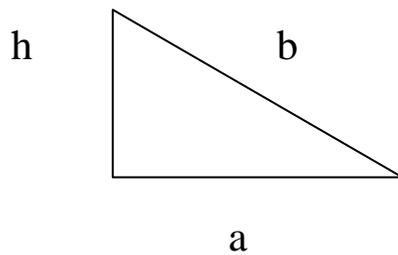


Figura 8: Relación entre vano, vano ficticio y diferencia de cotas.

Por lo que aplicando Pitágoras:

$$b = \sqrt{h^2 + a^2}$$

$$b_1 = \sqrt{h_1^2 + a_1^2} = \sqrt{62^2 + 295,2^2} = 301,64m$$

$$b_2 = \sqrt{h_2^2 + a_2^2} = \sqrt{10^2 + 315,17^2} = 315,32m$$

Ahora nos encontramos en disposición de calcular la $T_{\text{HORIZONTAL}}$.

$$T_H = (T_{\text{max}} - P'(h/2)) \pm \sqrt{\frac{P'(h/2) - T_{\text{max}}}{2b/a}}$$

De la anterior expresión obtenemos un valor para T_H , y para T_m de:

Donde:

- P' : 1,105Kg
- T_{max} : 1600Kg
- a_1 : 295,2m
- b_1 : 301,64m
- h_1 : 62m
- a_2 : 315,17m
- b_2 : 315,32m
- h_2 : 10m

$$T_{H1}: 1.565,98 \text{ Kg.}$$

$$T_{H2}: 1.594,47 \text{ Kg.}$$

$$T_m = (b/a) T_H$$

La sección es de 181,6 mm² como comprobamos en la tabla 8.

$T_{m_1} = 1.600,143 \text{ Kg.}$	$tm_1 = \frac{T_{m_1}}{S} = 8,81 \text{ Kg / mm}^2$
$T_{m_2} = 1.595,23 \text{ Kg.}$	$tm_2 = \frac{T_{m_2}}{S} = 8,78 \text{ Kg / mm}^2$

Para la flecha máxima y la tensión máxima y que vendrán dadas por las hipótesis especificadas en el artículo 4.3.3 de la ITC-LAT 08.

a) Hipótesis de viento: cable sometido a la acción de su propio peso y una fuerza debida al viento, según el apartado 4.1.2, a la temperatura de 15°C.

b) Hipótesis de temperatura: cable sometido a la acción de su propio peso, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas. Esta temperatura no será inferior a 50 °C.

Ahora hacemos el cambio de condiciones para la **catenaria 1.**

- Hipótesis de viento:

Condiciones iniciales. $\theta_2 = 5^\circ\text{C}$; $m_2 = P'/P = 1,63$; $tm_2 = 8,81 \text{ Kg/mm}^2$.

Condiciones finales. $\theta'_2 = 15^\circ\text{C}$; $m'_2 = P'/P = 1,63$; $tm'_2 = ?$.

Ecuación para el cambio de condiciones:

$$tm'_2 = \left[tm_2 + A(b_2^2 \cdot m_2 / tm_2^2) + B(\theta'_2 - \theta_2) - tm_2 \right] = A \cdot b_2^2 \cdot m'_2$$

Donde para cable Aluminio-Acero:

- A=0,0047
- B=0,146

Esta ecuación la resolvemos, obteniendo el siguiente valor de tm'_1 .

$$\begin{aligned}
 tm_2' &= 25,97 \text{ Kg/mm}^2. \\
 m_2' &= 4.716,152 \text{ Kg.} \\
 T_{H2}' &= 4.710,87 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

La flecha máxima, para esta hipótesis, viene dada por:

$$F_2 = \frac{P' \cdot a_2 \cdot b_2}{8T'_{H2}} = 2,909m$$

A continuación hacemos el cambio de condiciones de la catenaria 2 para la hipótesis de temperatura.

Condiciones iniciales. $\theta_1 = 5^\circ\text{C}$; $m_1 = P'/P = 1,63$; $tm_1 = 8,81 \text{ Kg/mm}^2$.

Condiciones finales. $\theta'_1 = 50^\circ\text{C}$; $m_1' = P'/P = 1$; $tm'_1 = ?$.

Ecuación para el cambio de condiciones:

$$tm_2' = \left[tm_1' + A \left(b_2^2 \cdot m_2 / tm_2^2 \right) + B(\theta'_2 - \theta_2) - tm_2 \right] = A \cdot b_2^2 \cdot m_2'$$

Esta ecuación la resolvemos por tanteo obteniendo el siguiente valor de tm_2 .

$$\begin{aligned}
 m_2' &= 21,43 \text{ Kg/mm}^2. \\
 m_2' &= 3.892,811 \text{ Kg} \\
 T_{H2}' &= 3.887,535 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

La flecha máxima, para esta hipótesis, viene dada por:

$$F = \frac{P' \cdot a \cdot b}{8T'_{H1}} = 3,52m$$

Conclusión. La flecha máxima será para la hipótesis de temperatura.

$$\theta_1' = 50^\circ\text{C} ; \quad m_1' = P'/P = 1; \quad t_{H1}' = 3.887,535 \text{ Kg.}$$

A continuación vemos la altura que debe tener el apoyo para la catenaria 1, donde sumaremos la flecha máxima y la distancia mínima al terreno.

La H_{apoyo} la obtendremos de la siguiente manera:

$$H_{\text{apoyo}} = \text{Dist. Seg.} + \text{Flecha Máx} = 6 + 3,52 = 9,52\text{m}$$

A continuación vamos a hacer los cálculos oportunos para la **catenaria 2**

- Hipótesis de viento:

Antes de realizar el cálculo de la flecha máxima para la catenaria 1 debemos de realizar un cambio de condiciones el cuál exponemos a continuación:

Condiciones iniciales. $\theta_1 = 5^\circ\text{C} ; \quad m_1 = P'/P = 1,63 ; \quad tm_1 = 8,78 \text{ Kg/mm}^2$.

Condiciones finales. $\theta_1' = 15^\circ\text{C} ; \quad m_1' = P'/P = 1,63 ; \quad tm_1' = ?$.

Ecuación para el cambio de condiciones:

$$tm_1'^2 = \left[tm_1' + A(b_1^2 \cdot m_1 / tm_1^2) + B(\theta_1' - \theta_1) - tm_1 \right] = A \cdot b_1^2 \cdot m_1'$$

Donde para cable Aluminio-Acero:

- $A=0,0047$
- $B=0,146$

Esta ecuación la resolvemos, obteniendo el siguiente valor de tm_1' .

$$tm_1' = 24,82 \text{ Kg/mm}^2$$

$$Tm_1' = 4.508,876 \text{ Kg.}$$

$$T_{H1}' = 4.474,84 \text{ Kg.}$$

La flecha máxima, para esta hipótesis, viene dada por:

$$F_1 = \frac{P' \cdot a_1 \cdot b_1}{8T'_{H1}} = 2,56m$$

- Hipótesis de temperatura:

Antes de realizar el cálculo de la flecha máxima debemos de realizar un cambio de condiciones en la catenaria 1 el cuál exponemos a continuación:

Condiciones iniciales. $\theta_1 = 5^\circ\text{C}$; $m_1 = P'/P = 1,63$; $tm_1 = 8,78 \text{ Kg/mm}^2$.

Condiciones finales. $\theta'_1 = 50^\circ\text{C}$; $m'_1 = P'/P = 1$; $tm'_1 = ?$.

Ecuación para el cambio de condiciones:

$$tm'_1 = \left[tm_1 + A(b_1^2 \cdot m_1 / tm_1^2) + B(\theta'_1 - \theta_1) - tm_1 \right] = A \cdot b_1^2 \cdot m'_1$$

Esta ecuación la resolvemos por tanteo obteniendo el siguiente valor de tm_2 .

$$tm'_1 = 18,54 \text{ Kg/mm}^2.$$

$$T m'_1 = 3.368,08 \text{ Kg.}$$

$$T_{H1}' = 3.334,06 \text{ Kg.}$$

La flecha máxima, para esta hipótesis, viene dada por:

$$F_1 = \frac{P' \cdot a_1 \cdot b_1}{8T'_{H1}} = 3,68m$$

Conclusión. La flecha máxima será para la hipótesis de temperatura.

$$\theta'_1 = 50^\circ\text{c} ; m'_1 = P'/P = 1; T_{H1}' = 3.334,06 \text{ Kg.}$$

A continuación vemos la altura que debe tener el apoyo para la catenaria 1, donde sumaremos la flecha máxima y la distancia mínima al terreno.

La H_{apoyo} la obtendremos de la siguiente manera:

$$H_{\text{apoyo}} = \text{Dist.Seg.} + \text{Flecha Máx} = 6 + 3,68 = 9,98\text{m}$$

3.3 Cadenas de aisladores.

- **Generalidades.**

Para comenzar con el cálculo de las cadenas de aisladores, recordamos lo que anuncia (ITC-LAT 08 – art. 3.2.2).

Se podrá emplear material adecuado a este fin, según especifica en la ITC-LAT 02, como son los materiales a base de mezclas termoestables. No se admitirá el aislamiento con papel impregnado.

Según (ITC-LAT 02 – Aisladores) debemos cumplir todas las normas UNE que nos muestra tal artículo.

UNE 210009:1989. Medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rótula de los elementos de cadenas de aisladores

UNE 21128:1980. Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.

UNE21128/1M: 2000. Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.

UNE 21909:1995. Aisladores compuestos destinados a las líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000V. Definiciones, método de ensayo y criterios de aceptación

UNE 21909/1M: 1998. Aisladores compuestos destinados a líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000V. Definiciones, método de ensayo y criterios de aceptación.

UNE 207002:1999 IN. Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal o superior a 1.000V. Ensayos de arco de potencia en corriente alterna de cadenas de aisladores equipadas

UNE-EN 60305:1998. Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Elementos de las cadenas de aisladores de material cerámico o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza o vástago.

UNE-EN 60372:2004. Dispositivos de enclavamiento para las uniones entre los elementos de las cadenas de aisladores mediante rótula y alojamiento de rótula. Dimensiones y ensayos.

UNE-EN 60383:1997. Aisladores para líneas aéreas de tensión superior a 1 kV. Parte 1: elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterio de aceptación.

UNE-EN 60383-1/A11:2000. Aisladores para líneas aéreas de tensión superior a 1 kV. Parte 1: elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterio de aceptación.

UNE-EN 60383-2:1997. Aisladores para líneas aéreas de tensión superior a 1 kV. Parte 2: cadenas de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

UNE-EN 61211:2005. Aisladores de material cerámico o vidrio para líneas aéreas con tensión nominal superior a 1.000V. Ensayos de perforación con impulsos de aire.

UNE-EN 61325:1997. Aisladores para líneas aéreas de tensión superior nominal superior a 1.000V. Elementos aisladores de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente continua. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

UNE-EN 61466:1998. Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas de tensión nominal superior a 1 Kv. Parte 1: Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.

UNE-EN 61466-2:1999. Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.

UNE-EN 61466-2/A1:2003. Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal o superior a 1kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.

UNE-EN 62217:2007. Aisladores poliméricos para uso interior y exterior con una tensión nominal superior a 1.000V. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

ITC- LAT artículo 2.2 - TABLA 2. Niveles de aislamientos de los cables y sus accesorios					
Sistema trifásico			Tensión asignada		Tensión soportada a impulsos (Up) kV
Tensión nominal de la red (Un) kV	Tensión mas elevada de la red (Us) kV	Categoría de la red	Cable unipolar aislado (Uo/U) kV	Conductor recubierto U	
15	17,5	A-B	8,7/15	15	95
		C	12/20	20	125
20	24	A-B	12/20	20	125
		C	15/25	25	145
25	30	A-B	15/25	25	145
		C	18/30	30	170
30	36	A-B	18/30	30	170

Tabla 10: Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios

Para el cálculo de las cadenas de aisladores recurriremos a este nivel de aislamiento que se define por la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (ó cadena de aisladores) y la tensión entre fases de la línea eléctrica:

$$nivel\ de\ aislamiento = \frac{L \cdot n}{U}$$

• **Elección de la cadena de aisladores.**

Para comenzar con el diseño de la cadena de aisladores debemos por empezar eligiendo un modelo de aislador que será de la clase **U 40 BS** (Según denominación UNE) y que más concretamente se trata del modelo **E 40**; la elección de este se ha realizado por sus características técnicas y por la utilización del mismo por parte de la compañía suministradora para la tensión más elevada de la línea de 24 KV y acorde con el conductor empleado (LA 180).

Las características mecánicas de este aislador son las siguientes:

- Paso (P): 100 mm.
- Tensión de perforación en aceite: 110 KV.
- Línea de fuga..... 185 mm.
- Carga de rotura electromecánica..... 40 Kgf.
- Peso neto aproximado..... 1,650 Kg.

Con estos datos mecánicos, comenzaremos con los datos eléctricos:

Vamos a comenzar con el número de aisladores necesarios en las cadenas, a partir de la expresión siguiente, puesto que conocemos todos los datos de dicha expresión excepto este:

$$\text{nivel de aislamiento} = \frac{L \cdot n}{U}$$

Donde:

- **Nivel de aislamiento:** nuestra zona estaría encuadrada dentro de las forestales y agrícolas, y es por esto que estimaremos un nivel de aislamiento de 2 cm/KV, que es el estimado más desfavorable para este tipo de zonas.
- **L:** según el modelo elegido será 18,5 cm.
- **U:** para una tensión nominal de 20 KV como esta, le corresponde una tensión más elevada de 24 KV.

Sustituyendo valores tendremos el siguiente resultado:

$$n = 2,6$$

Por lo que emplearemos **3 aisladores** en las cadenas.

Adoptando tres aisladores, y aplicando la expresión anterior, obtendremos un nivel de aislamiento en la línea eléctrica de **2,31 cm/KV**.

A continuación exponemos las características eléctricas de aislamiento que nos aporta la cadena compuesta por tres aisladores:

- Tensión de contorno en seco..... 145 KV.
- Tensión de contorno bajo lluvia..... 85 KV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial en seco..... 130 KV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia..... 78 KV.
- 50 % bajo onda (+) de choque 1,2/50..... 200 KV.
- 50 % bajo onda (-) de choque 1,2/50..... 215 KV.

- **Composición de las cadenas de aisladores.**

Hasta ahora sólo hemos hablado de aisladores, pero para la formación de las cadenas, así como para su instalación, es necesario de sus herrajes, que pasamos a indicar a continuación, la formación de estas cadenas se ha realizado según normas internas de la compañía suministradora.

Cadenas de aisladores de amarre.

Estas están compuestas además de por los aisladores, por los siguientes elementos:

HERRAJES	DENOMINACIÓN UNESA	LONGITUD (mm)	PESO (Kg.)	CARGA ROTURA (kgf)
Horquilla de bola en “V”	HB-16	78	0,76	10.000
Rótula larga	R-16-P	140	0,64	9.000
Grapa de amarre	GA-3	0	1,82	8.000

Tabla 11: Características de aisladores de amarre

Nota: la longitud que exponemos en el cuadro, no es la longitud real de los elementos que se describen, sino la longitud que avanza la cadena para conocer la distancia entre conductor y armado.

Puesto que conocemos la longitud que avanzan los herrajes (L_H) (que es la suma de las longitudes expuestas) y la de los aisladores (L_A) (que es el producto del paso de un aislador por el número de aisladores que la componen, en este caso tres), podemos conocer la longitud de la cadena de aisladores de amarre (L_{CA}):

$$\begin{aligned}
 L_H &= L_{HB-16} + L_{R-16-P} \\
 L_H &= 78 + 140 = 218mm \\
 L_A &= P \cdot n = 100 \cdot 3 = 300mm \\
 L_{CA} &= L_H + L_A = 518mm
 \end{aligned}$$

- **Cálculo Mecánico**

Para ello haremos una distinción entre cadenas de suspensión y de amarre, y dentro de estas entre cargas normales (son las que vienen dadas por pesos que soportan los elementos de las cadenas y tensiones de conductores) y anormales (son los que vienen dados por la rotura de un conductor).

Cadenas de Aisladores de Amarre:

- *Cargas normales*

Vienen dadas por:

Peso de una fase del conductor:
(Considerando vanos de hasta 315 m)..... 0,676 x 315 = 212,94 Kg.
Peso de aisladores..... 1,650 x 3 = 4,95Kg.

Peso de herrajes:
Horquilla de bola en V..... 0,76 Kg.
Rótula larga..... 0,64 Kg.
Grapa de amarre..... 1,8182 Kg.

Peso total..... 221,1 Kg.

A este peso (P_T) hay que añadir la tracción provocada por el cable, el cual estará tensado; siendo el valor considerado el de la tensión máxima horizontal (T) de 2137,33 Kg, en dirección perpendicular a dicho peso:

$$C_T = \sqrt{P_T + T^2} = \sqrt{221,1^2 + 2137,33^2} = 2148,73Kg$$

Con lo que las cadenas de amarre se verán sometidos a una carga total de:

$$2148,73 Kg.$$

Lo siguiente será deducir el elemento de la cadena de aisladores que posea la carga de rotura menor, y esta pertenece a la grapa de amarre con una carga de rotura de 8.000 Kg.

Luego el coeficiente de seguridad mecánico viene dado por el cociente entre la carga de rotura y el peso que ha de soportar este elemento:

$$8.000 / 2148,73 \approx 3,73 > 3$$

- *Cargas anormales*

Atendiendo a (ITC-LAT07 – 3.1.5.1 Tabla 2), se considerará un valor mínimo admisible del 50 % de la tensión del cable roto en las líneas de uno ó dos conductores por fase y circuito; teniendo en cuenta que la tracción máxima de cada cable viene dada por la carga de rotura (6520 Kg) de este, entre un coeficiente de seguridad de 3:

$$6.520 / 3 = 2137,33 \text{ Kg}$$

Con lo que la carga anormal vendrá dada por... $0,50 \times 2148,33 = 1.068,66 \text{ Kg}$.

Y el valor del coeficiente de seguridad será de:

$$8.000 / 1.068,66 \approx 7,48 > 3.$$

Por lo que se ha comprobado que los elementos de las cadenas de aisladores soportarán a los esfuerzos a los que están sometidos con una seguridad muy superior a la prescrita por el LAT, en relación a este aspecto.

3.4 Cálculo de Apoyos y Cimentaciones

Para realizar el cálculo mecánico de los apoyos nos vamos a basar en el procedimiento de cálculo descrito en la obra de D. Julián Moreno Clemente “Cálculo de Líneas Eléctricas aéreas de Alta Tensión”.

Además seguiremos para este cálculo (ITC-LAT 08 – 4.4.3): “Las diferentes hipótesis que se tendrán en cuenta en el cálculo de los apoyos, serán las que se especifican en las tablas adjuntas, según el tipo de apoyo.

En el caso de los apoyos especiales se considerarán las distintas acciones definidas en (ITC-LAT 08 – 4.1 y 4.2), que pueden corresponderles de acuerdo con su función, combinadas en unas hipótesis acordes con las pautas generales seguidas en el establecimiento de las hipótesis de los apoyos normales.

En los apoyos de alineación y de ángulo, con fiador de carga de rotura inferior a 6.470 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis cuando la en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que el fiador tenga un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo;
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea correspondiente a las hipótesis normales;
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

En los restantes tipos de apoyos sí se deberá considerar la cuarta hipótesis.

Puesto que el conductor utilizado tiene una carga de rotura de 6.520 Kg < 6.600 Kg; y considerando un coeficiente de seguridad correspondiente a hipótesis normales en la tercera hipótesis (como hemos hecho) para apoyos y cimentaciones, y un coeficiente de seguridad en los conductores con un mínimo de 3 (como también se ha estimado), dado que esta línea es de una longitud inferior a 1 Km., podremos prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis en los apoyos de ángulo y alineación.

ITC-LAT 08 art.4.4.3 - TABLA 3. Apoyos de líneas situados en zona A (altitud inferior a 500 metros)			
Tipo de apoyo	1ª hipótesis (viento)	3ª hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª hipótesis (rotura de conductores)
Alineación	Cargas permanentes Viento Temperatura -5°C	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones Temperatura -5°C	Cargas permanentes Rotura de fiador Temperatura -5°C
Ángulo	Cargas permanentes Viento Resultante del ángulo Temperatura -5°C	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones Temperatura -5°C	Cargas permanentes Rotura de fiador Temperatura -5°C
Anclaje	Cargas permanentes Viento Temperatura -5°C	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones Temperatura -5°C	Cargas permanentes Rotura de fiador Temperatura -5°C
Fin de línea	Cargas permanentes Viento Desequilibrio de tracciones Temperatura -5°C		Cargas permanentes Rotura de fiador Temperatura -5°C

Tabla 12: Apoyos de línea situados en Zona A

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán estos, además, sometidos a la acción del viento según (ITC-LAT 08 – 4.1.2).

En la (ITC-LAT 08 – 4.4.4), hace referencia dicho reglamento a los coeficientes de seguridad anteriormente nombrados: “Los coeficientes de seguridad de los apoyos serán diferentes según el carácter de la hipótesis de cálculo a que han de ser aplicados”. En este sentido, las hipótesis se clasifican de acuerdo con la tabla siguiente.

TABLA 9. Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo		
Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª , 2ª	3ª , 4ª
Ángulo	1ª , 2ª	3ª , 4ª
Anclaje	1ª , 2ª	3ª , 4ª
Fin de línea	1ª , 2ª	4ª

Tabla 13: Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo

Elementos metálicos.- El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia, no será inferior a: 1,5 para las hipótesis normales, y 1,2 para hipótesis anormales.

Cuando la resistencia mecánica de los apoyos completos se comprobare mediante ensayo de verdadera magnitud, los anteriores valores podrán reducirse a: 1,45 y 1,15 respectivamente”.

Para comenzar con el cálculo de apoyos, vamos a realizar un cuadro resumen que será de gran utilidad a la hora de realizar dicho cálculo, y donde se exponen los distintos apoyos, con tipo de armados, alturas libres y vanos:

Nº	Tipo Apoyo	Armado	h _L (m.)	H _L (m.)	ai (m.)	ad (m.)
1	Principio de Línea	Doble circuito	13,82	11,27	0	
2	Ángulo	Doble circuito	13,82	11,27	315,12	295,2
3	Fin de línea	Doble circuito	13,82	11,27	295,2	0

Tabla 14: Resumen Apoyos línea aérea.

Donde:

- **H_L**: representa la altura libre de cada apoyo en metros; y esta altura libre es la distancia vertical existente entre el extremo del apoyo y el terreno, obtenida del trazado del perfil de la línea añadiendo la distancia que las prolonga en cada caso los distintos armados, de la siguiente forma:

Armado doble circuito y cadenas de aisladores de amarre: $H_L = h_L + 2 D$

- **L_{CS}** : es la longitud de las cadenas de aisladores de suspensión, en metros.
- **D** : es la separación entre armados al tresbolillo.
- **h_L** : hace referencia a la altura del conductor más bajo al terreno de cada apoyo, y que viene dado por el perfil de la línea.
- **a_i** : representa la longitud proyectada del vano contiguo a la izquierda de cada apoyo, en metros, teniendo en cuenta que el apoyo ha sido trazado de izquierda a derecha, como bien se observa en el plano nº 5.
- **a_d** : representa la longitud proyectada del vano contiguo a la derecha de cada apoyo, en metros. Ambos valores vienen representados en la figura siguiente.

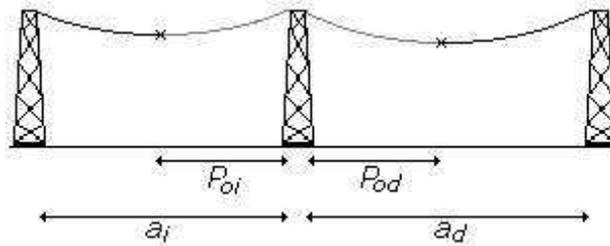


Figura 9: Representación de apoyos con sus respectivos vanos y P_o

El conocimiento de estos valores de las longitudes será útil para calcular el valor de Eolovano de cada apoyo, y que no es más que la semisuma de las longitudes proyectadas de los dos vanos contiguos a cada apoyo:

$$Eolovano = \frac{a_i + a_d}{2}$$

Este valor será necesario para conocer el esfuerzo ejercido por el viento sobre los conductores en un determinado apoyo.

Otro valor que necesitaremos conocer, para hallar a continuación la acción del peso que los cables transmiten a cada apoyo, es el valor del Gravivano; este valor viene dado por la longitud proyectada entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos de un apoyo, por lo que para su cálculo será necesario conocer las distancias entre apoyos y

vértices de catenaria de los vanos contiguos. Estas distancias vienen representadas en la figura 9 como Poi (a la izquierda del apoyo) y Pod (a la derecha del apoyo):

$$Gravivano = Poi + Pod$$

A continuación se exponen estas distancias:

<i>Apoyos</i>	<i>ai (m)</i>	<i>ad (m)</i>	<i>Poi (m)</i>	<i>Pod (m)</i>
1	0	315,12	0	157,6
2	315,12	295,2	157,6	147,6
3	295,2	0	147,6	0

Tabla 15: Apoyos y distancias de vanos

APOYO N°:1 PRINCIPIO DE LÍNEA

A consideración de efectos de cálculo, trataremos este apoyo como si fuera de principio de línea, y para su cálculo mecánico será necesario considerar las siguientes hipótesis:

1.ª Hipótesis (viento): hipótesis normal, donde se consideraran los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Viento (según ITC-LAT08 – 4.1.2).
- Temperatura -5°C

3.ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones): hipótesis anormal, donde se considerarán los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Desequilibrio de tracciones (según ITC-LAT08 – 4.2.3)
- Temperatura -5°C

4.ª Hipótesis (Rotura de conductores): hipótesis anormal, donde se considerarán los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Rotura del fiador (según ITC-LAT08 – 4.2.4)

A continuación comenzaremos a calcular los distintos esfuerzos a los que están sometidos los apoyos, dejando como último cálculo el de las cargas permanentes, puesto

que para realizar un cálculo más exacto es necesario conocer el peso del apoyo; estas cargas permanentes son irrelevantes para la elección del apoyo, puesto que los esfuerzos más desfavorables a los que se ve sometido un apoyo son los horizontales como los provocados por el viento, desequilibrio de tracciones y rotura de conductores.

Una vez elegido el apoyo se calcularán estas cargas permanentes para conocer los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo; esfuerzos que obviamente soportarán puesto que están diseñados para soportar esfuerzos más desfavorables.

De esta forma operaremos en los sucesivos apoyos.

Esfuerzos del viento.

Estos esfuerzos vienen dados por la presión que ejerce el viento sobre los distintos elementos de un apoyo como son: conductores, apoyos y sobre herrajes, armados y aisladores. A continuación se representarán los esfuerzos ejercidos por el viento sobre conductores y apoyo:

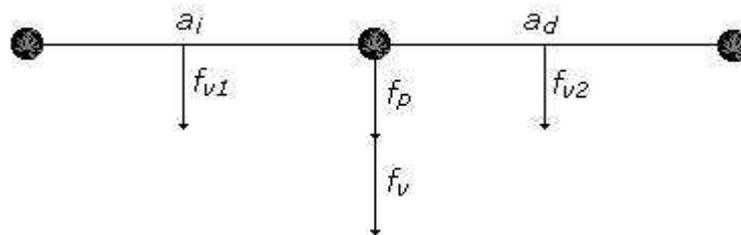


Figura 10: Fuerzas debidas al viento

Donde:

- **f_{v1}** : Esfuerzo del viento ejercido sobre el conductor a la izquierda del apoyo.
- **f_{v2}** : Esfuerzo del viento ejercido sobre el conductor a la derecha del apoyo.
- **f_v** : Esfuerzo del viento resultante ejercido sobre conductores
- **f_p** : Esfuerzo del viento ejercido sobre el apoyo.

Sobre conductores:

La fuerza debida al viento es variable en dirección e intensidad teniendo mayor importancia, cuando sea normal a los conductores y horizontal, como es natural.

Según (ITC-LAT 08 – 4.1.2), se considerará un viento de 120 kilómetros/hora (33,3 m./segundo) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción de este viento da lugar a las presiones (σ_v) que a continuación se indican, sobre los distintos elementos de la línea:

- Sobre cables: $50 \text{ daN}/m^2$
- Sobre superficies planas: $100 \text{ daN}/m^2$

Visto esto, para calcular el esfuerzo que ejerce el viento sobre los conductores se aplicará la siguiente expresión:

$$f_v = f_{v1} + f_{v2} = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000}$$

Donde:

- n: es el número de conductores, que será igual a **6**.
- $a_i = \mathbf{0 \text{ m}}$.
- $a_d = \mathbf{315,12,2 \text{ m}}$.
- $\sigma_v = \mathbf{50 \text{ daN} / m^2}$
- $d = \mathbf{17,5 \text{ mm}}$.

Sustituyendo los valores en la expresión (16), obtendremos un valor de :

$$f_v = 843,21 \text{ Kg}$$

Sobre apoyo:

Según (ITC-LAT08 – 4.1.2 apartado d) Sobre estructuras de celosía se aplicará lo indicado en el apartado 3.1.2.3 de la ITC-LAT07.

Según la (ITC-LAT07 – 3.1.2.3):

La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$f_c = q \cdot A_T \quad \text{daN}$$

Siendo:

- A_T : área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m^2
- q: presión del viento = $170 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \quad \text{daN}$

Estos valores son válidos hasta una altura de 40 metros sobre el terreno circundante, debiendo para mayores alturas adoptarse otros valores debidamente justificados.

La superficie del apoyo es de forma trapezoidal, por lo que utilizamos la fórmula siguiente:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L$$

Donde:

- **d₁** : anchura de una cara del apoyo, a ras de suelo, en el empotramiento.
- **d₂** : anchura de una cara del apoyo, en la cogolla, es decir en el extremo superior.
- **H_L** : altura libre del apoyo, es decir deducido del empotramiento.

Analizando la última expresión, vemos que todos los valores dependen del apoyo elegido; porque estas variables son distintas de un apoyo a otro. Por lo que si quisiésemos realizar este cálculo a priori habría que tomar valores medios estimados de cada variable; pero en este proyecto se ha seguido las recomendaciones de la obra de D. Julián Moreno Clemente “Cálculo de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión”, de utilizar catálogos donde se indican los esfuerzos soportados por los apoyos, descontando el viento sobre el apoyo, pero teniendo en cuenta este a la hora de realizar las comprobaciones de las cimentaciones.

El catálogo utilizado pertenece al fabricante POSTEMEL S.A., y nos ofrece todos estos datos necesarios para calcular la superficie real sobre la que el viento ejerce su esfuerzo, así como una variedad de apoyos para responder ante los esfuerzos a los que están sometidos los diferentes apoyos.

- ***Desequilibrio de tracciones. (perteneciente a la 3ª Hipótesis)***

En la (ITC-LAT artículo 4.2.3), considera la posibilidad de un desequilibrio de tracciones a ambos lados del apoyo; este desequilibrio es variable según el tipo de apoyo, y en este caso que estamos en un apoyo principio de línea, se considera un esfuerzo equivalente al 100 % de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra (que en nuestra línea no hay).

Este esfuerzo se considera para todos los apoyos distribuidos en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores.

Para el cálculo de este esfuerzo, debemos conocer la tracción máxima admisible, que según el artículo 4.3.1 de la ITC-LAT 08, viene dado por la carga de rotura entre un coeficiente de seguridad, que será de 3, en la siguiente condición:

Para la zona A, sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de viento, a la temperatura de -5°C .

Considerando esta tensión máxima, inferior a la tensión máxima teórica pero que a efectos prácticos siempre se puede disminuir está, siempre que la flecha te permita, y como observaremos en los anteriores cálculos está desarrollada.

$$T_m = 1.600 \text{ Kg.}$$

De la tabla de tendido del conductor extraemos el valor de tracción máxima.

Por lo que considerando esta tracción máxima admisible, y teniendo en cuenta que la línea tiene 6 conductores, el esfuerzo total debido a desequilibrio de tracciones (f_d) para este apoyo principio de línea:

$$f_d = n \cdot T_m \cdot 100 / 100 = 6 \cdot 1.600 = 9.600 \text{ Kg.}$$

Este esfuerzo se produce en la dirección de la línea. Conocidos los valores de los esfuerzos a los que esta sometido este primer apoyo, y dado que los esfuerzos se producen en direcciones distintas y perpendiculares, calcularemos el valor resultante (f_r) del mismo:

$f_v = 843,21 \text{ Kg.}$ (en dirección perpendicular a la línea).

$f_d = 9.600 \text{ Kg.}$ (en la dirección de la línea).

$$f_r = \sqrt{f_v^2 + f_d^2}$$

Aplicando esta expresión tendremos un valor resultante de:

$$f_r = 9.636,96 \text{ Kg.}$$

Este esfuerzo resultante tomará un ángulo α con la dirección de la línea, tal que:

$$\text{Tg } \alpha = f_v / f_d = 789,91 / 9.600 \quad \rightarrow \quad \alpha = 5,01^{\circ}$$

Y considerando este ángulo α , el valor de la resultante será:

$$f_r' = f_r \cdot (\cos \alpha + \text{sen } \alpha) = 10441,73 \text{ Kg.}$$

- **Rotura de conductores.** (perteneciente a la 4ª hipótesis)

Según el artículo 4.2.4 de la ITC-LAT 08, se considerara la rotura de un cable fiador por apoyo, independientemente del número de circuitos instalados en él. Este esfuerzo se considerará aplicado en el punto que produzca la sollicitación mas desfavorable para cualquier elemento del apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea concéntrico.

Por lo que al tratarse de una línea con dos conductores por fase, este esfuerzo longitudinal de Rotura de conductores (**frc**) vendrá dado por el valor de la tracción máxima admisible que se dedujo anteriormente:

$$\mathbf{frc = 1.600 Kg.}$$

Debido a la disposición del armado de este apoyo (tresbolillo), y al tratarse de un apoyo de principio de línea, es necesario considerar un esfuerzo a torsión ante la rotura de un conductor, debido al descentramiento de tiros en relación con el eje del apoyo; siendo la situación más desfavorable la de que el conductor roto sea el de cualquiera situado a ambos lados del apoyo, dando lugar a un momento torsor (**ft**) igual a tres medio veces la tensión máxima de un conductor, deducida anteriormente:

$$\mathbf{ft = 3 / 2 \times 1.600 = 2.400 Kg.}$$

Por lo que cuando se elija este apoyo, habrá que comprobar que además de soportar los esfuerzos en punta, haga lo mismo frente los esfuerzos a torsión; teniendo en cuenta que la cruceta tiene una longitud mínima de 1,50 metros desde el eje del apoyo, el momento más desfavorable se producirá a esta distancia.

A continuación se expondrá un cuadro resumen de los esfuerzos a los que está sometido este apoyo en punta:

APOYO N°1	Esfuerzos en punta (Kg)	Esfuerzos resultantes (Kg)
1ª HIPÓTESIS	$f_v = 843,21$	9.636,96
	$f_d = 9.600$	
4ª HIPÓTESIS	$frc = 1.600$	1.600

Tabla 16: Resumen de las fuerzas que actúan sobre el apoyo

Nota: no hay que olvidar el valor del momento torsor al que esta sometido el apoyo, a la hora de comparar el esfuerzo máximo en punta al que puede estar sometido el mismo.

Para la elección del apoyo extraeremos estos datos del conductor de la línea (LA 180), y del mismo apoyo:

- **S** (Sección del conductor) = 181,6 mm².
- **d** (Diámetro aparente del conductor) = 17,5 mm.
- **H_L** (Altura libre) = 11,41 m.
- **F** (esfuerzo más desfavorable) = 9.636,96 Kg.

Dado estos datos, y analizando el esfuerzo máximo en punta elegiremos un apoyo del catálogo de POSTEMEL S.A., cuya elección vendrá dada por la altura libre que el apoyo elegido adopte tras su empotramiento, y que debe ser mayor de 11,41 metros. A continuación se deduce la altura libre real que adopta el apoyo elegido así como las características descriptivas y mecánicas del mismo. Este catalogo de apoyos esta destinado fundamentalmente para ser utilizada en líneas eléctricas de media tensión como la que tratamos.

La altura libre de un apoyo viene dado por la diferencia entre la longitud total de un apoyo y el empotramiento del mismo; el valor de este empotramiento viene dado por:

$$(h - 0,25)$$

Como la longitud del apoyo elegido es de 14,82 metros, y el valor de la profundidad de empotramiento de 2,80 metros, resultará un valor normalizado de altura libre (**H_{LN}**) de:

$$\mathbf{H_L = 13,82 - (2,8 - 0,25) = 11,27 \text{ metros.}}$$

Cuyo valor es mayor, y por lo tanto válido, al del obtenido del trazado del perfil de la línea, en función a las distancias de seguridad mínima del conductor respecto al terreno.

Designación: C- 11.500-13,82-P- Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.13	400	0,262	11.500	9.135
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8\text{Kg} / \text{cm}^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,8		9,58		

Tabla 17: Características del apoyo principio de línea

Para una mayor comprensión de estos valores se hace necesario hacer referencia al plano nº 6 donde se describen los apoyos con todos estos valores representados sobre el mismo.

La designación del apoyo que se indica en el cuadro anterior será desglosada al final de los cálculos de estos apoyos.

Una vez que conocemos las características físicas del apoyo podemos pasar a calcular el esfuerzo provocado por el viento sobre el apoyo (**F_p**), para posteriormente comprobar los datos de las medidas de las cimentaciones aportadas por el fabricante. Recordamos las expresiones que nos llevan a calcular el valor de este esfuerzo:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L$$
$$f_p = q \cdot A_T \quad daN$$

Donde se conocen todos los valores excepto el valor de d_1 , el cual se obtendrá mediante una operación trigonométrica a partir de la siguiente representación:

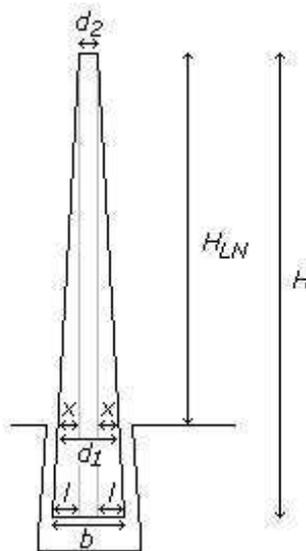


Figura 11: Representación del apoyo con sus respectivas medidas

Donde:

- d_2 : 0,400 m.
- b : 1,13 m.
- H_L : 11,27 m.
- H : 13,82 m.

Y :

$$L = (b - d_2) / 2 = (1,13 - 0,400) / 2 = 0,365 \text{ m.}$$

$$\frac{0,365}{13,82} = \frac{x}{11,27} \quad x = 0,297\text{m}$$

$$d_1 = d_2 + 2 \cdot x = 0,99 \text{ m.}$$

Con el valor de las anchuras del apoyo conocidas, calculamos el valor de la superficie real sobre la que el viento ejerce el esfuerzo, mediante la aplicación de la expresión siguiente, cuyas variables conocemos:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L = \frac{0,99 + 0,4}{2} \cdot 11,27 = 7,83 \text{ m}^2$$

$$A_T = 7,83 \text{ m}^2.$$

Con lo que el esfuerzo que el viento ejerce sobre el apoyo, en el centro de gravedad de la sección longitudinal de la parte no empotrada del mismo es de:

$$f_P = q \cdot A_T \quad daN = 170 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \cdot A_T \cdot \frac{1Kg}{0,981 daN} = 104,48 Kg$$

Pero este valor no puede ser utilizado con los calculados hasta ahora, porque no esta referido a la cogolla del apoyo, por lo que para poder utilizar este esfuerzo será necesario referirlo a la punta; para ello comenzaremos por hallar el centro de gravedad (**Hg.**) del apoyo que viene dado por la siguiente expresión:

$$Hg = \frac{H_L}{3} \cdot \frac{2 \cdot d_2 + d_1}{d_2 + d_1}$$

Sustituyendo los valores conocidos en las variables de la expresión anterior, obtendremos el valor del punto de aplicación del apoyo que se encontrará a una altura sobre el terreno de:

$$Hg = 5,4 \text{ m.}$$

Conocido este valor de Hg, para calcular el valor del esfuerzo provocado en punta (**Fc**) bastará con realizar una igualdad de momentos de los esfuerzos en cada punto, es decir:

$$Fp \cdot H_L = fp \cdot Hg \quad \rightarrow \quad Fp = fp \left(\frac{Hg}{H_L} \right)$$

Sustituyendo los valores de las variables en la expresión anterior, conoceremos el valor del esfuerzo al que esta sometido el apoyo en punta:

$$\mathbf{Fp = 50,06 Kg.}$$

Y este valor debe ser sumado a los calculados anteriormente para la 1ª hipótesis, estando aplicado en la misma dirección que la del esfuerzo del viento sobre conductores, y perpendicularmente al provocado por el desequilibrio de tracciones. El valor de la resultante total vendrá dado por la siguiente expresión:

$$Fr = \sqrt{(fv + Fp)^2 + fd^2}$$

Aplicando esta expresión tendremos un valor resultante de:

$$\mathbf{Fr = 9.641,46 Kg.}$$

Este esfuerzo resultante tomará un ángulo α con la dirección de la línea, tal que:

$$\text{Tg } \alpha' = (fv + Fp) / fd \quad \rightarrow \quad \alpha' = 5,31^\circ$$

Y considerando este ángulo α , el valor de la resultante será:

$$\mathbf{Fr' = Fr \cdot (\cos \alpha' + \sen \alpha') = 10.492,34 Kg.}$$

Como podemos comprobar el esfuerzo máximo al que esta sometido este apoyo en punta es inferior al que soporta el mismo:

$$\mathbf{10.492,34 Kg < 11.500 Kg.}$$

Hay que decir de este esfuerzo máximo, que pertenece a la primera hipótesis por lo que ha de considerarse un coeficiente de seguridad correspondiente a hipótesis normales de 1,5; en el cálculo del apoyo, como se ha hecho.

Comprobación de cimentaciones.

La elección del apoyo se ha realizado con unos valores de medidas de las cimentaciones aportados por el fabricante, los cuales han sido calculados por la fórmula de Sulzberger, que cumple las exigencias prescritas por el artículo 3.6 de la ITC-LAT-07:

“*Coefficiente de seguridad al vuelco*”: En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como a las reacciones y empujes del terreno), respecto a la arista más cargada de la cimentación, y el momento volcador máximo motivado por las acciones externas.

El coeficiente de seguridad no será inferior a los siguientes valores

- Hipótesis normales.....1,5
- Hipótesis anormales.....1,20

Ángulo de giro de los cimientos.- En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a : 0.01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno”.

Dicha fórmula es la siguiente:

$$M_F = 139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4 + a^3(h+0,2) \cdot \left(0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{1,1 \cdot \frac{h}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right)$$

Donde:

- **M_f** : momento de fallo al vuelco, en Kg·m.
- **a** : anchura del cimiento, en metros.
- **h** : profundidad del cimiento, en metros.
- **C₂** : coeficiente de compresibilidad del terreno, en Kg / cm³ a la profundidad de 2 metros,.

Estos valores de C₂, para los distintos tipos de terreno pueden verse en la siguiente tabla, clasificando este valor en cuatro clases de terreno:

- Terreno flojo, con C₂ = 4 Kg / cm³.
- Terreno mediano, con C₂ = 8 Kg / cm³.
- Terreno bueno, con C₂ = 12 Kg / cm³.

- Terreno fuerte, con $C_2 = 16 \text{ Kg / cm}^3$.

ITC-LAT07 Art. 3.6 - TABLA 10 - Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones					
Naturaleza del terreno	Peso específico aparente Tn/m3	Ángulo de Talud natural Grados sexag.	Carga admisible Kg/cm2	Coefficiente rozamiento entre cimiento y terreno al arranque Grados sexag.	Coefficiente de compresibilidad a 2 metros de profundidad Kg/cm3 (b)
I. Rocas en buen estado. <i>Isótropas</i> <i>Estratificadas (con Algunas grietas)</i>			30-60 10-20		
II. Terrenos no coherentes. a) <i>Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen grava hasta 70 mm. De tamaño).</i>	1,80-1,90		4-8	20°-22°	
b) <i>Arenoso grueso (con diámetros de partículas entre 2 mm. y 0,2 mm.).</i>	1,60-1,80	30°	2-4	20°-25°	8-20
c) <i>Arenoso fino (con diámetros de partículas entre 0,2 y 0,002 mm.)</i>	1,50-1,60		1,5-3		
III. Terrenos no coherentes sueltos. a) <i>Gravera arenosa.</i>	1,70-1,80		3-5		
b) <i>Arenoso grueso.</i>	1,60-1,70	30°	2-3		
c) <i>Arenoso fino.</i>	1,40-1,50		1-1,5		8-12

IV. Terrenos coherentes (a)					
a) Arcilloso duro.	1,80		4	20°-25	10
b) Arcilloso semiduro.	1,80	20°	2	22°	6-8
c) Arcilloso blando.	1,50-2,00		1	14-16°	4-5
d) Arcilloso fluido.	1,60-1,70		-	0°	2-3
V. Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general.	0,60-1,10		(C)		(C)
VI. Terrenos de relleno sin consolidar.	1,40-1,60	30°-40°	(C)	14°-20°	(C)

Tabla 18: Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones

(a) *Duro*.- Los terrenos con su humedad natural se rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara.

Semiduro.- Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura.

Blando.- Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 milímetros de diámetro. Tonalidad oscura.

Fluido.- Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.

(b) Puede admitirse que sea proporcional a la profundidad en que se considere la acción.

(c) Se determinará experimentalmente”.

Nuestro terreno está encuadrado dentro del arcilloso semiduro, y por tanto es de clase mediano con un coeficiente de compresibilidad de 8 Kg / cm³, con una carga admisible de 2 Kg / cm².

El reglamento nos exige un coeficiente de seguridad al vuelco de 1,5 en hipótesis y condiciones normales. Por otra parte, por el método de *Sulzberger* se determina el momento de vuelco con respecto al punto de giro del macizo. Puede suponerse que dicho momento es aproximadamente un 10% mayor que el calculado con respecto al nivel del

terreno (para aplicar este factor hemos disminuido M_f en este porcentaje, multiplicándolo por 0,9).

En estas condiciones se verifica que el momento máximo M admisible en un apoyo, producido por fuerzas externas, debe ser con respecto al momento de fallo al vuelco, M_f :

$$\frac{M_f \cdot 0,9}{M} \geq 1,5 \quad \rightarrow \quad \frac{M_f}{M} \geq 1,65$$

Para hipótesis anormales, el coeficiente de seguridad a tener en consideración es de 1,2, y la expresión será la siguiente (aunque nosotros vamos a utilizar para todos los apoyos el coeficiente de seguridad de hipótesis normales):

$$\frac{M_f \cdot 0,9}{M} \geq 1,2 \quad \rightarrow \quad \frac{M_f}{M} \geq 1,32$$

El momento máximo vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable calculado (F), y la altura libre del apoyo:

$$M = F \cdot H_{LN}$$

Esta altura libre puede ser reducida en los apoyos con disposición de armado doble circuito, tomando como altura libre media hasta la cruceta del medio; pero como con la altura libre se tiene un esfuerzo más desfavorable tomaremos este para comparar el momento máximo.

Comprobación de las medidas de las cimentaciones:

Datos necesarios para la comprobación de las cimentaciones:

- $F = 10.492,34 \text{ Kg.}$
- $H_L = 11,27 \text{ m.}$

Medidas para cimentaciones ($C_2 = 8 \text{ Kg / cm}^3$) $a = 1,92 \text{ m.}$

- $h = 2,8 \text{ m.}$
- $V = 10,51 \text{ m}^3.$

Aplicando la expresión de Sulzberger, obtenemos el momento del fallo al vuelco:

$$M_f = 185.987,84 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Y aplicando la fórmula tendremos anteriormente descrita el momento máximo sobre el apoyo:

$$M = 118.370,85 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Ahora comprobaremos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido, y de lo contrario sería necesario rectificar las medidas de las cimentaciones:

$$M_f / M = 1,81 > 1,65$$

Como vemos se cumple el coeficiente de seguridad, por tanto no debemos cambiar las medidas de las cimentaciones.

Cargas permanentes.

Estas cargas permanentes se definen según el artículo 4.1.1 de la ITC-LAT 08, como: “Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos, cables, herrajes, empalmes, aparata, apoyos y cimentaciones”

Analicemos estos pesos verticales:

Peso de conductores.

Viene dado por esta expresión:

$$P_c = n \cdot a_g \cdot S \cdot \gamma$$

Donde:

- n: nº de conductores = 6.
- a_g: gravivano, que vimos con anterioridad como se calculaba.
- a_g = P_{oi} + P_{od}
 - P_{oi} = 147,6 m.
 - P_{od} = 0 m.
- a_g = 157,6 m.
- S: sección del conductor = 181,6 mm².
- γ: peso específico del conductor = 3,74 · 10⁻³ Kg / m³.

Sustituyendo valores, el peso de los conductores será:

$$P_c = 642,24 \text{ Kg.}$$

Peso de cadena de aisladores de amarre.

Estos pesos se calcularon independientemente en el apartado 3.3, incluyendo pesos de herrajes y aisladores:

○ P_{aa} (Peso de cadenas de amarre) = 8,17 Kg.

Ahora tendremos en cuenta, el n° de cadenas que tendrán cada apoyo:
Este apoyo *principio de línea*: 12 cadenas de aisladores de amarre.
Por lo que el peso total de las cadenas de aisladores (P_{at}) que soporta el apoyo es de:

$$P_{at} = 12 \cdot P_{aa} = 12 \cdot 8,17 = 98,04 \text{ Kg.}$$

Peso de un hombre.

Debemos prever el peso de un operario (P_H), que pueda subir al apoyo en el momento del tendido, o bien para efectuar reparaciones, una vez que la línea este en servicio.

$$P_H = 100 \text{ Kg.}$$

Peso de apoyo y armado.

Una vez conocido el apoyo elegido podremos incluir el peso de este como carga permanente, incluyendo para ello el peso del armado correspondiente:

P_Y : peso del apoyo, en Kg.

P_{AR} : peso del armado, en Kg.

$$P_Y = 950 \text{ kg.}$$
$$P_{AR} = 110 \text{ Kg.}$$

Peso adicional.

Incluimos este apartado por la existencia en algunos apoyos de elementos de aparamenta y protección que significan un peso considerable a sumar a las cargas permanentes.

En este primer apoyo se dispondrá de un interruptor-seccionador que supondrá un peso adicional (P_{ad}) de 100 Kg.

$P_{ad} = 100 \text{ Kg.}$

Con lo que, las cargas permanentes (P_{CP}) se obtendrán de sumar todos los pesos calculados:

- P_c 642,24 Kg.
- P_{at} 98,04 Kg.
- P_H 100 Kg.
- P_Y 950 Kg.
- P_{AR} 110 Kg.
- P_{ad} 100 Kg.

P_{CP} 2.000,38Kg.

APOYO N°2: ÁNGULO

Este apoyo a diferencia de los demás, es el único apoyo en el trazado en ángulo, para su cálculo mecánico será necesario considerar las siguientes hipótesis.

En los apoyos de alineación y de ángulo, con fiador de carga de rotura inferior a 6.470 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis cuando la en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que el fiador tenga un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo;
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea correspondiente a las hipótesis normales;
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

En los restantes tipos de apoyos sí se deberá considerar la cuarta hipótesis.

1.ª Hipótesis (viento): hipótesis normal, donde se consideraran los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Viento (según ITC-LAT08 – 4.1.2).
- Resultante del ángulo
- Temperatura -5°C

3.ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones): hipótesis anormal, donde se considerarán los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Desequilibrio de tracciones (según ITC-LAT08 – 4.2.3)
- Temperatura -5°C

Antes de comenzar con los cálculos vamos a exponer una figura representativa del ángulo que forman los conductores, indicando su valor:

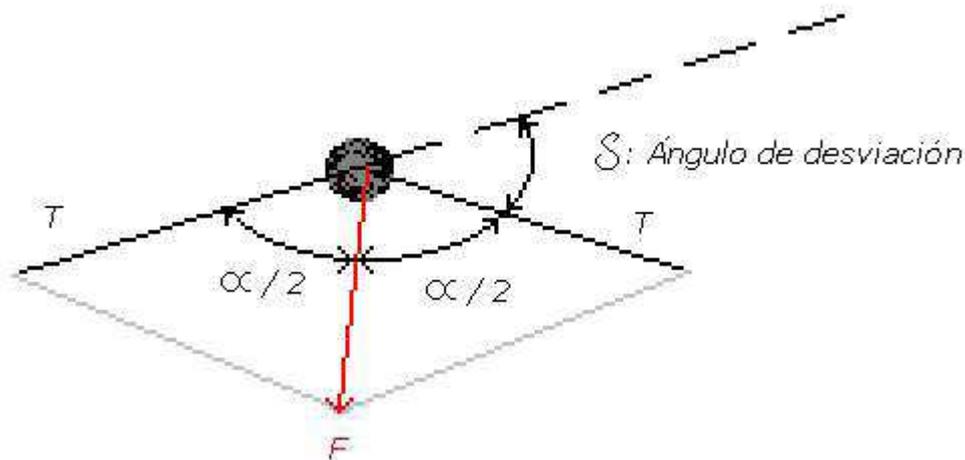


Figura 12: Representación de ángulo de los conductores en el apoyo

Donde:

- δ : ángulo de desviación, e igual a 60° .
- α : $(180 - \delta) = 120^\circ$
- F : resultante de ángulo.

- **Esfuerzos del viento.**

Estos esfuerzos vienen dados por la presión que ejerce el viento sobre los distintos elementos de un apoyo como son: conductores, apoyos y sobre herrajes, armados y aisladores. Sólo estudiaremos este efecto sobre conductores y apoyos.

Sobre conductores:

La fuerza debida al viento es variable en dirección e intensidad teniendo mayor importancia, cuando sea normal a los conductores y horizontal, como es natural.

Según (ITC-LAT08 – 4.1.2)., se considerará un viento de 120 kilómetros/hora (33,3 m./segundo) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción de este viento da lugar a las presiones (σV) que a continuación se indican, sobre los distintos elementos de la línea:

- Sobre cables: 50 daN/m^2
- Sobre superficies planas: 100 daN/ m^2

Visto esto, para calcular el esfuerzo que ejerce el viento sobre los conductores se aplicará la siguiente expresión:

La fuerza debida al viento es variable en dirección e intensidad teniendo mayor importancia, cuando sea normal a los conductores y horizontal, como es natural. Según el artículo 4.1.2, de la ITC-LAT-08, se considerará un viento de 120 Kilómetros/hora (33,3 m/segundo) de velocidad.

Para calcular el esfuerzo que ejerce el viento sobre los conductores se aplicará la expresión siguiente, que recordamos:

$$f_v = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000} \cdot \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right)$$

Donde:

- n: es el número de conductores, y es igual a **6**.
- ai = **315,12 m**.
- ad = **295,2 m**.
- $\sigma_v = 50 \text{ daN / m}^2$
- d = **17,5 mm**.

Sustituyendo los valores en la expresión anterior, obtendremos un valor de :

$$f_v = 1633,11 \text{ Kg.}$$

Resultante del ángulo.

Este valor es la resultante provocada por las tensiones a los dos lados del apoyo, que suponemos iguales:

$$Fr = 2 \cdot n \cdot T \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$$

Estas variables vienen reflejadas en la *figura 12*; siendo n el nº de conductores. Por lo que sustituyendo valores obtenemos una resultante de ángulo de:

$$Fr = 9.000 \text{ Kg.}$$

- ***Desequilibrio de tracciones. (perteneciente a la 3ª Hipótesis)***

En el (ITC-LAT08 artículo 4.2.3), considera la posibilidad de un desequilibrio de tracciones a ambos lados del apoyo; este desequilibrio es variable según el tipo de apoyo, y en este caso que estamos en un apoyo ángulo, se considera un esfuerzo equivalente al 15 % de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra (que en nuestra línea no hay).

En contra de lo que se prescribe en este artículo del LAT, en el método de cálculo de apoyos, extraído de la obra “Cálculo de Líneas Aéreas Eléctricas de Alta Tensión”, se recomienda la estimación de un esfuerzo equivalente al 50 % de las tracciones unilaterales (en vez de un 15%), en los apoyos de ángulo que utilicen cadenas de aisladores de amarre, como en nuestro caso. Por lo que al prever un esfuerzo más desfavorable y este no suponer un cálculo menos seguro (sino todo lo contrario), adoptaremos dicha recomendación, aunque esta no sea especificada en el LAT.

Este esfuerzo se considera para todos los apoyos distribuidos en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores.

Para el cálculo de este esfuerzo, debemos conocer la tracción máxima admisible, que según el artículo 4.3.1 de la ITC-LAT 08, viene dado por la carga de rotura entre un coeficiente de seguridad, que será de 3, en la siguiente condición:

Para la zona A, sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de viento, a la temperatura de – 5°C.

De la tabla de tendido del conductor extraemos el valor de tracción máxima admisible, designada por T_m , y que es igual a:

$$T_m = 1.500 \text{ Kg.}$$

Por lo que considerando esta tracción máxima admisible, y teniendo en cuenta que la línea tiene 6 conductores, el esfuerzo total debido a desequilibrio de tracciones (f_d) para este apoyo en ángulo:

$$f_d = n \cdot T_m \cdot 50 / 100 = 6 \cdot 1.600 \cdot 0.5 = 4.800 \text{ Kg.}$$

Dado que los apoyos vienen definidos normalmente por su resistencia en dos direcciones perpendiculares, habrá que determinar el esfuerzo equivalente en la dirección de la perpendicular a la bisectriz:

$$F_d = f_d \left(\cos \frac{180 - \alpha}{2} + \text{sen} \frac{180 - \alpha}{2} \right)$$

Sustituyendo los valores de las variables, obtenemos un esfuerzo equivalente de:

$$Fd = 6.556,92 \text{ Kg.}$$

En este tipo de apoyos no será necesario considerar el momento torsor que se tuvo en cuenta en el primer apoyo, puesto que hemos prescindido de la 4ª hipótesis para los apoyos de alineación y de ángulo; por lo que a continuación se expondrá un cuadro resumen de los esfuerzos a los que está sometido este apoyo en punta:

APOYO N°2	Esfuerzos en punta (Kg)	Esfuerzos resultantes (Kg)
1ª HIPÓTESIS	$f_v = 1633,11$	9.146,96
	$F_r = 9.000$	
3ª HIPÓTESIS	$F_d = 6556,92$	6556,92

Tabla 19: Resumen de las fuerzas aplicadas al apoyo en ángulo

Para la elección del apoyo extraeremos estos datos del conductor de la línea (LA 180), y del mismo apoyo:

- **S** (Sección del conductor) = 181,6 mm².
- **d** (Diámetro aparente del conductor) = 17,5 mm².
- **H_L**(Altura libre) = 10,95 m.
- **F** (esfuerzo más desfavorable) = 9.737,918 Kg.

Dado estos datos, y analizando el esfuerzo máximo en punta elegiremos un apoyo del catálogo de POSTEMEL S.A. cuya elección vendrá dada por la altura libre que el apoyo elegido adopte tras su empotramiento, y que debe ser mayor de 10,95 metros. A continuación se deduce la altura libre real que adopta el apoyo elegido así como las características descriptivas y mecánicas del mismo.

En este catálogo, los esfuerzos soportados por los apoyos son calculados con un coeficiente de seguridad de 1,5, correspondientes a hipótesis normales.

La altura libre de un apoyo viene dado por la diferencia entre la longitud total de un apoyo y el empotramiento del mismo; el valor de este empotramiento viene dado por:

$$(h - 0,25)$$

Como la longitud del apoyo elegido es de 13,82 metros, y el valor de la profundidad de empotramiento de 2,65 metros, resultará un valor normalizado de altura libre (H_{LN}) de:

$$H_{LN} = 13,82 - (2,65 - 0,25) = 11,22 \text{ m}$$

Cuyo valor es mayor, y por lo tanto válido, al del obtenido del trazado del perfil de la línea, en función a las distancias de seguridad mínima del conductor respecto al terreno.

Designación: C - 9.500-13,82 – G - Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.100	450	0,277	11.500	9.300
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8\text{Kg} / \text{cm}^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,65		9,07		

Tabla 20: Características del apoyo en ángulo.

Para una mayor comprensión de estos valores se hace necesario hacer referencia al plano nº 6 donde se describen los apoyos con todos estos valores representados sobre el mismo.

La designación del apoyo que se indica en el cuadro anterior será desglosada al final de los cálculos de estos apoyos.

Una vez que conocemos las características físicas del apoyo podemos pasar a calcular el esfuerzo provocado por el viento sobre el apoyo (F_p), para posteriormente comprobar los datos de las medidas de las cimentaciones aportadas por el fabricante.

Recordamos las expresiones que nos llevan a calcular el valor de este esfuerzo:

$$f_p = q \cdot A_T \quad \text{daN}$$

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L$$

Donde se conocen todos los valores excepto el valor de d_1 , el cual se obtendrá mediante una operación trigonométrica a partir de la figura 8 vista anteriormente.

$$(h - 0,25)$$

Donde:

- d_2 :0,450 m.
- b : 1,100 m.
- H_{LN} : 11,22 m.
- H : 13,82 m.

Y :

$$L = (b - d_2) / 2 = (1,132 - 0,450) / 2 = 0,33 \text{ m.}$$

$$\frac{0,33}{13,82} = \frac{x}{11,22} \quad x = 0,27 \text{ m}$$

$$d_1 = d_2 + 2 \cdot x = 0,99 \text{ m}$$

Con el valor de las anchuras del apoyo conocidas, calculamos el valor de la superficie real sobre la que el viento ejerce el esfuerzo, cuyas variables conocemos:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L = \frac{0,99 + 0,45}{2} \cdot 10,95 = 7,884 \text{ m}^2$$

$$A_T = 7,884 \text{ m}^2.$$

Con lo que el esfuerzo que el viento ejerce sobre el apoyo, , en el centro de gravedad de la sección longitudinal de la parte no empotrada del mismo es de:

$$f_p = q \cdot A_T \quad daN = 170 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \cdot A_T \cdot \frac{1Kg}{0,981 daN} = 101,248 Kg$$

Pero este valor no puede ser utilizado con los calculados hasta ahora, porque no esta referido a la cogolla del apoyo, por lo que para poder utilizar este esfuerzo será necesario referirlo a la punta; para ello comenzaremos por hallar el centro de gravedad (H_g) del apoyo que viene dado por la siguiente expresión:

$$H_g = \frac{H_{LN}}{3} \cdot \frac{2 \cdot d_2 + d_1}{d_2 + d_1}$$

Sustituyendo los valores conocidos en las variables de la expresión anterior, obtendremos el valor del punto de aplicación del apoyo que se encontrará a una altura sobre el terreno de:

$$H_g = 4,7$$

Conocido este valor de H_g , para calcular el valor del esfuerzo provocado en punta (F_p) bastará con realizar una igualdad de momentos de los esfuerzos en cada punto, es decir:

$$F_p \cdot H_{LN} = f_p \cdot H_g \quad \rightarrow \quad F_p = f_p \left(\frac{H_g}{H_{LN}} \right)$$

Sustituyendo los valores de las variables en la expresión anterior, conoceremos el valor del esfuerzo al que esta sometido el apoyo en punta:

$$F_p = 42,41 \text{ Kg.}$$

Y este valor debe ser sumado a los calculados anteriormente para la 1ª hipótesis, estando aplicado en la misma dirección que la del esfuerzo del viento sobre conductores. El valor de la resultante total vendrá dado por la siguiente expresión:

$$F_r = f_v + F_p$$

Aplicando esta expresión tendremos un valor resultante de:

$$F_r = 1.675,52 \text{ Kg}$$

Comparando este valor con los expuestos en la tabla 17, observamos que el esfuerzo más desfavorable al que puede estar sometido el apoyo sigue siendo el provocado por un posible desequilibrio de conductores, e igual a 5.856,47 Kg.

Como podemos comprobar el esfuerzo máximo al que esta sometido este apoyo en punta es inferior al que soporta el mismo, con un coeficiente de seguridad de 1,5.

$$9.146,96 \text{ Kg.} < 9.300 \text{ Kg.}$$

Comprobación de cimentaciones.

La elección del apoyo se ha realizado con unos valores de medidas de las cimentaciones aportados por el fabricante, los cuales han sido calculados por la fórmula de *Sulzberger*, que cumple las exigencias prescritas por el artículo 3.6 de la ITC-LAT07, enunciadas con anterioridad

Dicha fórmula es la siguiente:

$$M_F = 139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4 + a^3 (h + 0,2) \cdot \left(0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{1,1 \cdot \frac{h}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right)$$

Donde:

- **M_f** : momento de fallo al vuelco, en Kg·m.
- **a** : anchura del cimiento, en metros.
- **h** : profundidad del cimiento, en metros.
- **C₂**: coeficiente de compresibilidad del terreno, en Kg / cm³ a la profundidad de 2 metros,.

Recordamos la expresión que nos permitía calcular el coeficiente de seguridad en hipótesis normales, que venía dada por la ecuación siguiente:

$$\frac{M_f \cdot 0,9}{M} \geq 1,5 \quad \rightarrow \quad \frac{M_f}{M} \geq 1,65$$

Para hipótesis anormales, no se volverá a enunciar el coeficiente de seguridad puesto que no la vamos a utilizar.

El momento máximo vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable calculado (**F**), y la altura libre del apoyo:

$$M = F \cdot H_{LN}$$

Comprobación de las medidas de las cimentaciones:

Datos necesarios para la comprobación de las cimentaciones:

- F = 9.146,96 Kg.
- H_{LN} = 11,22 m.

Medidas para cimentaciones ($C_2 = 8 \text{ Kg} / \text{cm}^3$)

- $a = 1,85 \text{ m.}$
- $h = 2,65 \text{ m.}$
- $V = 9,07 \text{ m}^3.$

Aplicando la expresión de Sulzberger, obtenemos el momento del fallo al vuelco:

$$M_f = 174.512,09 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Y aplicando la fórmula tendremos el momento máximo sobre el apoyo:

$$M = 102.628,84 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Ahora comprobaremos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido, y de lo contrario sería necesario rectificar las medidas de las cimentaciones:

$$M_f / M = 1,70 > 1,65$$

Como vemos se cumple el coeficiente de seguridad, por tanto no debemos cambiar las medidas de las cimentaciones.

Cargas permanentes.

Estas cargas permanentes se definen según el artículo 4.1.1 de la ITC-LAT 08, como: “Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos, cables, herrajes, empalmes, aparata, apoyos y cimentaciones”

Analicemos estos pesos verticales:

Peso de conductores.

Viene dado por esta expresión: $P_c = n \cdot a_g \cdot S \cdot \gamma$

Donde:

- n : nº de conductores = 6.
- a_g : gravivano, que vimos con anterioridad como se calculaba.
- $a_g = P_{oi} + P_{od}$
 - $P_{oi} = 147,6 \text{ m.}$
 - $P_{od} = 157,6 \text{ m.}$
- $a_g = 305,2 \text{ m.}$
- S : sección del conductor = $181,6 \text{ mm}^2.$
- γ : peso específico del conductor = $3,74 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} / \text{m}^3.$

Sustituyendo valores, el peso de los conductores será:

$$P_c = 1.243,72 \text{ Kg.}$$

Peso de cadena de aisladores de amarre.

Estos pesos se calcularon independientemente en el apartado 3.3, incluyendo pesos de herrajes y aisladores:

○ P_{aa} (Peso de cadenas de amarre) = 8,17 Kg.

Ahora tendremos en cuenta, el nº de cadenas que tendrán cada apoyo:

Este apoyo *principio de línea*: 12 cadenas de aisladores de amarre.

Por lo que el peso total de las cadenas de aisladores (P_{at}) que soporta el apoyo es de:

$$P_{at} = 12 \cdot P_{aa} = 12 \cdot 8,17 = 98,04 \text{ Kg.}$$

Peso de un hombre.

Debemos prever el peso de un operario (P_H), que pueda subir al apoyo en el momento del tendido, o bien para efectuar reparaciones, una vez que la línea este en servicio.

$$P_H = 100 \text{ Kg.}$$

Peso de apoyo y armado.

Una vez conocido el apoyo elegido podremos incluir el peso de este como carga permanente, incluyendo para ello el peso del armado correspondiente:

P_Y : peso del apoyo, en Kg.

P_{AR} : peso del armado, en Kg.

$$P_Y = 950 \text{ kg.}$$
$$P_{AR} = 110 \text{ Kg.}$$

Peso adicional.

Incluimos este apartado por la existencia en algunos apoyos de elementos de aparamenta y protección que significan un peso considerable a sumar a las cargas permanentes.

En este primer apoyo se dispondrá de un interruptor-seccionador que supondrá un peso adicional (P_{ad}) de 100 Kg.

$P_{ad} = 100 \text{ Kg.}$

Con lo que, las cargas permanentes (P_{CP}) se obtendrán de sumar todos los pesos calculados:

P_c	1243,72 Kg.
P_{at}	98,04 Kg.
P_H	100 Kg.
P_Y	950 Kg.
P_{AR}	110 Kg.
P_{ad}	100 Kg.

P_{CP} .....2.601,76 Kg.

APOYO N°3: FIN DE LÍNEA

Según el artículo 4.3.3. ITC-LAT 08 debemos atender a las siguientes hipótesis:

1.ª Hipótesis (viento): hipótesis normal, donde se consideraran los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Viento (según ITC-LAT08 – 4.1.2).
- Temperatura -5°C

3.ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones): hipótesis anormal, donde se considerarán los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Desequilibrio de tracciones (según ITC-LAT08 – 4.2.3)
- Temperatura -5°C

4.ª Hipótesis (Rotura de conductores): hipótesis anormal, donde se considerarán los siguientes esfuerzos:

- Cargas permanentes (según ITC-LAT08 – 4.1.1)
- Rotura del fiador (según ITC-LAT08 – 4.2.4)

A continuación comenzaremos a calcular los distintos esfuerzos a los que están sometidos los apoyos, dejando como último cálculo el de las cargas permanentes, puesto que para realizar un cálculo más exacto es necesario conocer el peso del apoyo; estas cargas permanentes son irrelevantes para la elección del apoyo, puesto que los esfuerzos más desfavorables a los que se ve sometido un apoyo son los horizontales como los provocados por el viento, desequilibrio de tracciones y rotura de conductores.

Una vez elegido el apoyo se calcularán estas cargas permanentes para conocer los esfuerzos verticales a los que se ve sometido el apoyo; esfuerzos que obviamente soportarán puesto que están diseñados para soportar esfuerzos más desfavorables.

De esta forma operaremos en los sucesivos apoyos.

- ***Esfuerzos del viento.***

Estos esfuerzos vienen dados por la presión que ejerce el viento sobre los distintos elementos de un apoyo como son: conductores, apoyos y sobre herrajes, armados y aisladores.

Sobre conductores:

La fuerza debida al viento es variable en dirección e intensidad teniendo mayor importancia, cuando sea normal a los conductores y horizontal, como es natural.

Según (ITC-LAT08 – 4.1.2)., se considerará un viento de 120 kilómetros/hora (33,3 m./segundo) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción de este viento da lugar a las presiones (σV) que a continuación se indican, sobre los distintos elementos de la línea:

- Sobre cables: 50 daN/m²
- Sobre superficies planas: 100 daN/ m²

Visto esto, para calcular el esfuerzo que ejerce el viento sobre los conductores se aplicará la siguiente expresión:

$$f_v = f_{v1} + f_{v2} = \frac{a_i + a_d}{2} \cdot n \cdot \frac{\sigma_v \cdot d}{1000}$$

Donde:

- n: es el número de conductores, que será igual a **6**.
- ai = **295,2 m**.

- $ad = 0 \text{ m}$.
- $\sigma V = 50 \text{ daN / m}^2$
- $d = 17,5 \text{ mm}$.

Sustituyendo los valores en la expresión anterior, obtendremos un valor de :

$$f_v = 789,91 \text{ Kg}$$

Sobre apoyo:

Según (ITC-LAT08 – 4.1.2 apartado d) Sobre estructuras de celosía se aplicará lo indicado en el apartado 3.1.2.3 de la ITC-LAT07.

Según la (ITC-LAT07 – 3.1.2.3):

La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$f_c = q \cdot A_T \quad \text{daN}$$

Siendo:

- A_T : área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m^2
- q : presión del viento = $170 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \quad \text{daN}$

Estos valores son válidos hasta una altura de 40 metros sobre el terreno circundante, debiendo para mayores alturas adoptarse otros valores debidamente justificados.

La superficie del apoyo es de forma trapezoidal, por lo que utilizamos la fórmula siguiente:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L$$

Donde:

- d_1 : anchura de una cara del apoyo, a ras de suelo, en el empotramiento.
- d_2 : anchura de una cara del apoyo, en la cogolla, es decir en el extremo superior.
- H_L : altura libre del apoyo, es decir deducido del empotramiento.

Analizando la última expresión, vemos que todos los valores dependen del apoyo elegido; porque estas variables son distintas de un apoyo a otro. Por lo que si quisiésemos realizar este cálculo a priori habría que tomar valores medios estimados de cada variable;

pero en este proyecto se ha seguido las recomendaciones de la obra de D. Julián Moreno Clemente “Cálculo de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión”, de utilizar catálogos donde se indican los esfuerzos soportados por los apoyos, descontando el viento sobre el apoyo, pero teniendo en cuenta este a la hora de realizar las comprobaciones de las cimentaciones.

El catálogo utilizado pertenece al fabricante *POSTEMEL S.A.*, y nos ofrece todos estos datos necesarios para calcular la superficie real sobre la que el viento ejerce su esfuerzo, así como una variedad de apoyos para responder ante los esfuerzos a los que están sometidos los diferentes apoyos.

- ***Desequilibrio de tracciones. (perteneciente a la 3ª Hipótesis)***

En la (ITC-LAT artículo 4.2.3), considera la posibilidad de un desequilibrio de tracciones a ambos lados del apoyo; este desequilibrio es variable según el tipo de apoyo, y en este caso que estamos en un apoyo principio de línea, se considera un esfuerzo equivalente al 100 % de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra (que en nuestra línea no hay).

Este esfuerzo se considera para todos los apoyos distribuidos en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores.

Para el cálculo de este esfuerzo, debemos conocer la tracción máxima admisible, que según el artículo 4.3.1 de la ITC-LAT 08, viene dado por la carga de rotura entre un coeficiente de seguridad, que será de 3, en la siguiente condición:

Para la zona A, sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de viento, a la temperatura de -5°C .

Considerando está tensión máxima, inferior a la tensión máxima teórica pero que a efectos prácticos siempre se puede disminuir está, siempre que la flecha te permita, y como observaremos en los anteriores cálculos está desarrollada.

$$T_m = 1.600 \text{ Kg.}$$

De la tabla de tendido del conductor extraemos el valor de tracción máxima

Por lo que considerando esta tracción máxima admisible, y teniendo en cuenta que la línea tiene 6 conductores, el esfuerzo total debido a desequilibrio de tracciones (*fd*) para este apoyo principio de línea:

$$fd = n \cdot T_m \cdot 100 / 100 = 6 \cdot 1.600 = \mathbf{9.600 \text{ Kg}}$$

Este esfuerzo se produce en la dirección de la línea. Conocidos los valores de los esfuerzos a los que esta sometido este primer apoyo, y dado que los esfuerzos se producen en direcciones distintas y perpendiculares, calcularemos el valor resultante (**fr**) del mismo:

fv = 789,91 Kg. (en dirección perpendicular a la línea).

fd = 9.600 Kg. (en la dirección de la línea).

$$f_r = \sqrt{f_v^2 + f_d^2}$$

Aplicando esta expresión tendremos un valor resultante de:

$$\mathbf{fr = 9.632,44Kg.}$$

Este esfuerzo resultante tomará un ángulo α con la dirección de la línea, tal que:

$$\text{Tg } \alpha = f_v / f_d = 789,91 / 9.600 \quad \rightarrow \quad \alpha = 4,7^\circ$$

Y considerando este ángulo α , el valor de la resultante será:

$$\mathbf{fr' = fr \cdot (\cos \alpha + \text{sen } \alpha) = 10389,31 \text{ Kg.}}$$

- **Rotura de conductores.** (perteneciente a la 4ª hipótesis)

Según el artículo 4.2.4 de la ITC-LAT08 , Se considerara la rotura de un cable fiador por apoyo, independientemente del número de circuitos instalados en él. Este esfuerzo se considerará aplicado en el punto que produzca la solicitud mas desfavorable para cualquier elemento del apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea concéntrico.

Por lo que al tratarse de una línea con dos conductores por fase, este esfuerzo longitudinal de Rotura de conductores (**frc**) vendrá dado por el valor de la tracción máxima admisible que se dedujo anteriormente:

$$\mathbf{frc = 1.600 \text{ Kg.}}$$

Debido a la disposición del armado de este apoyo (tresbolillo), y al tratarse de un apoyo de principio de línea, es necesario considerar un esfuerzo a torsión ante la rotura de un conductor, debido al descentramiento de tiros en relación con el eje del apoyo; siendo la situación más desfavorable la de que el conductor roto sea el de cualquiera situado a ambos lados del apoyo, dando lugar a un momento torsor (**ft**) igual a tres medio veces la tensión máxima de un conductor, deducida anteriormente:

$$ft = 3 / 2 \times 1.600 = 2.400 \text{ Kg.}$$

Por lo que cuando se elija este apoyo, habrá que comprobar que además de soportar los esfuerzos en punta, haga lo mismo frente los esfuerzos a torsión; teniendo en cuenta que la cruceta tiene una longitud mínima de 1,50 metros desde el eje del apoyo, el momento más desfavorable se producirá a esta distancia.

A continuación se expondrá un cuadro resumen de los esfuerzos a los que está sometido este apoyo en punta:

APOYO N°3	Esfuerzos en punta (Kg)	Esfuerzos resultantes (Kg)
1ª HIPÓTESIS	$f_v = 789,91$	10389,31
	$f_d = 9.600$	
4ª HIPÓTESIS	$f_{rc} = 1.600$	1.600

Tabla 21: Resumen de Fuerzas sobre el apoyo fin de Línea.

Nota: no hay que olvidar el valor del momento torsor al que esta sometido el apoyo, a la hora de comparar el esfuerzo máximo en punta al que puede estar sometido el mismo.

Para la elección del apoyo extraeremos estos datos del conductor de la línea (LA 180), y del mismo apoyo:

- **S:** (Sección del conductor) = 181,6 mm².
- **D:** (Diámetro aparente del conductor) = 17,5 mm².
- **H_L:**(Altura libre) = 11,41 m.
- **F:** (esfuerzo más desfavorable) = 10.389,31Kg.

Dado estos datos, y analizando el esfuerzo máximo en punta elegiremos un apoyo del catálogo de POSTEMEL S.A., cuya elección vendrá dada por la altura libre que el apoyo elegido adopte tras su empotramiento, y que debe ser mayor de 11,41 metros. A continuación se deduce la altura libre real que adopta el apoyo elegido así como las características descriptivas y mecánicas del mismo. Este catalogo de apoyos esta destinado fundamentalmente para ser utilizada en líneas eléctricas de media tensión como la que tratamos.

La altura libre de un apoyo viene dado por la diferencia entre la longitud total de un apoyo y el empotramiento del mismo; el valor de este empotramiento viene dado por:

$$(h - 0,25)$$

Como la longitud del apoyo elegido es de 14,82 metros, y el valor de la profundidad de empotramiento de 2,80 metros, resultará un valor normalizado de altura libre (**H_L**) de:

$$H_L = 13,82 - (2,8 - 0,25) = 11,27 \text{ metros.}$$

Cuyo valor es mayor, y por lo tanto válido, al del obtenido del trazado del perfil de la línea, en función a las distancias de seguridad mínima del conductor respecto al terreno.

Designación: C- 11.500-13,82-P- Doble Circuito					
Altura H (m)	Base B (mm)	Cogolla D2 (mm)	η	Esfuerzo en punta (Kg.)	Esfuerzo a Torsión (Kg)
13,82	1.13	400	0,262	11.500	9.135
Medidas de Cimentaciones (terreno mediano $C_2 = 8Kg / cm^3$)					
Lado A(m)	Profundidad h(m)		Excavación (volumen) $V (m^3)$		
1,85	2,8		9,58		

Tabla 22: Características del apoyo fin de línea.

Para una mayor comprensión de estos valores se hace necesario hacer referencia al plano nº 6 donde se describen los apoyos con todos estos valores representados sobre el mismo.

La designación del apoyo que se indica en el cuadro anterior será desglosada al final de los cálculos de estos apoyos.

Una vez que conocemos las características físicas del apoyo podemos pasar a calcular el esfuerzo provocado por el viento sobre el apoyo (**F_p**), para posteriormente comprobar los datos de las medidas de las cimentaciones aportadas por el fabricante. Recordamos las expresiones que nos llevan a calcular el valor de este esfuerzo:

$$f_p = q \cdot A_T \quad daN$$

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L$$

Donde se conocen todos los valores excepto el valor de d_1 , el cual se obtendrá mediante una operación trigonométrica a partir de la figura 10.

Donde:

$$f_p = q \cdot A_T \quad daN$$

- $d_2 = 0,400 \text{ m.}$
- $b = 1,13 \text{ m.}$
- $H_L = 11,27 \text{ m.}$
- $H = 13,82 \text{ m.}$

Y :

$$L = (b - d_2) / 2 = (1,13 - 0,400) / 2 = 0,365 \text{ m.}$$

$$\frac{0,365}{13,82} = \frac{x}{11,27} \quad x = 0,297 \text{ m}$$

$$d_1 = d_2 + 2 \cdot x = 0,99 \text{ m.}$$

Con el valor de las anchuras del apoyo conocidas, calculamos el valor de la superficie real sobre la que el viento ejerce el esfuerzo, mediante la aplicación de la expresión, cuyas variables conocemos:

$$A_T = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot H_L = \frac{0,99 + 0,4}{2} \cdot 11,27 = 7,83 \text{ m}^2$$

$$A_T = 7,83 \text{ m}^2.$$

Con lo que el esfuerzo que el viento ejerce sobre el apoyo, aplicando la expresión, en el centro de gravedad de la sección longitudinal de la parte no empotrada del mismo es de:

$$f_p = q \cdot A_T \quad daN = 170 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \cdot A_T \cdot \frac{1Kg}{0,981 daN} = 104,48 Kg$$

Pero este valor no puede ser utilizado con los calculados hasta ahora, porque no esta referido a la cogolla del apoyo, por lo que para poder utilizar este esfuerzo será necesario referirlo a la punta; para ello comenzaremos por hallar el centro de gravedad (**Hg.**) del apoyo que viene dado por la siguiente expresión:

$$Hg = \frac{H_L}{3} \cdot \frac{2 \cdot d_2 + d_1}{d_2 + d_1}$$

Sustituyendo los valores conocidos en las variables de la expresión anterior, obtendremos el valor del punto de aplicación del apoyo que se encontrará a una altura sobre el terreno de:

$$H_g = 5,4 \text{ m.}$$

Conocido este valor de H_g , para calcular el valor del esfuerzo provocado en punta (F_c) bastará con realizar una igualdad de momentos de los esfuerzos en cada punto, es decir:

$$F_p \cdot H_L = f_p \cdot H_g \quad \rightarrow \quad F_p = f_p \left(\frac{H_g}{H_L} \right)$$

Sustituyendo los valores de las variables en la expresión anterior, conoceremos el valor del esfuerzo al que esta sometido el apoyo en punta:

$$F_p = 50,06 \text{ Kg.}$$

Y este valor debe ser sumado a los calculados anteriormente para la 1ª hipótesis, estando aplicado en la misma dirección que la del esfuerzo del viento sobre conductores, y perpendicularmente al provocado por el desequilibrio de tracciones. El valor de la resultante total vendrá dado por la siguiente expresión:

$$F_r = \sqrt{(f_v + F_p)^2 + f_d^2}$$

Aplicando esta expresión tendremos un valor resultante de:

$$F_r = 9.636,67 \text{ Kg.}$$

Este esfuerzo resultante tomará un ángulo α con la dirección de la línea, tal que:

$$\text{Tg } \alpha' = (f_v + F_p) / f_d \quad \rightarrow \quad \alpha' = 5^\circ.$$

Y considerando este ángulo α , el valor de la resultante será:

$$F_r' = F_r \cdot (\cos \alpha' + \text{sen } \alpha') = 10.439,89 \text{ Kg.}$$

Como podemos comprobar el esfuerzo máximo al que esta sometido este apoyo en punta es inferior al que soporta el mismo:

$$10.439,89 \text{ Kg} < 11.500 \text{ Kg.}$$

Hay que decir de este esfuerzo máximo, que pertenece a la primera hipótesis por lo que ha de considerarse un coeficiente de seguridad correspondiente a hipótesis normales de 1,5; en el cálculo del apoyo, como se ha hecho.

Comprobación de cimentaciones.

La elección del apoyo se ha realizado con unos valores de medidas de las cimentaciones aportados por el fabricante, los cuales han sido calculados por la fórmula de *Sulzberger*, que cumple las exigencias prescritas por el artículo 3.6 del ITC-LAT07 :

“*Coficiente de seguridad al vuelco*”: En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como a las reacciones y empujes del terreno), respecto a la arista más cargada de la cimentación, y el momento volcador máximo motivado por las acciones externas.

El coeficiente de seguridad no será inferior a los siguientes valores

- Hipótesis normales.....1,5
- Hipótesis anormales.....1,20

Ángulo de giro de los cimientos.- En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a : 0.01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno”.

Dicha fórmula es la siguiente:

$$M_F = 139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4 + a^3 (h+0,2) \cdot \left(0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{1,1 \cdot \frac{h}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right)$$

Donde:

- **Mf** : momento de fallo al vuelco, en Kg·m.
- **a** : anchura del cimientos, en metros.
- **h** : profundidad del cimientos, en metros.

- C_2 : coeficiente de compresibilidad del terreno, en Kg / cm³ a la profundidad de 2 metros.

Nuestro terreno está encuadrado dentro del arcilloso semiduro, y por tanto es de clase mediano con un coeficiente de compresibilidad de 8 Kg / cm³, con una carga admisible de 2 Kg / cm².

El reglamento nos exige un coeficiente de seguridad al vuelco de 1,5 en hipótesis y condiciones normales. Por otra parte, por el método de *Sulzberger* se determina el momento de vuelco con respecto al punto de giro del macizo. Puede suponerse que dicho momento es aproximadamente un 10% mayor que el calculado con respecto al nivel del terreno (para aplicar este factor hemos disminuido M_f en este porcentaje, multiplicándolo por 0,9).

En estas condiciones se verifica que el momento máximo M admisible en un apoyo, producido por fuerzas externas, debe ser con respecto al momento de fallo al vuelco, M_f :

$$\frac{M_f \cdot 0,9}{M} \geq 1,5 \quad \rightarrow \quad \frac{M_f}{M} \geq 1,65$$

Para hipótesis anormales, el coeficiente de seguridad a tener en consideración es de 1,2, y la expresión será la siguiente (aunque nosotros vamos a utilizar para todos los apoyos el coeficiente de seguridad de hipótesis normales):

$$\frac{M_f \cdot 0,9}{M} \geq 1,2 \quad \rightarrow \quad \frac{M_f}{M} \geq 1,32$$

El momento máximo vendrá dado por el esfuerzo más desfavorable calculado (F), y la altura libre del apoyo:

$$M = F \cdot H_{LN}$$

Esta altura libre puede ser reducida en los apoyos con disposición de armado doble circuito, tomando como altura libre media hasta la cruceta del medio; pero como con la altura libre se tiene un esfuerzo más desfavorable tomaremos este para comparar el momento máximo.

Comprobación de las medidas de las cimentaciones:

Datos necesarios para la comprobación de las cimentaciones:

$$F = 10.439,89 \text{ Kg.}$$

$$H_L = 11,27 \text{ m.}$$

Medidas para cimentaciones ($C_2 = 8 \text{ Kg / cm}^3$) $a = 1,92 \text{ m.}$

$$h = 2,8 \text{ m.}$$

$$V = 10,51 \text{ m}^3.$$

Aplicando la expresión de Sulzberger, obtenemos el momento del fallo al vuelco:

$$M_f = 185.987,84 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Y aplicando la fórmula vista anteriormente, tendremos el momento máximo sobre el apoyo:

$$M = 118.370,85 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Ahora comprobaremos que se cumple el coeficiente de seguridad establecido, y de lo contrario sería necesario rectificar las medidas de las cimentaciones:

$$M_f / M = 1,81 > 1,65$$

Como vemos se cumple el coeficiente de seguridad, por tanto no debemos cambiar las medidas de las cimentaciones.

Cargas permanentes.

Estas cargas permanentes se definen según el artículo 4.1.1 de la ITC-LAT 08, como: “Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos, cables, herrajes, empalmes, apareamiento, apoyos y cimentaciones”

Analicemos estos pesos verticales:

Peso de conductores.

Viene dado por esta expresión:

$$P_c = n \cdot ag \cdot S \cdot \gamma$$

Donde:

- **n**: nº de conductores = 6.
- **ag**: gravivano, que vimos con anterioridad como se calculaba.
- **ag** = Poi + Pod
 - **Poi** = 0 m.
 - **Pod** = 147,6 m.
- **ag** = 147,6 m.
- **S**: sección del conductor = 181,6 mm².
- **γ**: peso específico del conductor = 3,74 · 10⁻³ Kg / m³.

Sustituyendo valores, el peso de los conductores será:

$$P_c = 599,87 \text{ Kg.}$$

Peso de cadena de aisladores de amarre.

Estos pesos se calcularon independientemente en el apartado 3.3, incluyendo pesos de herrajes y aisladores:

- **P_{aa}** (Peso de cadenas de amarre) = 8,17 Kg.

Ahora tendremos en cuenta, el nº de cadenas que tendrán cada apoyo:

Este apoyo *principio de línea*: 12 cadenas de aisladores de amarre.

Por lo que el peso total de las cadenas de aisladores (**P_{at}**) que soporta el apoyo es de:

$$P_{at} = 12 \cdot P_{aa} = 12 \cdot 8,17 = 98,04 \text{ Kg.}$$

Peso de un hombre.

Debemos prever el peso de un operario (**P_H**), que pueda subir al apoyo en el momento del tendido, o bien para efectuar reparaciones, una vez que la línea este en servicio.

$$P_H = 100 \text{ Kg.}$$

Peso de apoyo y armado.

Una vez conocido el apoyo elegido podremos incluir el peso de este como carga permanente, incluyendo para ello el peso del armado correspondiente:

- **P_Y**: peso del apoyo, en Kg.
- **P_{AR}**: peso del armado, en Kg.

$P_Y = 950 \text{ kg.}$ $P_{AR} = 110 \text{ Kg.}$
--

Peso adicional.

Incluimos este apartado por la existencia en algunos apoyos de elementos de aparamenta y protección que significan un peso considerable a sumar a las cargas permanentes.

En este primer apoyo se dispondrá de un interruptor-seccionador que supondrá un peso adicional (**P_{ad}**) de 100 Kg.

$P_{ad} = 100 \text{ Kg.}$

Con lo que, las cargas permanentes (**P_{CP}**) se obtendrán de sumar todos los pesos calculados:

P _c	599,87 Kg.
P _{at}	98,04 Kg.
P _H	100 Kg.
P _Y	950 Kg.
P _{AR}	110 Kg.
P _{ad}	100 Kg.

P_{CP} .....1.957,91 Kg.

3.5 Puesta a Tierra de los apoyos.

Se utilizarán 2 tipos de disposiciones para las tomas de tierra; a continuación pasamos a calcular las distintas disposiciones.

Apoyos sin prescripciones especiales.

Disposición de 2 picas de acero cobreado de 20 mm de diámetro (Ø) y 2,5 metros de longitud (L), conectadas en paralelo, mediante un conductor desnudo de cobre de 50 mm², separadas una distancia (Dn) de 4 metros y cuya cabeza estará enterrada a una profundidad (h) de 0,8 metros.

Para el cálculo de la resistencia de difusión teórica que nos ofrece dicho sistema, emplearemos el método de “las superficies equipotenciales” estudiado en la obra de D. Julián Moreno Clemente “Instalaciones de Puesta a tierra en Centros de Transformación”, y del cual se extrae la siguiente expresión, que nos permite conocer la resistencia de difusión para picas acopladas en paralelo:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot L} \cdot \ln \left(\frac{h \cdot (2a + L)}{a \cdot (2h + L)} \right) + \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot (L + h)} \cdot \left(\ln \left(\frac{2h + L}{h} \right) + \sum_1^{n-1} \ln \left(\frac{D_n + h + L}{D_n} \right) \right) 2\pi$$

Donde:

- **n:** Es el número de picas colocadas en paralelo. 2.
- **Dn:** Es la distancia que hay entre picas que sabemos que son 4m.
- **a:** Es el radio de las picas que son de 0,01m.
- **ρ:** Es la resistividad superficial del terreno.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas al Jurásico	30 a 40

Arena arcillosas	50 a 500
Arena silicea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 23: Resistividad superficial del terreno.

Nuestro terreno queda encuadrado dentro de los de arcillas compactas, puesto que estamos ante un terreno arcilloso semiduro, y estimaremos para este una resistividad máxima de 100 Ω/m , que se conseguirá recubriendo la toma de tierra con terreno con menor resistividad superficial además de someter a este a un tratamiento químico, por algunos métodos sancionados por la práctica.

Sabiendo el valor de ρ , nos disponemos a calcular el valor de R:

$$R = 17,79 \Omega.$$

- Apoyos con prescripciones especiales.

Utilizaremos dos disposiciones distintas cuya justificación se verá más adelante; a continuación comenzamos por esta primera.

“8 picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, adoptando una disposición en anillo de 5 metros de lado, mediante un conductor desnudo de cobre de 50 mm² de sección, y cuyas cabezas estarán enterradas a una profundidad de 0,5 metros.”

Para la configuración de esta disposición se ha llevado a cabo un profundo estudio de las diferentes disposiciones en anillo ofrecidas por la obra de D. Julián Moreno Clemente “Instalaciones de Puesta a Tierra en Centros de Transformación”; tomando finalmente la elección del dicha disposición, justificada por la tensión de contacto que llevan consigo estas tomas de tierra.

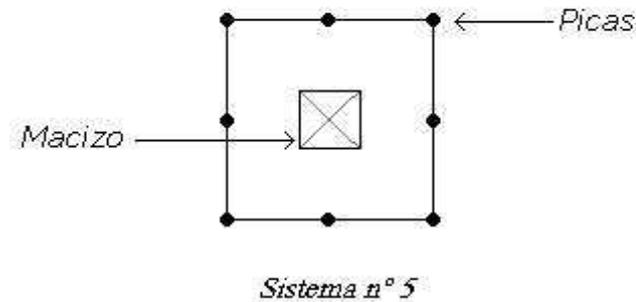


Figura 13: Disposición Tomas de Tierra.

Con la disposición adoptada los conductores que unen las picas, quedarán distanciadas de las aristas del macizo de hormigón en 1,8 metros por todos los lados del mismo.

Para el estudio del sistema de tierras elegido, haremos referencia al método empleado en la obra anteriormente citada de D. Julián Moreno Clemente; este tipo de disposición está clasificada dentro de esta obra, como el sistema nº 5.

Y los valores de las constantes para esta disposición son las siguientes:

- **Kr:** es un factor que depende de la distancia entre picas y disposición de las mismas, y su valor será de 0,059. Este parámetro es el que más influye en la tensión de contacto, puesto que su variación se deja notar en el valor del potencial absoluto adquirido por el sistema.
- **Kc:** es el parámetro que nos permite conocer el potencial al que estaría sometido una persona en el punto más desfavorable; el valor de este depende de la profundidad de enterramiento y el punto más desfavorable dentro del perímetro del anillo. Su valor para una profundidad de enterramiento de 0,5 metros es de 0,0401.
- **Kp:** es el parámetro que nos permite calcular la tensión de paso de una persona; y este dependerá de la diferencia de los parámetros Kc correspondientes a puntos situados a 1 metro de distancia entre sí, del sistema elegido y de las profundidades de enterramiento. El valor de Kp para una profundidad de 0,5 metros será 0,0149.

Comenzaremos por calcular el valor de la resistencia de difusión (**Rd**) que tendrá este sistema, y que viene dada por la siguiente expresión:

$$R_d = K_r \cdot \rho$$

Donde ambos valores ya son conocidos; puesto que estimamos una resistividad superficial de 100 Ω /m, y la constante tenía un valor de 0,059:

$$R_d = 5,9 \Omega$$

Conocido este valor, ya estamos en disposición de calcular la intensidad de defecto (**Id**), a partir de la siguiente expresión que dependerá de la conexión del neutro de la subestación suministradora; este neutro está puesto a tierra mediante una impedancia (R_n) que tendrá un valor de 40 Ω :

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_n + R_d)}}$$

Como la tensión de la línea recordamos que era de 20 Kv, el valor de la intensidad de defecto será:

$$I_d = 301,88 \text{ A.}$$

A continuación podemos calcular el valor del potencial absoluto (V_o) del sistema, a partir de la siguiente expresión:

$$V_o = R_d \cdot I_d$$

Ambos valores han sido calculados previamente, por lo que el potencial absoluto será:

$$V_o = 1.781,1 \text{ V.}$$

La tensión de paso (**Vp**) al que puede estar sometido una persona, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$V_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d$$

Sustituyendo los valores de las variables anteriormente calculadas, obtenemos una tensión de paso de:

$$V_p = 437,73 \text{ V.}$$

Y este valor debe ser inferior al reglamentario que viene dado por la siguiente expresión:

$$V_p = \frac{10K}{T^n} \left(1 + \frac{6P_s}{1000} \right)$$

Donde las constantes se indicaron para el cálculo de la tensión de contacto reglamentaria, y cuyo valor es:

$$\text{Para } \rho_s \text{ (terreno)} = 100 \Omega/\text{m.} \text{ -----} > V_{pr} = 1.256 \text{ V.}$$

$$\text{Para } \rho_s \text{ (hormigón)} = 3.000 \Omega/\text{m.} \text{ -----} > V_{pr}' = 14.915 \text{ V.}$$

Como vemos, para cualquiera de los valores para los que consideremos la resistividad superficial se cumple el valor reglamentario.

Otro valor importante a calcular será la de la tensión de contacto (**V_c**) al que estaría sometido una persona, y para la cual es necesario conocer el cálculo del potencial en el punto más desfavorable (**V_A**), de forma que la tensión de contacto vendrá dada por la diferencia entre este potencial y el absoluto (calculado anteriormente):

$$V_A = K_c \cdot \rho \cdot I_d.$$
$$V_c = V_o - V_A.$$

Sustituyendo valores resultará un potencial en el punto más desfavorable, y con ello una tensión de contacto, respectivamente de:

$$V_A = 1210,54 \text{ V.}$$
$$V_c = 570,56 \text{ V.}$$

Este valor es muy inferior al que pudiese obtener una disposición con sólo 4 picas, con la misma configuración en anillo que la elegida.

Este valor no debe superar los valores límites reglamentarios que vienen dados por la siguiente expresión:

$$V_{cr} = \frac{K}{T^n} \left(1 + \frac{1,5P_s}{1000} \right)$$

Donde K y n, dependen del tiempo de duración de la falta expresado en segundos (t) fijado por la compañía suministradora, y que será igual a 1 segundo.

Para este valor del tiempo, K= 78,5 y n = 0,18.

Considerando como resistividad superficial la del hormigón (que es igual a 3000 Ω /m), puesto que recordamos la existencia de una acera de hormigón alrededor del apoyo, obtendremos una tensión de contacto límite (Vcr) de:

$$V_{cr} = 431,75 \text{ V.}$$

Como vemos el valor reglamentario es inferior al que se obtiene:

$$V_c > V_{cr}.$$

Por lo que ante este inconveniente, tendremos dos posibles soluciones:

- Conseguir una resistividad del terreno inferior a los 100 Ω /m , aproximadamente de 90 Ω /m, valor con el que se obtendría una tensión de contacto inferior a la reglamentaria.
- O tomar una decisión más contundente, como puede ser la construcción de una pared de ladrillos alrededor del apoyo hasta una altura de 3 metros, y que impide una tensión de contacto en condiciones normales.

Dadas estas soluciones, se tomará la siguiente solución:

- Para el apoyo de principio de línea y para los apoyos con apartamiento de maniobra se reducirá la resistividad superficial del terreno, dado que dichos apoyos se ubican en una zona no frecuentada por personas, rehusando así de la construcción de una pared a todo el alrededor del apoyo, y que económicamente supondría un costo mayor, y que se optará por reducir la resistencia de difusión en la toma de tierra, recurriendo a tratamientos químicos del terreno por alguno de los métodos sancionados en la práctica, según ITC-LAT 07 Art. 7.

Hasta ahora hemos visto, los valores de tensiones de los sistemas de puesta a tierra elegidos, a continuación comprobaremos que los conductores empleados en estos sistemas son capaces de soportar las intensidades de defecto máximo.

Lo primero será calcular la máxima corriente de defecto, que es la que viene dada por una resistencia de puesta a tierra nula, o sea, $R_d = 0$. Por lo que el valor de la intensidad de defecto vendrá dada por:

$$I_d = U/3 R_n.$$

Obteniendo un valor de:

$$I_d = 200 \text{ A.}$$

A continuación comprobaremos que la sección de los conductores desnudos de cobre de puesta a tierra (recordamos que era de 50 mm^2), soportan esta intensidad máxima; para ello utilizaremos 2 criterios:

1) Criterio de densidad de corriente:

El valor de esta densidad de corriente, que será la correspondiente a la del cobre, será de 160 A/mm^2 ; y como la sección de los conductores de las puestas tierras en estas disposiciones es de 50 mm^2 , por este criterio los conductores son capaces de soportar corrientes de defecto mucho mayores.

2) Criterio de calentamiento admisible:

Se admite una elevación de temperatura no superior a $200 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando este criterio que la sección mínima, en mm^2 , del conductor de tierra debe ser (según CEI 298 DE 1981):

$$S = \frac{I}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

Donde:

- **I**: intensidad de defecto, en A, y calculado anteriormente.
- **t**: es el tiempo de duración de defecto, según la compañía suministradora, el cual está fijado en 1 segundo.

- α : es la constante del material del conductor, siendo para el cobre igual a 13.
- θ : es el calentamiento admisible en °C, es igual a 200 °C.

Sustituyendo los valores en la expresión anterior, obtenemos un valor de sección mínima de:

$$S = 1,6 \text{ mm}^2.$$

Y como observamos, con la sección de los conductores desnudos de 50 mm², se soportarán los calentamientos sin peligro alguno.

Esto es con lo que respecta al conductor desnudo que unen las distintas picas de tierra; con respecto al conductor aislado que unen los sistemas de puesta a tierra con los apoyos, habrá que verificar que también soportan las corrientes máximas de defecto.

Nos estamos refiriendo a un conductor aislado de 50 mm² de sección, con una tensión de aislamiento 0,6/1 KV; la densidad de corriente admisible ante elevadas corrientes como la de defecto, en cortos intervalos de tiempo es igual a 100 A/mm², para un intervalo de 2 segundos, que es el doble del considerado para la desconexión (que recordamos era de 1 segundo); soportando calentamientos de hasta 250 °C.

Por lo que vemos, que con la densidad de corriente que tienen estos conductores aislados, se cumplirán los valores máximos a los que pueden estar sometidos.

4 CÁLCULO DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO DE MEDIA TENSIÓN.

4.1 Justificación del conductor.

Hacemos referencia al capítulo V de las normas particulares de la compañía suministradora, la cual dice:

Los conductores elegidos son unipolares de aluminio homogéneo con secciones normalizadas de 150 y 240 mm², pudiendo emplearse cable de 400 mm² en aquellos casos en que sea necesario. Estos cables reunirán las características indicadas en la Norma ENDESA DND001, así como cumplirán con las Especificaciones Técnicas de Materiales de ENDESA 6700022 a 6700024, según corresponda en cada caso.

A fin de reforzar la garantía de la calidad de servicio eléctrico, en las líneas de tensión nominal 24 kV, el conductor a instalar será 18/30 kV.

Las pantallas de los cables serán conectadas a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas especificadas en los reglamentos en vigor.

En el Plano 13 podemos ver la disposición de la línea subterránea en nuestro parque eólico.

4.1.1 Línea 1

Línea con un recorrido total de 2.117 metros desde el poste de conexión aérea-subterránea al último aerogenerador, con 4 generadores enganchados a la Línea 1.

4.1.1.1 Tramo 1

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV

- **U:** Tensión mas elevada = 24 kV
- **Up:** Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV
- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{\text{máx}}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1, que será de 4 aerogeneradores de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 9.200MW.

$$I_{\text{máx}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U, es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\text{máx}} = 276,64 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\text{máx}} = 276,64 / 0,9 = 307,37 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **240 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 415 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 240mm².
- **T:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 22,32KA$$

- Caída de Tensión.

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 295m.
- **Cos ρ:** 0,96.
- **Sen ρ:** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,161 Ω/Km.
- X = 0,113 Ω/Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 29,24 \text{ V.}$$

4.1.1.2 Tramo 2

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV
- **U**: Tensión mas elevada = 24 kV
- **Up**: Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV

- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{\text{máx}}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 2, por lo que habrá 3 aerogeneradores de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 6.900MW.

$$I_{\text{máx}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\max} = 207,485 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\max} = 276,64 / 0,9 = 230,54 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

- Caída de Tensión.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95KA$$

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 525m.
- **Cos ρ :** 0,96.
- **Sen ρ :** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,262 Ω /Km.
- X = 0,121 Ω /Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 53,84 \text{ V.}$$

4.1.1.3 Tramo 3

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- **U₀/U :** Tensión Nominal = 12/20 kV
- **U:** Tensión mas elevada = 24 kV
- **Up:** Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV

- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{\text{máx}}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 3, por lo que habrá 2 aerogeneradores de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 4.600MW.

$$I_{\text{máx}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\text{máx}} = 138,32 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\text{máx}} = 138,32 / 0,9 = 153,69 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95KA$$

- Caída de Tensión.

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 650m.
- **Cos ρ:** 0,96.
- **Sen ρ:** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,262 Ω/Km.
- X = 0,121 Ω/Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 49,38 \text{ V.}$$

4.1.1.4 Tramo 4

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV
- **U**: Tensión mas elevada = 24 kV
- **Up**: Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV

- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{\text{máx}}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 4, por lo que habrá 1 aerogenerador de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 2.300MW.

$$I_{\text{max}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\max} = 69,16 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\max} = 276,64 / 0,9 = 76,84 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

- Caída de Tensión.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95KA$$

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 627m.
- **Cos ρ :** 0,96.
- **Sen ρ :** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,262 Ω /Km.
- X = 0,121 Ω /Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 23,83 \text{ V.}$$

4.1.2 Línea 2

Línea con un recorrido total de 1.321 metros desde el poste de conexión aérea-subterránea al último aerogenerador, con 3 generadores enganchados a la Línea 2.

4.1.2.1 Tramo 5

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV
 - **U**: Tensión mas elevada = 24 kV
 - **Up**: Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV
-
- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista (I_{\max}), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 7, por lo que habrá 3 aerogeneradores de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 6.900MW.

$$I_{\max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\max} = 207,48 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\text{máx}} = 207,48 / 0,9 = \mathbf{230,53 \text{ A.}}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95KA$$

- Caída de Tensión.

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 121m.
- **Cos ρ:** 0,96.
- **Sen ρ:** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- $R = 0,262 \Omega/\text{Km}$.
- $X = 0,121 \Omega/\text{Km}$.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 13,78 \text{ V.}$$

4.1.2.2 Tramo 6

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV
- U : Tensión mas elevada = 24 kV
- U_p : Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV

- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{\text{máx}}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 6, por lo que habrá 2 aerogeneradores de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 4.600MW.

$$I_{\text{máx}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{\max} = 138,32 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{\max} = 138,32 / 0,9 = 153,69 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95 KA$$

- Caída de Tensión.

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 588m.
- **Cos ρ :** 0,96.
- **Sen ρ :** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,262 Ω /Km.
- X = 0,121 Ω /Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$$\Delta U = 44,67 V.$$

4.1.2.3 Tramo 7

- Tensión en servicio de la red.

Debiendo deducir la tensión existente entre conductores y pantalla de los mismos (tensión de fase), puesto que esta es la tensión para la cual se ha dimensionado su aislamiento. Esta tensión nominal del cable se extrae de una tabla correspondiente a la norma UNE 20435, a partir de la tensión más elevada de la red (que es de 24 KV) y su nivel de aislamiento; este nivel de aislamiento es de 1ª categoría, puesto que esta red en caso de defecto a tierra, no deberá ser explotada más que durante un corto intervalo de tiempo, menos de un minuto, con una fase a tierra.

Dicha tabla se puede ver en el Anexo 2 de la memoria.

- U_0/U : Tensión Nominal = 12/20 kV
 - U : Tensión mas elevada = 24 kV
 - U_p : Nivel de aislamiento a pulsos = 125 kV
- Intensidad máxima de servicio.

Es la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista ($I_{m\acute{a}x}$), vendrá dada por la potencia máxima demandada en nuestro tramo 1 hasta el aerogenerador 5, por lo que habrá 1 aerogenerador de 2,3 MW, por lo que tendremos un total de 2.300MW.

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Considerando que U , es la tensión nominal de la red en servicio, y que recordamos era de 20.000 V, también que el factor de potencia de la instalación considerado es de 0.96, de la anterior expresión obtenemos:

$$I_{max} = 69,16 \text{ A.}$$

Para poder comparar este valor con los soportados por las secciones de cada cable, es necesario aplicar antes unos coeficientes de corrección, que indica el fabricante en sus catálogos, y que son debidos a:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de una ternas de tubos; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,9.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por lo que la corriente máxima no debe ser superior a:

$$I_{m\acute{a}x} = 69,16 / 0,9 = 76,84 \text{ A.}$$

Por lo que observando las normas particulares de la compañía suministradora cogemos la sección más adecuada, para la corriente máxima que soporta el conductor. En este caso cogemos la sección de **150 mm²**, que soporta una carga máxima admisible de 315 A.

- Intensidad de cortocircuito.

En general los cables soportan sin problemas corrientes de cortocircuito de magnitud considerable, asumible por otras partes de la instalación. Para la comprobación de esta magnitud utilizaremos la siguiente expresión:

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde:

- **S:** Sección del cable utilizado. 150mm².
- **t:** Tiempo de desconexión que se tomará de 1 segundo.
- **K:** Constante que depende del material del conductor y que en nuestro caso el aluminio-acero es de 93.

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S = 13,95KA$$

- Caída de Tensión.

Que viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{\text{máx}} (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi)$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Longitud del tramo, y que es de 588m.
- **Cos ρ:** 0,96.
- **Sen ρ:** 0,28.

Y la R y la X han sido sacadas de las especificaciones del fabricante:

- R = 0,262 Ω/Km.
- X = 0,121 Ω/Km.

Por lo que la caída de tensión será de:

$\Delta U = 21,19 \text{ V.}$

4.1.3 Resumen de caída de tensión

LÍNEA 1		LÍNEA 2	
Tramo 1	29,24V	Tramo 5	13,78V
Tramo 2	53,84V	Tramo 6	44,67V
Tramo 3	49,38V	Tramo 7	21,19V
Tramo 4	23,83V		
TOTAL	156,29V	TOTAL	79,64V

Tabla 24: Resumen de caída de tensión

Como vemos el valor más desfavorable de la caída de tensión se produce en la Línea 1, por tanto lo vamos a analizar.

$$\begin{array}{l} 20.000 \text{ V} \text{ ----- } 100\% \\ 156,29 \text{ V} \text{ ----- } U (\%) \end{array}$$

Valor que supone un 0,78 % de la tensión de servicio, y que por tanto es totalmente despreciable.

Por lo que podemos concluir asegurando el cumplimiento de los cálculos eléctricos por parte del conductor elegido.

4.1.4 Radios de curvatura de los cables para su tendido.

El radio de curvatura de los conductores depende del diámetro del mismo, nosotros lo estudiaremos para la sección de conductor que nos va a dar el radio más restrictivo, que será para una sección de 240 mm².

El radio de curvatura viene dado por la siguiente expresión (según fabricante):

$$R > 10 (D + d)$$

Donde:

- **D:** es el diámetro exterior del cable, y que según fabricante es de 37,4 mm.
- **d:** es el diámetro de un conductor; este valor se obtiene a partir de la sección del mismo y que como sabemos es de 240 mm², a partir de la expresión:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

De donde se obtiene un diámetro de 17,48 mm, que al ser aplicado en la expresión:

$$R > 10 (D + d)$$

Nos dará que el radio de curvatura no deberá ser inferior a:

$$R > 551,8 \text{ mm.}$$

Sin embargo, para la compañía suministradora se toma como valor de este radio mínimo, el obtenido por la siguiente expresión:

$$R > 15 \cdot D$$

Que es de:

$$R > 561,5 \text{ mm.}$$

Por lo que elegiremos el 2º valor como radio mínimo, puesto que es el más restrictivo de los calculados.

5 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE MEDIA TENSIÓN.

En el cálculo eléctrico de la línea deben quedar claramente especificadas las intensidades máximas, caídas de tensión y pérdidas de potencia.

Se calcularán por separado el efecto de la línea subterránea, como el de la línea aérea para obtener unos resultados más precisos a la entrada al C.T.

5.1 Características eléctricas de los conductores.

Tal y como se indica en este mismo documento, el trazado de la línea se va a llevar a cabo mediante dos tramos; uno aéreo y otro subterráneo, que serán del tipo:

- Tramo aéreo: Doble circuito con conductor de aluminio-acero del tipo: LA-180.
- Tramo subterráneo: conductor unipolar de aluminio aislado con polietileno reticulado, de secciones de 240 mm² y 150 mm².

5.1.1 Reactancia

La resistencia eléctrica por kilómetro de los dos conductores viene dadas por los fabricantes, y atendiendo a la longitud de cada tramo hallaremos las resistencias eléctricas en cada tramo:

- **Tramo aéreo:** conociendo la longitud de este tramo que es de aproximadamente 610 metros (0,610 km), y que $R'_{LA-180} = 0,1962 \Omega/\text{Km}$ (a 20 °C), obtendremos una resistencia eléctrica para cada circuito de la línea aérea de:

$$RA = 0,1196 \Omega.$$

- **Tramo subterráneo:** conociendo la disposición del tramo subterráneo que consta de dos líneas, haremos el estudio por separado:

Indicamos las resistencias para las distintas secciones de cables de nuestro tramo subterráneo.

$$R_{240\text{mm}} = 0,161 \Omega/\text{Km}$$

$$R_{150\text{mm}} = 0,262 \Omega/\text{Km}$$

- **Línea 1:** cuenta con distintas secciones de cables, por lo que cuentan con distintas resistencias, analizaremos cada trozo por separado y después la sumaremos.
 - Tramo 1: 0,295Km X 0,161 Ω/Km = 47,49 m Ω .
 - Tramo 2: 0,525Km X 0,262 Ω/Km = 137,55 m Ω .
 - Tramo 3: 0,650Km X 0,262 Ω/Km = 170,3 m Ω .

- Tramo 4: $0,627\text{Km} \times 0,262 \Omega/\text{Km} = 164,27 \text{ m}\Omega$.

$$R_{L1} = 519,61 \text{ m}\Omega.$$

$$R_{T1} = 119,6 + 519,61 = \mathbf{639,21 \text{ m}\Omega}.$$

- **Línea 2**: cuenta con distintas secciones de cables, por lo que cuentan con distintas resistencias, analizaremos cada trozo por separado y después la sumaremos.

- Tramo 5: $0,121\text{Km} \times 0,262 \Omega/\text{Km} = 31,7 \text{ m}\Omega$.

- Tramo 6: $0,588\text{Km} \times 0,262 \Omega/\text{Km} = 154,056 \text{ m}\Omega$.

- Tramo 7: $0,588\text{Km} \times 0,262 \Omega/\text{Km} = 154,056 \text{ m}\Omega$.

$$R_{L2} = 339,812 \text{ m}\Omega.$$

$$R_{T2} = 119,6 + 339,812 = \mathbf{459,412 \text{ m}\Omega}.$$

5.1.2 Reactancia

Vamos a realizar la misma distinción anterior, con la salvedad que para el conductor aéreo esta vez, la reactancia no viene impuesta por el fabricante, sino que hay que obtenerla a partir del coeficiente de autoinducción. Empezaremos como el caso anterior con el Tramo Aéreo:

- **Tramo aéreo:**

La reactancia de una línea eléctrica viene dada por la siguiente expresión:

$$X_A = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_T$$

Donde el coeficiente de autoinducción de una línea trifásica, simple y simétrica viene definido por la siguiente expresión:

$$L = [(1/2) + 4,6 \log (d/r)] \cdot 10^{-4} [\text{H/Km}]$$

Donde:

- **d**: Separación entre conductores. (mm).

- **r:** Radio del conductor también en mm.

Nuestro armado es del tipo de Doble circuito, por lo que se asemeja a como si tuviésemos dos circuitos con disposición al tresbolillo, por lo que vamos a optar por hacer el estudio de la inductancia de un circuito y luego lo multiplicaremos por dos, que es el número de circuitos que tenemos.

Disposición al Tresbolillo.

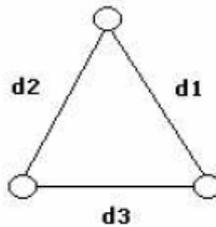


Figura 14: Disposición al Tresbolillo.

Donde:

$$d = \sqrt[3]{(d_1 \cdot d_2 \cdot d_3)}$$

Como para esta disposición $d_1 = d_2 = d_3$, el valor de d vendrá dado por las distancias entre los conductores.

Pasamos a desarrollar la reactancia en nuestros 2 tramos:

Tramo 1: Desde el apoyo 1 al apoyo 2.

Sabemos que:

- $r = \varnothing / 2 = 17,5 / 2 = 8,75\text{mm}$.
- $d = 500\text{ mm}$. Resultado sacado del Apartado 3.1 de esta memoria

$$L_1 = [(1/2) + 4,6 \log (d/r) \cdot 10^{-4}] = [(1/2) + 4,6 \log (500/8,75)] \cdot 10^{-4} = 8,58 \cdot 10^{-4} \text{ H /Km}$$

Si nuestro tramo es de 295,2 metros.

$$L_1 = 2,53 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

Tramo 2: Desde el apoyo 2 al apoyo 3.

Para el tramo 2, nos ahorramos todo el cálculo hecho anteriormente ya que cuentan con los mismos datos. Este tramo tiene una distancia de 315,17 metros.

$$L_2 = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

Al ser doble circuito lo multiplicamos por dos.

$$L_T = 2 \cdot (L_1 + L_2) = 10,46 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

Por lo que:

$$X_A = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10,46 \cdot 10^{-4} = 0,328 \text{ H.}$$

- **Tramo subterráneo:**

Estos datos vienen impuestos por el fabricante, analizaremos las 2 líneas con la que cuenta nuestro proyecto:

Indicamos las resistencias para las distintas secciones de cables de nuestro tramo subterráneo.

$$X_{240\text{mm}} = 0,113 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$X_{150\text{mm}} = 0,121 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

- **Línea 1:** cuenta con distintas secciones de cables, por lo que cuentan con distintas reactancias, analizaremos cada trozo por separado y después la sumaremos.

- Tramo 1: $0,295\text{Km} \times 0,113 \text{ } \Omega/\text{Km} = 33,33 \text{ m}\Omega$.
- Tramo 2: $0,525\text{Km} \times 0,121 \text{ } \Omega/\text{Km} = 63,525 \text{ m}\Omega$.
- Tramo 3: $0,650\text{Km} \times 0,121 \text{ } \Omega/\text{Km} = 78,65 \text{ m}\Omega$.
- Tramo 4: $0,627\text{Km} \times 0,121 \text{ } \Omega/\text{Km} = 75,867 \text{ m}\Omega$.

$$X_{L1} = 251,37 \text{ m}\Omega$$

- **Línea 2:** cuenta con distintas secciones de cables, por lo que cuentan con distintas resistencias, analizaremos cada trozo por separado y después la sumaremos.

- Tramo 5: $0,121\text{Km} \times 0,121 \Omega/\text{Km} = 14,641 \text{ m}\Omega$.
- Tramo 6: $0,588\text{Km} \times 0,121 \Omega/\text{Km} = 71,148 \text{ m}\Omega$.
- Tramo 7: $0,588\text{Km} \times 0,121 \Omega/\text{Km} = 71,148 \text{ m}\Omega$.

$$X_{L2} = 156,937 \text{ m}\Omega.$$

Obteniendo una reactancia total para nuestro circuito de:

$$X_1 = X_A + X_{L1} = 328 + 251,37 = \mathbf{579,37 \text{ m}\Omega}.$$

$$X_2 = X_A + X_{L2} = 328 + 156,937 = \mathbf{484,937 \text{ m}\Omega}.$$

5.1.3 Capacidad y Perditanancia.

En el cálculo eléctrico de la línea, se prescindirá del efecto de capacidad por estar por debajo de la longitud y tensión recomendada para tenerlo en cuenta.

5.1.4 Impedancia de la línea de M.T.

Como sabemos la impedancia viene dada por una parte resistiva que es la parte real y otra reactiva que es la parte imaginaria, quedando de la siguiente forma:

$$Z_L = R_T + j \cdot X_T \quad (\Omega).$$

- Línea 1:

$$Z_{L1} = 639,21 + j \cdot 579,37 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{L1} = 862,7 \angle 42,18^\circ \text{ m}\Omega$$

- Línea 2:

$$Z_{L2} = 459,412 + j \cdot 484,937 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{L2} = 667,99 \angle 46,54^\circ \text{ m}\Omega$$

5.1.5 Factor de potencia en la línea.

El factor de potencia en la línea viene determinado por el de los receptores. Según el fabricante, los aerogeneradores Enercon E4 E70 regulan su factor de potencia entre 0.98 capacitivo y 0.96 inductivo.

Nosotros tomaremos un factor de potencia medio de 0,85, como recomendación de la compañía suministradora.

5.2 Corriente máxima a circular por la línea, en servicio permanente.

La corriente que va a circular por la línea vendrá determinada por la potencia de los aerogeneradores E4 E70 Enercon en las condiciones optimas de funcionamiento del parque, es decir los y aerogeneradores a máxima potencia ($7 \cdot 2,3 \text{ MW} = 16,1 \text{ MW}$), a la tensión de suministro de la energía (U) de 20 KV.

A continuación calcularemos los valores máximos admisibles, tanto de corriente como de densidad de corriente, por los conductores utilizados en nuestra línea aérea:

Para el cálculo de la intensidad máxima admisible de este conductor nos basamos en lo establecido en el artículo 4 de la ITC-LAT 07, el cual nos ofrece las densidades de corriente máxima en régimen permanente, en la siguiente tabla:

TABLA 11. Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente			
Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/ mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Tabla 25: Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente

Según la instrucción anterior: Para cables de aluminio-acero se motara en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y s valor se multiplicara por un coeficiente d reducción que según la composición será: 0,916 para la composición 30+7; 0,937 para las composiciones 6+1 y 26+7; 0,95 para la composición 54+7; y 0,97 para la composición 45+7. El valor resultante se aplicará para la sección total del conductor.

Como el conductor que tratamos es de Aluminio-acero, y su composición es 30 + 7, tendremos que aplicar un coeficiente de reducción de 0,916, sobre un valor de densidad de corriente que tendremos que calcular a partir de la tabla mediante interpolación, puesto que la sección del conductor es de 181,6 mm².

<u>Sección (mm²)</u>		<u>Densidad de Corriente (A/mm²)</u>
Para 160 mm ² .	→	2,70 A/mm ²
Para 181,6 mm ² .	→	d
Para 200 mm ² .	→	2,50 A/mm ²

$$d = 2,70 - (181,6 - 160) \cdot \frac{2,70 - 2,50}{200 - 160}$$

Donde:

$$d = 2,592 \text{ A/mm}^2$$

Aplicando el coeficiente de reducción.

$$d = 2,592 \cdot 0,916 = 2,37 \text{ A/mm}^2$$

- **Conductor aéreo de Aluminio-acero:**

El cálculo de la corriente de línea se hará a continuación:

LÍNEA 1. Engancha los 4 aerogeneradores.

$$I_{L1} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{9200}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,96} = 276,64 \text{ A}$$

LÍNEA 2. Engancha los 3 aerogeneradores.

$$I_{L2} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{6900}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,96} = 207,48 \text{ A}$$

La densidad de corriente (**d**) viene en función del cociente entre esta intensidad a circular por la línea y la sección del conductor, que como sabemos es de 181,6 mm², por lo que esta valdrá:

$$d_{L1} = 1,523 \text{ A /mm}^2 < 2,37 \text{ A/mm}^2$$

$$d_{L2} = 1,142 \text{ A /mm}^2 < 2,37 \text{ A/mm}^2$$

- **Conductor subterráneo aislado de Aluminio:**

El valor de la corriente máxima admisible viene dada por el fabricante (Pirelli) del conductor elegido, y el cual depende de la sección del mismo, así como de los factores de corrección, alcanzando las intensidades máximas admisibles por el conductor diferentes valores dependiendo de su sección.

En la línea subterráneo utilizamos dos valores distintos de secciones que son 240 mm², 150 mm²

Para la sección de **240mm²** tenemos una corriente máxima de 415 A con lo que la densidad de corriente para esta sección es **1,729 A/mm²**.

Para la sección de **150mm²** tenemos una corriente máxima de 315 A con lo que la densidad de corriente para esta sección es **2,100 A/mm²**.

Vamos a calcular las distintas densidades de corrientes que tenemos en las dos líneas subterráneas y comprobar así que no supera los valores máximos impuestos por el conductor.

- Línea 1

- Tramo 1

Tenemos:

$$I_{MAX} = 307,37,54 \text{ A.}$$

$$P = 9.200 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 240 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Por lo que } d = 307,37 \text{ A} / 240\text{mm}^2 = 1,28 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

Si para una sección de 240 mm^2 tenemos una
 $I_{\text{MAX}} = 415 \text{ A}$; la $dm = 1,72 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

- Tramo 2

Tenemos:

$$I_{\text{MAX}} = 230,54 \text{ A.}$$

$$P = 6.900 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

Por lo que $d = 230,54 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 1,53 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Si para una sección de 150 mm^2 tenemos una
 $I_{\text{MAX}} = 315 \text{ A}$; la $dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

- Tramo 3

Tenemos:

$$I_{\text{MAX}} = 153,69 \text{ A.}$$

$$P = 4.600 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

Por lo que $d = 153,69 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 1,02 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Si para una sección de 150 mm^2 tenemos una
 $I_{\text{MAX}} = 315 \text{ A}$; la $dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

- Tramo 4

Tenemos:

$$I_{\text{MAX}} = 76,84 \text{ A.}$$

$$P = 2.300 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Por lo que } d = 76,84 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 0,512 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

$$\text{Si para una sección de } 150 \text{ mm}^2 \text{ tenemos una } I_{\text{MAX}} = 315 \text{ A}; \text{ la } dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

○ Línea 2

▪ Tramo 5

Tenemos:

$$I_{\text{MAX}} = 230,53 \text{ A.}$$

$$P = 6.900 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Por lo que } d = 230,53 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 1,53 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

$$\text{Si para una sección de } 150 \text{ mm}^2 \text{ tenemos una } I_{\text{MAX}} = 315 \text{ A}; \text{ la } dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

▪ Tramo 6

Tenemos:

$$I_{\text{MAX}} = 153,69 \text{ A.}$$

$$P = 4.600 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Por lo que } d = 153,69 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 1,02 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

$$\text{Si para una sección de } 150 \text{ mm}^2 \text{ tenemos una } I_{\text{MAX}} = 315 \text{ A}; \text{ la } dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2.$$

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

▪ Tramo 7

Tenemos:

$$I_{MAX} = 76,84 \text{ A.}$$

$$P = 2.300 \text{ Kw.}$$

$$\text{Sección} = 150 \text{ mm}^2.$$

Por lo que $d = 76,84 \text{ A} / 150\text{mm}^2 = 0,512 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Si para una sección de 150 mm^2 tenemos una $I_{MAX} = 315 \text{ A}$; la $dm = 2,1 \text{ A} / \text{mm}^2$.

Cumplimos con lo establecido ya que $dm > d$.

5.3 Caída de tensión

La caída de tensión se calculará mediante la expresión siguiente, tomando como valores para la resistencia y reactancia, los calculados anteriormente en Ω ; el valor del factor de potencia viene definido por los generadores, como se comentó con anterioridad, y es igual a $\cos \varphi = 0,96$.

$$\Delta U = (\sqrt{3} \cdot R_T \cdot I_L \cdot \cos \varphi) + (\sqrt{3} \cdot X_T \cdot I_L \cdot \text{sen} \varphi)$$

La impedancia de la línea se cálculo en el apartado anterior resultando los siguientes valores:

$$R_{T1} = R_A + R_{L1} = \mathbf{639,21 \text{ m}\Omega}.$$

$$R_{T2} = R_A + R_{L2} = \mathbf{459,412 \text{ m}\Omega}.$$

$$X_{T1} = X_A + X_{L1} = \mathbf{579,37 \text{ m}\Omega}.$$

$$X_{T2} = X_A + X_{L2} = \mathbf{484,937 \text{ m}\Omega}.$$

Nosotros vamos a calcular la caída de tensión diferenciando entre tramo subterráneo y tramo aéreo, ya que por ellos circula valores de corriente diferentes.

- **Línea aérea:**

Contamos con los siguientes datos:

$$R_A = 0,1196 \Omega. \text{ (misma resistencia para las 2 líneas aéreas).}$$

$$X_A = 0,328 \Omega.$$

$$I_{L1} = 276,64 \text{ A.}$$

$$I_{L2} = 207,48 \text{ A.}$$

$$\Delta U_1 = (\sqrt{3} \cdot 0,63921 \cdot 276,64 \cdot 0,96) + (\sqrt{3} \cdot 0,57937 \cdot 276,64 \cdot 0,28) = 371,75V$$

$$\Delta U_2 = (\sqrt{3} \cdot 0,459412 \cdot 207,48 \cdot 0,96) + (\sqrt{3} \cdot 0,484937 \cdot 207,48 \cdot 0,28) = 207,29V$$

- **Línea subterránea**

LÍNEA 1		LÍNEA 2	
Tramo 1	29,24V	Tramo 5	13,78V
Tramo 2	53,84V	Tramo 6	44,67V
Tramo 3	49,38V	Tramo 7	21,19V
Tramo 4	23,83V		
TOTAL	156,29V	TOTAL	79,64V

Tabla 26: Resumen de caída de tensión en línea subterráneo

- **Totales**

$$\Delta U_1 = \Delta U_{A1} + \Delta U_{S1} = 371,75 + 156,29 = 528,04V.$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_{A2} + \Delta U_{S2} = 207,29 + 79,64 = 286,93 \text{ V.}$$

5.4 Relación de Potencia.

Las pérdidas de potencia en líneas eléctricas aéreas vienen dadas por dos factores: uno es el efecto Joule y el otro el efecto corona.

5.4.1 Potencia perdida por efecto Joule:

La potencia perdida por efecto Joule se debe a la resistencia de los conductores de la línea y la deducimos de la expresión:

$$P_{J1} = 3 \cdot R_{T1} \cdot I_{L1}^2 = 3 \cdot 0,639 \cdot 226,64^2 = \mathbf{98.468 \text{ W.}}$$

$$P_{J2} = 3 \cdot R_{T2} \cdot I_{L2}^2 = 3 \cdot 0,459 \cdot 207,48^2 = \mathbf{59.277 \text{ W.}}$$

5.4.2 Perdida de potencia por el efecto Corona:

Las pérdidas por dicho efecto se producen cuando la tensión crítica disruptiva (tensión que da lugar a un gradiente de campo eléctrico radial, junto al conductor, igual o superior a la rigidez dieléctrica del aire) sea menor que la de la línea; esta tensión disruptiva viene dada por la formula de Peek:

$$U_C = 84 \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot \log \frac{d}{r}$$

Según el apartado 4.3 de la ITC-LAT 07: Será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corono en las líneas de tensión nominal superior a 66kV. Asimismo, en aquellas líneas de tensión nominal entre 30kV y 66kV, ambas inclusive, que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deberá realizarse la citada comprobación.

5.4.3 Potencia máxima por límite térmico.

$$P_C = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Donde:

- **P_C**: Potencia máxima a transportar por límite térmico.
- **I**: Intensidad máxima admisible por el conductor, A.
- **U**: Tensión compuesta, Kv.

Diferenciamos los 2 circuitos:

- Línea aérea

- $I_{MÁX} = 601 \text{ A}$.
- $U = 20 \text{ kV}$.

$$P_C = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 601 \cdot 0,96 = 19,98 \text{ kW}$$

- Línea subterránea

Tenemos diferentes tramos, como ya sabemos y diferentes secciones de cables, para cada tramo, por lo que según la sección tenemos distintas $I_{MÁX}$, iremos exponiendo a continuación la sección, la $I_{MÁX}$ y la P_C .

$$\begin{aligned} 240 \text{ mm}^2 &\rightarrow 415 \text{ A} \rightarrow P_C = 16,56 \text{ MW.} \\ 150 \text{ mm}^2 &\rightarrow 315 \text{ A} \rightarrow P_C = 12,57 \text{ MW.} \end{aligned}$$

5.4.4 Intensidad de cortocircuito.

El cortocircuito es una de las mayores preocupaciones para el proyectista puesto que condiciona la tecnología a adoptar y consecuentemente el coste de la instalación. El cálculo de la intensidad de cortocircuito y su estudio se va a limitar a defectos trifásicos, que son los que se considera generan valores máximos de intensidad,

- *Componentes de la intensidad de cortocircuito.*

La intensidad de cortocircuito es suma de dos componentes, una alterna senoidal y otra componente continua.

$$I_s = I \cdot \text{Sen} (\omega t + \theta)$$

$$I_a = I \cdot \text{Sen} (\theta \cdot e^{-Rt/L})$$

En base a esto definimos 2 regímenes extremos:

Régimen Asimétrico: El cortocircuito se presenta cuando ambas componentes son máximas.

Régimen Simétrico: El cortocircuito se establece cuando la componente continua es nula y la componente alterna pasa por cero.

En el caso de defectos trifásicos, la intensidad I_{CC} , expresada en valor eficaz simétrico es:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

Donde:

- **U**: Tensión compuesta de la red trifásica, V.
- **Z_{cc}**: Impedancia resultante por fase, Ω .

En el caso de asimetría total, el valor de la máxima amplitud de la primera cresta de corriente viene definido por la siguiente expresión:

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

El coeficiente K es función de la relación R/X, y se obtiene a partir del gráfico siguiente.

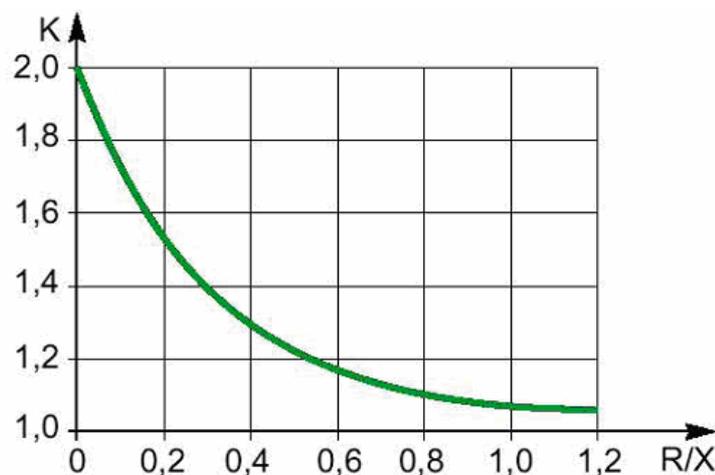


Figura 15: Variación del factor K en función de R/X

Es imprescindible calcular I_m para determinar los esfuerzos electrodinámicos.

- **Potencia de cortocircuito**

El valor de la potencia de cortocircuito se deduce de la siguiente a partir de la corriente de cortocircuito simétrica.

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} = \frac{U^2}{Z_{cc}}$$

Aunque para el punto de entronque de la línea, que es en la subestación, la potencia de cortocircuito que adoptaremos será la suministrada por la compañía suministradora, y que al tratarse de una línea de 20 KV, será de 500 MVA, dato obtenido tras consulta a la empresa suministradora.

- **Valores de las impedancias de los elementos de la red.**

La impedancia de cortocircuito se compone de una parte resistiva y de otra parte reactiva:

$$Z_{cc} = R_{cc} + j \cdot X_{cc}$$

En un cortocircuito la reactancia es, en general, mucho más importante que la resistencia; pero es interesante conocer este valor para determinar el factor K necesario para hallar la máxima corriente de cresta asimétrica.

Red aguas arriba: Tomando como potencia de cortocircuito en la derivación de la línea la establecida por la compañía suministradora, 600MVA, y 20 KV como tensión compuesta de la red, la impedancia equivalente (Z_{cc}) de la red aguas arriba será:

$$Z_{cc} = 0,8 \Omega.$$

La relación entre la resistencia y la reactancia suele ser de 0,15, valor muy pequeño por lo que la resistencia se considerara nula y el valor de la reactancia prácticamente igual al de la impedancia:

$$X_{cc} = j0,667 \Omega.$$

Impedancia de la línea: haremos referencia a la resistencia y la reactancia halladas con anterioridad, considerado tanto el tramo aéreo como el subterráneo de la línea de M.T. personalizando para cada transformador asociado a cada generador.

- **Tramo aéreo.**

$$Z_A = 0,1196 + j 0,328.$$

- **Tramo subterráneo.**

- **Línea 1**

- **Tramo 1.**

Vamos a calcular la Z_{TRAMO1} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO1}} = Z_{\text{CC}} + Z_A + Z_{\text{SUBTRAMO1}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_A = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO1}} = 47,49 + j 33,33 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO1}} = 122,26 + j 1161,33 \text{ m}\Omega.$$

- **Tramo 2.**

Vamos a calcular la Z_{TRAMO2} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO2}} = Z_{\text{CC}} + Z_A + Z_{\text{SUBTRAMO2}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_A = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO2}} = 137,55 + j 63,525 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO2}} = 257,15 + j1191,525 \text{ m}\Omega.$$

▪ Tramo 3.

Vamos a calcular la Z_{TRAMO3} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO3}} = Z_{\text{CC}} + Z_{\text{A}} + Z_{\text{SUBTRAMO3}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{A}} = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO3}} = 170,3 + j 78,65 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO3}} = 289,9 + j1206,65 \text{ m}\Omega.$$

▪ Tramo 4.

Vamos a calcular la Z_{TRAMO4} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO4}} = Z_{\text{CC}} + Z_{\text{A}} + Z_{\text{SUBTRAMO4}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{A}} = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO4}} = 164,27 + j 75,867 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO4}} = 283,87 + j1203,867 \text{ m}\Omega.$$

○ **Línea 2**

▪ Tramo 5.

Vamos a calcular la Z_{TRAMO5} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO5}} = Z_{\text{CC}} + Z_{\text{A}} + Z_{\text{SUBTRAMO5}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{A}} = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO5}} = 31,7 + j 14,641 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO5}} = 151,3 + j1142,641 \text{ m}\Omega.$$

▪ Tramo 6.

Vamos a calcular la Z_{TRAMO6} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO6}} = Z_{\text{CC}} + Z_{\text{A}} + Z_{\text{SUBTRAMO6}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j 800 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{A}} = 119,6 + j 328 \text{ m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO6}} = 154,056 + j 71,148 \text{ m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO6}} = 273,656 + j1199,148 \text{ m}\Omega.$$

- Tramo 7.

Vamos a calcular la Z_{TRAMO7} , pero antes vamos a poner los valores que nos hacen falta.

$$Z_{\text{TRAMO7}} = Z_{\text{CC}} + Z_{\text{A}} + Z_{\text{SUBTRAMO7}}$$

$$Z_{\text{CC}} = j \, 800 \, \text{m}\Omega.$$

$$Z_{\text{A}} = 119,6 + j \, 328 \, \text{m}\Omega.$$

$$Z_{\text{SUBTRAMO7}} = 154,056 + j \, 71,148 \, \text{m}\Omega$$

Con todo ello obtenemos un valor de:

$$Z_{\text{TRAMO7}} = 273,656 + j1199,148 \, \text{m}\Omega.$$

- **Transformador**

La impedancia del transformador se calcula a partir de la tensión de cortocircuito.

$$Z_{\text{TR}} = \frac{U^2}{P_n} \cdot \frac{e}{100}$$

Definimos:

- **U:** Tensión compuesta de la red.
- **e:** Tensión de cortocircuito del transformador, para nuestros transformadores este tiene un valor del 6%.
- **P_n:** Potencia del transformador en VA.

Por lo que aplicando la anterior ecuación obtendremos un valor:

$$X_{\text{TR}} = j \, 0,0023\Omega.$$

La relación entre la reactancia y la resistencia en el transformador suele tomar valores de 0,2.

$$R_{TR} = 0,2 \cdot 0,0023 = 0,00046 \Omega.$$

La impedancia será:

$$Z_{TR} = 0,0023 + j 0,00046\Omega \approx 0,014 \Omega.$$

- **Estudio de las corrientes de cortocircuito.**

- Encuentro de la línea con la subestación

En este punto, hemos calculado con anterioridad la impedancia, la cual tenía un valor de 0,8 Ω , por lo que nos disponemos a sacar el valor de la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 0,8} = 14,433 \text{KA}$$

Para K = 1,64.

Considerando en este punto un valor de R/X = 0,15

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc} = 33,47 \text{KA}$$

Esta intensidad de cortocircuito es eliminada por los cortocircuitos fusibles, colocados en el apoyo nº1 de la línea aérea, en 0,01s (de acuerdo con las gráficas de la casa fabricante).

- **Centro de Transformación Aerogenerador 1:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T1} = 0,1226 + j 1,16133 \quad \rightarrow \quad Z_{T1} = 1,1677 \Omega.$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}}$$

$$\mathbf{I_{CT1} = 9,88 \text{ KA.}}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$\mathbf{P_{CC1} = 342,25 \text{ MVA}}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,1226 / 1,16133 = 0,105. \quad \rightarrow \quad \mathbf{K = 1,8.}$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$\mathbf{I_{m1} = 19,60 \text{ KA.}}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 2:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T2} = 0,257 + j 1,191 \quad \rightarrow \quad \mathbf{Z_{T2} = 1,21 \Omega.}$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$\mathbf{I_{CT12} = 9,54 \text{ KA.}}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$\mathbf{P_{CC2} = 330,57 \text{ MVA}}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,257 / j 1,191 = 0,21. \quad \rightarrow \quad K = 1,53.$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$I_{m2} = 20,64 \text{ KA.}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 3:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T3} = 0,289 + j 1,206 \quad \rightarrow \quad Z_{T3} = 1,24 \Omega.$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$I_{CC3} = 9,32 \text{ KA.}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$P_{CC3} = 322,58 \text{ MVA}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,289 / j 1,206 = 0,23. \quad \rightarrow \quad K = 1,55.$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$I_{m3} = 20,42 \text{ KA.}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 4:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T4} = 0,284 + j 1,203 \quad \rightarrow \quad \mathbf{Z_{T4} = 1,23 \Omega.}$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$\mathbf{I_{CCT4} = 9,39 KA.}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$\mathbf{P_{CC4} = 325,203 MVA}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,284 + j 1,203 = 0,23. \quad \rightarrow \quad \mathbf{K = 1,55.}$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$\mathbf{I_{m4} = 20,58 KA.}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 5:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T5} = 0,151 + j 1,142 \quad \rightarrow \quad \mathbf{Z_{T5} = 1,15 \Omega.}$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$I_{CC5} = 10,04 \text{ KA.}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$P_{CC5} = 347,826 \text{ MVA}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,151 + j 1,142 = 0,13. \quad \rightarrow \quad K = 1,66.$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$I_{m5} = 23,56 \text{ KA.}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 6:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T6} = 0,273 + j 1,199 \quad \rightarrow \quad Z_{T6} = 1,22 \Omega.$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$I_{CC6} = 9,46 \text{ KA.}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$P_{CC6} = 327,868 \text{ MVA}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,273 + j 1,199 = 0,23. \quad \rightarrow \quad K = 1,5.$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$I_{m6} = 20,06 \text{ KA.}$$

- **Centro de Transformación Aerogenerador 7:** En este punto, la impedancia a considerar viene definida por la de la red de alimentación y la de la línea aérea situada aguas arriba, con lo que consideraremos una impedancia total:

$$Z_{T7} = 0,273 + j 1,199 \quad \rightarrow \quad Z_{T7} = 1,22 \Omega.$$

Aplicando la formula siguiente:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{CC}}$$

$$I_{CC7} = 9,46 \text{ KA.}$$

Por lo que la potencia de cortocircuito en el C.T. será:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{CC}$$

$$P_{CC7} = 327,868 \text{ MVA}$$

La relación entre las dos componentes de la impedancia en este punto determinará el valor de la constante K a tener en cuenta en el cálculo de la máxima corriente de cresta asimétrica.

$$R/X = 0,273 + j 1,199 = 0,23. \quad \rightarrow \quad K = 1,5.$$

$$I_m = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

$$I_{m7} = 20,06 \text{ KA.}$$

6 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

6.1 Intensidad de Alta Tensión.

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

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

- **S:** Potencia del transformador en kVA.
- **U:** Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.
- **I_p :** Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos que:

- **S:** Potencia del transformador 2,5 (kVA)
- **I_p :** 72,16 (A) siendo la intensidad total primaria de **72,16 Amperios**.

6.2 Intensidad de Baja Tensión.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

- **S:** Potencia del transformador en kVA.
- **W_{fe} :** Pérdidas en el hierro, valor que se obtiene mediante ensayo de vacío al transformador. Según fabricante es 3.100 W.
- **W_{cu} :** Pérdidas en los arrollamientos, valor que obtiene mediante ensayo de cortocircuito. Según fabricante es 20.200 W.

El valor total de estas perdidas asciende a 23,30 KVA.

- **U:** Tensión compuesta en carga del secundario = 0,4 kV.
- **I_s :** Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos que:

- **S:** Potencia del transformador 2,5 (kVA)
- **I_s:** 1.653,98 (A)

Siendo la intensidad secundaria de **2.653,98 Amperios**.

6.3 Cortocircuitos.

6.3.1 Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

6.3.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

El valor de este parámetro lo vimos en el apartado 5.4.4 de esta memoria, estudiado con anterioridad, obteniendo los resultados en KA a la entrada de los centros de transformación, con los valores máximo de cresta expresada en la siguiente tabla.

Nº Transformador	I _{CC} (KA)	I _{CC} Cresta (KA)
1	9,88	19,6
2	9,54	20,64
3	9,32	20,42
4	9,39	20,58
5	10,04	23,56
6	9,46	20,06
7	9,46	20,06

Tabla 27: Resumen de Intensidad de cortocircuito.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{CC}}{100} \cdot U_s}$$

Siendo:

- **S:** Potencia del transformador en kVA.
- **U_{cc}:** Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.
- **U_s:** Tensión secundaria en carga en voltios.
- **I_{ccs}:** Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

Pero si que consideraremos la impedancia del transformador para calcular la corriente máxima de cortocircuito de cresta (este valor se calculó anteriormente en los cálculos eléctricos).

6.3.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Como vimos en los cálculos eléctricos tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T., a la entrada de los distintos C.T. expuesto en la Tabla 26 precedente.

6.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{CC}}{100} \cdot U_s}$$

$$I_{ccs} = 27,89 \text{ KA}$$

El valor de la relación entre R/X para el transformador es de 0,2; por que aplicando la expresión vista en los cálculos eléctricos tendremos una corriente de cresta de 61,13 KA.

$$I_{ccs} = 27,89 \text{ KA.}$$
$$I_{ccs} = 61,13 \text{ KA. Cresta.}$$

6.4 Dimensionado del embarrado.

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por 3 tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termoretráctil.

Las barras se fijan a las conexiones al efecto existentes en la parte superior del cárter del aparato funcional (interruptor-seccionador en SF6). La fijación de barras se realiza con tornillos M8. El par de apriete es de 2,8 mdaN.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 375 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal 400 A.
- Límite térmico en 1 segundo 16 kA
- Límite electrodinámico 40 kA cresta.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

6.4.1 Comprobación por densidad de corriente.

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas SM6 es de tubo de cobre de diámetro exterior de Ø24 mm. y con un espesor de 3 mm., lo que equivale a una sección de 198 mm².

La densidad de corriente es:

$$d = 400/198 = 2,02 \text{ A/mm}^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20 mm. y de 818 A para diámetro de 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 y 2,99 A/mm² respectivamente. Con estos valores se obtendría una densidad máxima admisible de 3,29 A/mm² para el embarrado de diámetro de 24, valor superior al calculado (2,02 A/mm²). Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

6.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

- **F:** Fuerza resultante en Nw.
- **f:** coeficiente en función de $\cos \varphi$, siendo $f=1$ para $\cos \varphi=0$.
- **I_{cc}:** intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces.
- **d:** separación entre fases = 0,2 metros.
- **L:** longitud tramos embarrado = 375 mm.

Sustituyendo los valores de la variables de la expresión

$$F = 399 \text{ Nw.}$$

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = F/L = 0,108 \text{ Kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M_{\max} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 1.272 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

El embarrado tiene un diámetro exterior $D=24$ mm. y un diámetro interior $d=18$ mm.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = \frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{24^4 - 18^4}{24} \right) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{1.272}{927} = 1,37 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

$$r_{\text{cobre}} = 19 \text{ kg/mm}^2. \gg r_{\max}$$

Por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 2,8 m.Kg., superior al par máximo (M_{\max}).

6.4.3 Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\delta}}$$

Siendo:

- **S:** sección de cobre en $\text{mm}^2 = 198 \text{ mm}^2$.
- **α :** 13 para el cobre.
- **t:** tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

- **I:** Intensidad eficaz en Amperios.
- **δ:** 180° para conductores inicialmente a t° ambiente.

Si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para I = 16 kA:

$$\delta = 150^\circ.$$

$$t = \delta \cdot \left(\frac{S \cdot \alpha}{I} \right) = 150 \cdot \left(\frac{198 \cdot 13}{16.000} \right)^2 = 3,88s$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de 1 segundo.

6.5 Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión.

- **Alta tensión**

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo.

De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

- Potencia del transformador = 2.500 (kVA)
- Intensidad nominal del fusible de A.T. = 100 (A)

- **Baja tensión**

En el circuito de baja tensión del transformador se conectarán las tres fases del aerogenerador, quedando como protección las protecciones propias de la máquina.

En el siguiente apartado calcularemos la sección de los cables de conexión entre generador y transformador.

6.6 Dimensionamiento de la ventilación del C.T.

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

$$S_r = \frac{W_{fe} + W_{cu}}{0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta t^3}$$

Siendo:

- **W_{cu}**: Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.
- **W_{fe}**: Pérdidas en vacío del transformador en kW.
- **h**: Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.
- **Δt**: Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.
- **K**: Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0,6.
- **S_r**: Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

- Potencia del transformador = 2.000 (kVA)
- Pérdidas $W_{cu} + W_{fe} = 23,30$ (kW)
- S_r mínima = 1,96 (m²)

Se dispondrá de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior, de dimensiones 960 x 707 mm. cada una, consiguiendo así una superficie total de ventilación de 2,68 m².

Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla frontal superior, otra posterior superior y 2 rejillas laterales superiores.

Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m., tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

6.7 Dimensiones del pozo apagafuegos.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

- Potencia del transformador = 2.000 (kVA)
- Volumen mínimo del foso = 948 (litros)

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 1000 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

6.8 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.

6.8.1 Investigación de las características del suelo.

Tal como se dedujo en el apartado de puestas a tierra de los apoyos, se determina una resistividad media superficial (σ) = 100 Ω /m, para el terreno donde se instalará este Centro de Transformación, podemos ver en el plano 12, las características de la puesta a tierra de nuestro transformador.

6.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

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

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

- $R_n = 40 \Omega$.
- $X_n = 0 \Omega$.

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = 40\Omega$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_{d(\max)} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot |Z_n|}$$

Con lo que el valor obtenido es:

$$I_d = 288.68 \text{ A.}$$

6.8.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.

- **Tierra de protección**

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

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el método de cálculo y proyecto de “ Instalaciones de puesta a tierra en centros de transformación ”, editado por D. Julián Moreno Clemente, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

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

Identificación: código **50-50/5/42** (denominación UNESA), siglas que indican:

- 50-50: representa que el sistema de tierra elegido es cuadrangular, con una longitud de lados de 5 metros.
- 5: indicativo de que la profundidad a la que esta enterrada la cabeza de la pica es de 0,5 metros.
- 4: indica el número de picas del sistema.
- 2: es la longitud de las picas, en metros.

Parámetros característicos:

- $K_r = 0,088 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
- $K_p = 0,0176 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre picas será de 5 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 20 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

• **Tierra de servicio.**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida, si se dispusiese de esta, que no es el caso.

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

Identificación: código **5/32**, siglas que indican:

- 5: indicativo de que la profundidad a la que esta enterrada la cabeza de la pica es de 0,5 metros.
- 3: indica el número de picas del sistema.
- 2: es la longitud de las picas, en metros.

Parámetros característicos:

- $K_r = 0,135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
- $K_p = 0,0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

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

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación se calculara en el apartado 6.8.8. de esta memoria.

6.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

- **Tierra de protección**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \sigma$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$\circ U_d = I_d \cdot R_t$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \circ \sigma &= 100 \Omega \cdot \text{m}. \\ \circ K_r &= 0,088 \Omega / (\Omega \cdot \text{m}). \end{aligned}$$

Se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \circ R_t &= 8,8 \Omega. \\ \circ I_d &= 236,62 \text{ A}. \\ \circ U_d &= 2.082,3 \text{ V}. \end{aligned}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), siendo el valor recomendado como tensión soportada por dichas instalaciones de 10.000 voltios según recomendación de UNESA.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

- **Tierra de Servicio**

Aplicando la expresión siguiente:

$$R_t = K_r \cdot \sigma$$

$$R_t = 13,5 \Omega.$$

Y que vemos que es inferior a 37 Ω .

6.8.5 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 de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

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

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

$$U_p(\text{exterior}) = K_p \cdot \sigma \cdot I_d$$

De forma que sustituyendo los valores conocidos de las distintas variables, resultará una tensión de paso en el exterior del centro de transformación:

$$U_p(\text{exterior}) = 416,5 \text{ V.}$$

6.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto (que como sabemos es resultado de la diferencia de potencial existente entre el potencial absoluto del sistema de electrodos y el potencial al que estuviese una persona en el interior del perímetro marcado por el sistema de tierras) y de paso interior (diferencia de potencial, si se pusiesen los dos pies en tensión, al paso de una intensidad de defecto en el interior del C.T.).

Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

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

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

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

$$U_p (\text{acceso}) = U_d = R_t \cdot I_d$$

De forma que sustituyendo los valores conocidos de las distintas variables, resultará una tensión de paso en el acceso al centro de transformación:

$$U_p(\text{acceso}) = 2082.3 \text{ V.}$$

6.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.

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

$$U_{p(\text{exterior})} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1.000} \right)$$
$$U_{p(\text{acceso})} = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma_h}{1.000} \right)$$

Siendo:

- **Up:** Tensiones de paso en Voltios.
- **K:** 78,5.
- **n:** 0,18.
- **t:** Duración de la falta en segundos: 1 s.
- **σ:** Resistividad del terreno.
- **σ_h:** Resistividad del hormigón = 3.000 Ω·m.

Y obteniendo los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 1.256 \text{ V.}$$

(Esta tensión sería aun mayor, puesto que el exterior del C.T. está rodeado de una acera de hormigón con lo que la resistividad a tener en cuenta es la del hormigón, alcanzando un valor de 14.915 V.)

$$U_p(\text{acceso}) = 8.085,5 \text{ V.}$$

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

- En el exterior:

$$U_p = 416,5 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 1.256 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 2082.3 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 8085.5 \text{ V.}$$

6.8.8 Investigación de tensiones transferibles al exterior.

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

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

$$D_{\min} = \frac{\sigma \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Con:

- $\sigma = 100 \Omega \cdot \text{m.}$
- $I_d = 236,62 \text{ A.}$

Siendo el valor de dicha distancia:

- $D_{\min} = 3,76 \text{ m.}$

6.9 Conexión del transformador.

El tipo de conexión elegido para el transformador es la Dyn11, o lo que es lo mismo, circuito primario de A.T. del transformador conectado en triángulo, circuito secundario de B.T. del mismo conectado en estrella, y con la posibilidad de conectar el neutro en el lado de B.T.; y el motivo de su elección son las diversas ventajas que este presenta frente a los distintos conexionados posibles, y a su vez las pocas desventajas que presentan.

La relación de transformación simple es la siguiente:

$$m_s = E_1 / e_1 = U_1 / U_2$$

Mientras que la compuesta es:

$$m_c = V_{AB} / V_{ab} = E_1 / \sqrt{3} \cdot e_1 = m_s / \sqrt{3}$$

De forma que la relación simple es $\sqrt{3}$ veces la compuesta.

Entre las ventajas que este conexionado presenta se enuncian las siguientes:

- Si se produjera un desequilibrio en la carga, no originaría un desequilibrio de flujo magnético, pues habrá un reparto entre las 3 columnas del primario, como ocurriría en otras conexiones como la conexión estrella – estrella.
- Otra ventaja es la de disponer el neutro en el circuito secundario, circunstancia que permite la alimentación en B.T., tanto de cargas trifásicas (entre fases) como monofásicas (entre fase y neutro), y que no sería posible si el conexionado del circuito secundario fuese en triángulo.
- Otra conexión que presenta estas ventajas, es la conexión estrella – Zig-Zag, pero debido al mayor coste que supone el mayor nº de espiras necesarios en el devanado secundario para la composición de tensiones, hace que nos hayamos declinado por el tipo de conexionado descrito anteriormente.

En el estudio de la conexión del transformador, no se ha considerado la posibilidad de utilizar autotransformador, puesto que sus ventajas económicas frente a los transformadores normales, no compensan el peligro potencial que entraña la existencia de un punto común entre los devanados de A.T. y B.T.; es por esto que nunca se instalen estos si la relación de transformación es mayor de 2, como es el caso.

Con respecto al índice horario del conexionado elegido, 11, indica la existencia de un retraso del devanado de menor de tensión con respecto al de mayor tensión, de 330 °.

7 CÁLCULOS DEL CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN.

En este apartado vamos a realizar las comprobaciones de la adecuada sección del conductor elegido para la conexión entre transformador y generador, como ya sabemos este es el último tramo objeto de este proyecto.

7.1 Justificación del conductor

Para el cálculo justificado de la sección del conductor utilizaremos el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

A continuación pasamos a comprobar que la sección del cable propuesto para este tramo cumple con los requisitos necesarios, y que se enumeran y comprueban a continuación:

- **Tensión en servicio de la red.**

La tensión de generación de los generadores E4 E70 es de 400 V, para ello utilizaremos cables con aislamiento 0,6/1 kV de la marca Pirelli.

- **Criterio de calentamiento.**

Calculamos la corriente máxima que ha de transportar, puesto que en ningún punto de la instalación, la temperatura del conductor puede soportar unos límites establecidos; es por esto que haremos referencia a unas tablas proporcionadas por el fabricante, donde se expresan las intensidades máximas de servicio para las distintas tensiones de servicio y los cables más utilizados. La intensidad máxima de servicio prevista (I_{\max}) vendrá dada por la potencia máxima demandada por el generador, y corresponde a 2.300 Kw:

$$I_{\max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{2300}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,96} = 3,45 \text{ kA}$$

Obtenido este valor de corriente, intensidad muy alta, tendremos que usar otro tipo de cable especial para la baja tensión, haremos uso de lo prescrito en ITC-BT-06 del Reglamento Electrotécnico de B.T. en su apartado 4.4., donde nos dice que para otros tipos de cables no mencionado en dicha instrucción debemos hacer uso de la norma UNE 20.435.

Según esta norma, debemos aplicar el factor de corrección que sigue:

- El agrupamiento de cables, que en este caso estará compuesto por una terna de cables unipolares, canalizados en el interior de un mismo tubo; correspondiéndoles un factor de corrección de 0,8.
- La profundidad de enterramiento, que para 1 metro le corresponderá un factor de corrección de 1.

Por tanto aplicando el factor de corrección de 0,86 ya que utilizaremos cuatro conductores por fase, la intensidad para la elección de la sección del conductor será:

$$I_{MÁX} = 3.450 / 0.86 = 4.011 \text{ A.}$$

Para esta corriente, y según la norma UNE 20.435 según tabla para conductores de cobre y aislamiento de polietileno reticulado y en la columna de conductores unipolares, elegimos la sección de 300 mm^2 , que soporta una intensidad de 545 A, como nosotros usaremos cuatro conductores por fase, la corriente total que podrá circular por cada fase será de 2180 A, corriente superior a la obtenida anteriormente, y por lo tanto adoptamos la sección de 300 mm^2 y cuatro conductores por fase.

○ **Caída de tensión**

Que viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_{MÁX} (R \cos \varphi + X \text{ sen } \varphi) = 9,51 \text{ V}$$

Donde:

- **K:** $\sqrt{3}$
- **L:** Es la longitud del tramo, y que consideramos 25m.
- **Cos ρ :** 0,96.
- **Sen ρ :** 0,28.

Podemos encontrar en el Plano 11, las características de nuestro centro de transformación, donde encontraremos las dimensiones del mismo, además de otros datos relevantes.

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA



INDICE

1	COSTES E INGRESOS DEL PARQUE.	3
1.1	Costes del parque eólico.....	3
1.1.1	Costes de inversión.	3
1.1.2	Costes de explotación.	6
1.2.	Ingresos.....	8
2	ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PARQUE.....	9
2.1	Valor actual neto (VAN).....	9
2.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	11
2.3	Amortización:	12

1 COSTES E INGRESOS DEL PARQUE.

1.1 Costes del parque eólico.

Los costes de un parque eólico los vamos a dividir en 2 grandes grupos, que son por un lado los costes de inversión, y por otro lado los costes de explotación.

1.1.1 Costes de inversión.

Corresponden a los gastos antes y durante la instalación del parque eólico, los cuáles nos ponemos a describir:

- **Evaluación de los recursos eólicos:**

Coste de la fase de medición, que comprende la elección de una zona para realizar la medida, el montaje de la torre meteorológica, toma de datos de esa torre y a continuación con esos datos hacer un estudio de los recursos eólicos de la zona.

- **Ingeniería, licencias y permisos:**

La ingeniería puede definirse en un primer documento de ingeniería básica (Anteproyecto o Proyecto Básico), que puede ser la base de la solicitud de autorización administrativa de la instalación, aunque esta puede solicitarse directamente definiendo un con detalle un proyecto de ejecución.

Los proyectos llevan asociados costes no solo de la ingeniería básica para desarrollarlo, sino también costes de obtención de información, como cartografía de detalle, que permita dimensionar el proyecto y sus acciones correctamente, datos de catastro, que permitan identificar posibles afectados por la instalación y sus infraestructuras, etc.

- **Coste unitario del aerogenerador:**

Se define el coste específico del aerogenerador como el coste total del aerogenerador dividido por el área barrida del rotor.

Para hacer una estimación de estos costes hacemos referencia al libro Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica. Donde en su página 16 se muestra una tabla que presenta el coste específico para diferentes aerogeneradores comerciales en función de la potencia nominal de la máquina.

No obstante hay que considerar dos puntos importantes a favor de los grandes aerogeneradores. Por un lado la utilización del terreno, puesto que el uso de grandes aerogeneradores permite instalar mas potencia en un emplazamiento dado, y por otro lado el impacto visual, que disminuye al utilizar las grandes maquinas. De esta forma, un parque eólico de 16,1 MW, compuesto por 7 aerogeneradores de 2,3 MW de potencia con un diámetro de 71 m, presenta menor impacto visual que un parque formado por 32 aerogeneradores de 500 kW y 40 m de diámetro.

Este es uno de los motivos para optar a los aerogeneradores instalados en el parque eólico El Higuero, los aerogeneradores ENERCON E-70 E-4.

Según este un aerogenerador de 2,3 MW de potencia ronda los 700€/m², considerando el m² el área barrida por el rotor. Hay que señalar que nuestros 7 aerogeneradores son ENERCON E-70 E-4.

Área barrida por el rotor es de: **3.959 m²**

Por lo que el coste de un aerogenerador será:

$$700\text{€/m}^2 \times 3.959 \text{ m}^2 = 2.771.300 \text{ €}$$

Partiendo del caso específico de Parque Eólico “El Higuero”, el cual cuenta con 7 aerogeneradores todos ellos del mismo modelo será:

$$2.771.300\text{€} \times 7 = 19.399.100 \text{ €}$$

- **Obra civil:**

Coste de construcción de caminos de acceso a los aerogeneradores y al parque, movimiento de tierras que fuesen necesaria, construcción de nave de almacén, talleres oficinas, etc.

- **Infraestructura eléctrica y línea de evacuación:**

Coste de la instalación eléctrica interna del parque eólico y la línea de evacuación para conexión a red.

A continuación expondremos en la siguiente figura, un diagrama el cual representa la vinculación que las distintas partidas tienen en el resultado final de los costes de inversión, señalar que estos datos no son los que un empresario/proyectista tendría en la mano antes de realizar su inversión, es decir, serían otros un poco más fiables, estos aunque no son fiables al 100% se aproximan mucho a los que verdaderamente serían.

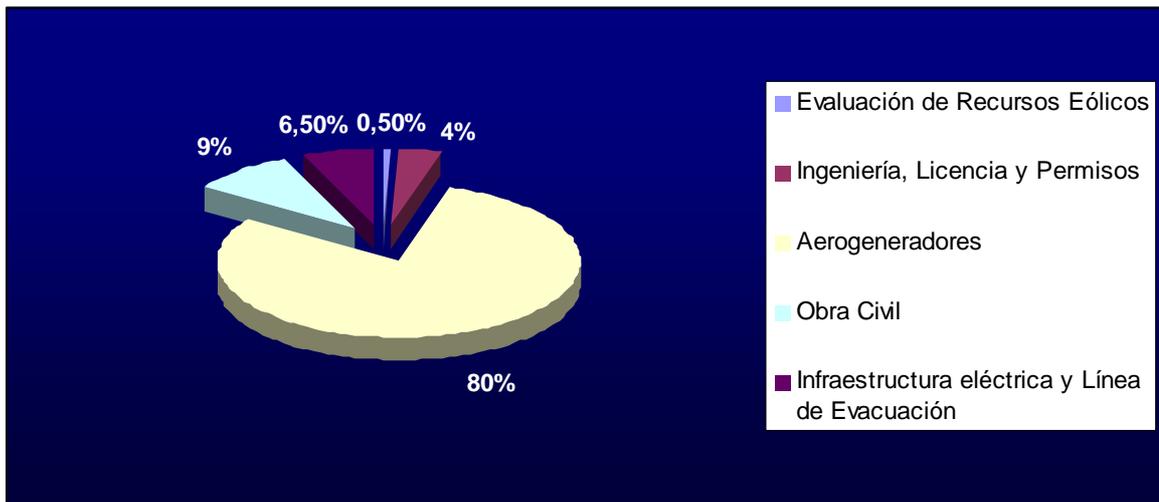


Figura 1: Costes de Inversión.

Partiendo de que el coste de los aerogeneradores es de un 80% y sabiendo que este coste es de 19.399.100 € obtenemos que:

CONCEPTO	%	COSTE (€)
Aerogeneradores	80	19.399.100
Obra civil	9	2.182.398
Infraestructura eléctrica	6,5	1.576.176
Ingeniería, Licencias y Permisos	4	969.955
Evaluación de recursos eólicos	0,5	121.244
Totales	100	24.248.875

Tabla 1. Costes de Inversión.

Observamos que el coste de inversión asciende a los 24.248.875 €.

1.1.2 Costes de explotación.

Corresponden a los gastos, una vez ya instalado el parque y puesto en marcha.

Se emplean en la producción de energía eléctrica, es decir los gastos ocasionados para mantener y explotar el parque de forma segura y fiable.

Desglosando estos gastos tenemos:

- **Terrenos (alquiler):**

Coste del alquiler del terreno donde se sitúa el parque eólico.

- **Operación mantenimiento:**

Coste de la operación y mantenimiento para un correcto funcionamiento del parque.

- **Gestión y administración:**

Coste de la gestión y administración del parque eólico.

- **Seguros e impuestos:**

Coste de seguros e impuestos a pagar durante el funcionamiento del parque.

En la Figura 2 mostramos el impacto que las distintas partidas tienen en el precio final.

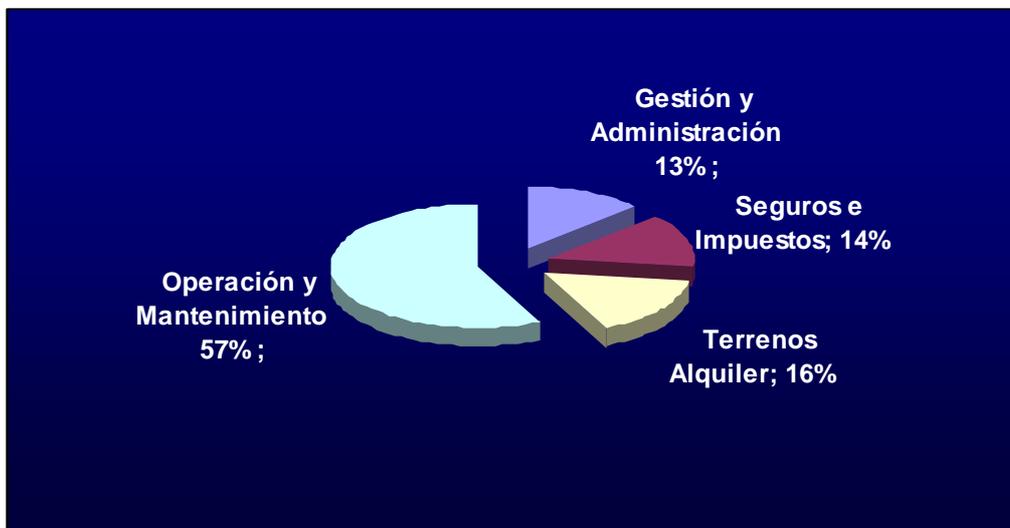


Figura 2. Costes de Explotación.

Según el libro Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica, al que haremos referencia para todo este estudio de viabilidad económica del parque, los costes de explotación suponen aproximadamente el 3,5% de la inversión cada año. Partiendo de este dato sacamos los costes de explotación anuales:

Costes de Explotación/año = 0,035 x 24.248.875= 848.710 €/año.
--

Ahora realizamos una Tabla donde se muestran todos estos costes.

CONCEPTO	%	COSTE (€)
Operación y Mantenimiento	57	483.765
Terrenos (Alquiler)	16	135.793
Seguros e Impuestos	14	118.819
Gestión y Administración	13	110.332
Totales	100	848.710

Tabla 2. Costes de Explotación.

Observamos que los coste de explotación/año ascienden a los 848.710 €.

Señalar que las previsiones de los costes pueden suponer un gran cambio si se realiza una mala planificación de nuestro parque, este error supondría un nuevo dimensionamiento de nuestro aerogenerador y teniendo en cuenta el precio de cada parte del aerogenerador supondría un aumento importante en los costes de inversión anteriormente previstos, en la siguiente Tabla vamos a representar el % de coste que supone sobre el precio final del aerogenerador las distintas partes:

COMPONENTE	COSTE DEL ELEMENTO
Multiplicadora	10%
Generador	5%
Palas de Rotor	15%
Cojinete Eje Principal	1%
Cojinete Eje de Orientación	1%
Torre	10%
Cimentación	5%

Tabla 3. Costes Componentes Aerogenerador.

1.2. Ingresos.

Los ingresos que se producen en un parque eólico son los derivados de la venta de energía. Esta actividad, en general, tiene un régimen diferente al de la venta de energías tradicionales, encuadradas en el llamado régimen ordinario. Si estas energías recibiesen un precio por Kw/h similar al de cualquier central convencional, no serían rentables a nivel económico por lo que, ningún empresario invertiría en algo por lo que saliera perdiendo.

Por otro lado se encuentra la postura del gobierno, que es la de disminuir las emisiones de CO₂, y que ello no afecte al crecimiento del país. Además el aumento de estas energías hacen de España un país más autosuficiente, ya que ni cuenta con carbón de calidad, ni con gas natural, ni con petróleo, es decir, toda la materia prima utilizada para la obtención de energía eléctrica proviene de fuera.

Así pues, las energías renovables se acogen al denominado régimen especial, tenemos 2 opciones de vender la energía producida:

Según el REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial se dice que:

Para vender, total o parcialmente, su producción neta de energía eléctrica, los titulares de instalaciones a los que resulte de aplicación este real decreto deberán elegir una de las opciones siguientes:

- Ceder la electricidad al sistema a través de la red de transporte o distribución, percibiendo por ella una tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, expresada en céntimos de euro por Kw/h.
- Vender la electricidad en el mercado de producción de energía eléctrica. En este caso, el precio de venta de la electricidad será el precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación, complementado, en su caso, por una prima en céntimos de euro por Kw/h.

Como promotores de un parque eólico debemos elegir anualmente la fórmula mediante la cual vamos a facturar la energía entregada a la compañía distribuidora nosotros estamos en la obligación de analizar ambas formas y de decidir cuál de ellas es la que más nos conviene. Para ello hemos realizado una Tabla en la cual se pone de manifiesto la opción más favorable.

Precio Fijo (tarifa regulada 2009).	T = 7,8183 c€/kWh (20 primeros años) T = 6,5341 c€/kWh (a partir de 20 años)
Precio medio de compra en el mercado (2008).	6,589 c€/Kwh
Prima.	3,1263 c€/Kwh (20 primeros años)
Precio mercado + Prima.	9,7153 c€/Kwh
Límite superior	9,0692 c€/Kwh
Límite inferior	7,6098 c€/Kwh
Ingresos por venta a precio Fijo.	
Precio /Kwh (precio fijo).	6,987 c€/Kwh
Total de Ingresos por venta a precio fijo.	35.600.320 Kwh/año * 0,078183 €/Kwh = 2.783.339 €/año
Ingresos por venta en mercado.	
Precio /Kwh (prima+precio medio).	9,7153c€/Kwh
Total de ingresos por venta en mercado.	35.600.320 Kwh/año * 0,097153€/Kwh = 3.458.677 €/año

Tabla 4. Formas de Ingreso.

Después de analizar las 2 opciones que nos ofrecían llegamos a la conclusión que la que más nos interesa es sin duda alguna, **ingresos por venta en mercado** a partir de aquí vamos a desarrollar el aspecto de la amortización que será la prueba de que cualquier empresario que quiera montar un Parque eólico saldrá ganando como podremos ver a continuación.

2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PARQUE.

2.1 Valor actual neto (VAN)

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

- **Q_n**: representa los flujos de caja, es decir, ingresos menos costes de explotación
- **I**: es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- **N**: es el número de períodos considerado.
- **r**: es el tipo de interés

Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, r pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Tabla 5: Interpretación del valor del VAN

El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

A continuación calculamos el VAN de nuestro Parque Eólico:

VAN: 14927,4062

Observando el resultado del VAN, llegamos a la conclusión de que el plan de viabilidad económica del parque es aceptado, por lo que habrá beneficios en la producción del mismo.

2.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto VAN (calculado anteriormente) es igual a cero.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto (expresada por la TIR) supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza

A continuación hallamos el TIR:

TIR 5 años: -17%
TIR 10 años: 1,3%
TIR 15 años: 6,6%
TIR 20 años: 8,7%

Como podemos ver en los resultados del TIR, empezaremos a obtener beneficios a partir del décimo año.

2.3 Amortización:

El período de amortización es el valor más importante para evaluar la viabilidad económica del parque, ya que dependiendo de este dato algunos empresarios optan por llevar a cabo el proyecto eólico, o por el contrario desestiman hacer la inversión.

$$\text{Plazo de amortización} = \text{Costes de Inversión} / \text{Ingresos Anuales} - \text{Costes de Explotación}$$

$$\text{Plazo de amortización} = 24.240.875 \text{ €} / (3.458.677 \text{ €/año} - 848.710 \text{ €}) = 9,28 \text{ años.}$$

Con lo que se estima que la inversión del parque eólico “El Higuerón” estará totalmente amortizada en el periodo de:

10 años.

Considerando que la vida útil de un parque de las características de este proyecto está por encima de los 20 años, podemos afirmar que a partir del décimo año la inversión estaría totalmente amortizada y a partir de ahí hasta el final de la vida útil del parque, que como mínimo está estimada en 10 años más, todos los ingresos, menos los gastos de explotación, serán beneficio industrial. Por tanto, invirtiendo en este tipo de energía estamos no solo ganando dinero sino que también estamos intentando frenar el cambio climático, debido a la importante reducción de las emisiones de CO₂ que estamos transmitiendo a la atmósfera. A fin de cuenta no sólo está ganando el empresario que ha realizado el parque sino que hemos ganado todos ya que evitamos emisiones CO₂ a nuestra atmósfera

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD,
SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO



INDICE

1	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	6
1.1	Introducción.....	6
1.2	Derechos y obligaciones.....	6
1.2.1	Derecho a la protección frente a riesgos laborales.	6
1.2.2	Principios de la acción preventiva.	7
1.2.3	Evaluación de los riesgos.....	7
1.2.4	Equipos de trabajo y medios de protección.	10
1.2.5	Información, consulta y participación de los trabajadores.	10
1.2.6	Formación de los trabajadores.	11
1.2.7	Medidas de emergencia.	11
1.2.8	Riesgo grave e inminente.....	11
1.2.9	Vigilancia de la salud.....	11
1.2.10	Documentación.	12
1.2.11	Coordinación de actividades empresariales.....	12
1.2.12	Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos. .	12
1.2.13	Protección de la maternidad.....	12
1.2.14	Protección de los menores.	13
1.2.15	Relaciones de trabajos temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.	13
1.2.16	Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.	13

1.3	Servicios de prevención.....	14
1.3.1	Protección y prevención de riesgos profesionales.....	14
1.3.2	Servicios de prevención.....	14
1.4	Consulta y participación de trabajadores.....	15
1.4.1	Consulta de los trabajadores.....	15
1.4.2	Derechos de participación y presentación.....	15
1.4.3	Delegados de prevención.....	15

2 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO. 17

2.1	Introducción.....	17
2.2	Obligaciones del empresario.....	17
2.2.1	Condiciones constructivas.....	17
2.2.2	Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.....	19
2.2.3	Condiciones ambientales.....	19
2.2.4	Iluminación.....	20
2.2.5	Servicios higiénicos y lugares de descanso.....	21
2.2.6	Material y locales de primeros auxilios.....	22

3 DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. 23

3.1	Introducción.....	23
3.2	Obligación general del empresario.....	23

4 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. 25

4.1 Introducción..... 25

4.2 Obligación general del empresario..... 25

4.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.26

4.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.27

4.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.28

4.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimientos de tierra y maquinaria pesada.28

4.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta. .30

5 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. 32

5.1 Introducción..... 32

5.2 Estudio básico de seguridad y salud..... 33

5.2.1 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción..... 33

5.2.2 Medidas preventivas de carácter general.35

5.2.3 Medidas preventivas de carácter general para cada oficio. Movimientos de tierra. Excavación de pozos y zanjas.38

5.2.4 Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de a.t.44

5.3 Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras..... 49

6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. 49

6.1 Introducción..... 49

6.2 Obligaciones generales del empresario..... 50

6.2.1 Protectores de la cabeza..... 50

6.2.2 Protectores de manos y brazos..... 50

6.2.3 Protectores de pie y piernas..... 51

6.2.4 Protectores del cuerpo..... 51

6.2.5 Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de a.t. 52

1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

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 de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- 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.

1.2 Derechos y obligaciones.

1.2.1 Derecho a la protección frente a 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.

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.

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.
 - Pueden 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.

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.
- Cogidas 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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

1.2.15 Relaciones de trabajos 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.

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.

1.3 Servicios de prevención.

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 auditoria o evaluación externa.

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, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaboraren 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.

1.4 Consulta y participación de trabajadores.

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.
- 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.

1.4.2 Derechos de participación y presentación.

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.

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.

2 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

2.1 Introducción.

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 y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

2.2 Obligaciones del empresario.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

2.2.1 Condiciones constructivas.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamiento o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a las que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador,

sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionados para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobre-intensidades previsible y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

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 conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

2.2.2 Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

2.2.3 Condiciones ambientales.

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

2.2.4 Iluminación.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux.
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux.
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.

- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

2.2.5 Servicios higiénicos y lugares de descanso.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

2.2.6 Material y locales de primeros auxilios.

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

3 DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

3.1 Introducción.

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 precisas 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 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, entendiéndose 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.

3.2 Obligación 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 las señalizaciones de riesgos eléctricos, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgos biológicos, 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.

4 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

4.1 Introducción.

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.

4.2 Obligación 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.

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.

4.2.1 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.

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.

4.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.

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.

4.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación 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.

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.

4.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimientos de tierra y maquinaria pesada.

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 anti-impactos 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 señalará 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, barros 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 señalarán 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 hinca, 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 anti-desprendimientos 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 anti-ruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

4.2.5 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 anti-proyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas anti-deflagrantes. 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 seguridad anti-proyección 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.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección anti-atrapamientos o abrasiones.

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 anti-retroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

5 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.

5.1 Introducción.

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, entendiéndose 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 obra civil de uso industrial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación:

- a) Excavación
- b) Movimiento de tierras.
- c) Construcción.
- d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados.
- e) Acondicionamiento de instalaciones.
- f) Transformación.
- g) desmantelamiento.
- h) Trabajos de pintura y de limpieza.
- i) Saneamiento.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es superior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es superior a 30 días laborables, utilizándose en algún 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.

5.2 Estudio básico de seguridad y salud.

5.2.1 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.

Los Oficios más comunes en las obras de construcción 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.

- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Pintura y barnizados.
- 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).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- 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 (directa e indirecta), 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.

5.2.2 Medidas preventivas de carácter general.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, 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, carpintería metálica y de madera, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico y tuberías, 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 (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) 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.

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 está 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).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.2.3 Medidas preventivas de carácter general para cada oficio. Movimientos de tierra. 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 electro soldado 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.
- 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.

Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonos, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

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.

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, arriostándose 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.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1,50 m.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se haya consolidado de forma adecuada.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, 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.

Montajes 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.

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 mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Pinturas 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 prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

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 o de planta, 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.

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 subidas 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.

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.

5.2.4 Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de a.t.

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 aisladores cerámicos.
- 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 envolventes prefabricadas de hormigón.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).
- Instalación de transformadores en envolventes 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. Electrocuciiones 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 (130°) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee 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.

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.

5.3 Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución 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.

6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

6.1 Introducción.

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.

6.2 Obligaciones generales del empresario.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

6.2.1 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 anti-polvo.
- Mascarilla anti-polvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

6.2.2 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.

6.2.3 Protectores de pie y piernas.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeable.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

6.2.4 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 anti-vibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

6.2.5 Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de a.t.

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- 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.

PLIEGO DE CONDICIONES



INDICE

1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES.	7
1.1 Objeto del contrato.	7
1.2 Finalidad del pliego de condiciones.	7
2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES, LEGALES Y ADMINISTRATIVAS.	7
2.1 Generalidades.	7
2.1.1 Contratista.	7
2.1.2 Realización de vistas y consultas.	8
2.1.3 Contenido de las propuestas.	8
2.1.4 Adjudicación.	9
2.1.5 Retención.	9
2.1.6 Penalización por demora.	9
2.1.7 Permisos y licencias.	9
2.1.8 Causa de resolución de contrato.	10
2.1.9 Subcontratación.	10
2.2 Normas, reglamentos y leyes de aplicación.	11

2.3	Medición y abono de las obras.....	12
2.3.1	Condiciones generales.....	12
2.4	Indemnización por daños.....	13
2.4.1	Demoliciones.....	13
2.4.2	Excavaciones en general.....	13
2.4.3	Rellenos de tierras.....	14
2.4.4	Materiales sobrantes.....	14
2.4.5	Medios auxiliares.....	14
2.4.6	Medición y abono de las obras terminadas.....	14
2.4.7	Modo de abonar las obras defectuosas pero admisibles.....	15
2.4.8	Modo de abonar las obras concluidas y las incompletas.....	15
2.4.9	Abono de obras accesorias.....	15
2.4.10	Vicios y defectos de construcción.....	16
2.4.11	Reclamaciones.....	16
2.4.12	Gastos de carácter social.....	16
2.5	Disposiciones generales.....	17
2.5.1	Disposiciones que además de la legislación general regirán durante el contrato.....	17
2.5.2	Autoridad del director de la obra.....	17
2.5.3	Contradicciones, omisiones y modificaciones del proyecto.....	17
2.5.4	Plan de obras y orden de ejecución de los trabajos.....	18
2.5.5	Plazo de ejecución de las obras.....	19
2.5.6	Precauciones a adoptar durante la ejecución de las obras.....	19
2.5.7	Vigilancia de las obras.....	20

2.5.8	Libro de obra.....	20
2.5.9	Plazo para la liquidación.....	20
2.5.10	Planos definitivos de obra.....	20
2.5.11	Recepción provisional de las obras.....	21
2.5.12	Conservación y plazos de garantía.....	22
2.5.13	Recepción definitiva.....	22
2.5.14	Reglamento y accidentes de trabajo.....	22
2.5.15	Gastos de carácter general a cargo del contratista.....	23
2.5.16	Responsabilidad y obligaciones del contratista.....	23

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES..... 25

3.1	Descripción de las obras.....	25
3.1.1	Objeto de este pliego.....	25
3.1.2	Ambito de aplicación.....	25
3.1.3	Obras que comprenden este proyecto.....	25
3.1.4	Otras obras de aplicación de este pliego.....	26
3.2	Condiciones a cumplimentar por los materiales en las diferentes obras.....	27
3.2.1	Normas de carácter general.....	27
3.2.2	Recepción de materiales.....	29
3.2.3	Materiales para emplear en relleno.....	29
3.2.4	Condiciones específicas de los materiales de obra civil. Aguas.....	30
3.2.5	Condiciones específicas de conductores y materiales de la línea de a.t.....	33
3.2.6	Condiciones específicas de los materiales del centro de transformación.....	35

3.2.7	Condiciones específicas de conductores y materiales de la línea de b.t.	41
3.3	Ejecución de las obras.	42
3.3.1	Condiciones generales.	42
3.3.2	Replanteo general de la obra.	42
3.3.3	Desvios de servicios.	43
3.3.4	Prohibición de trabajos bajo temperaturas extremas.	44
3.3.5	Posibles interferencias con trabajos de otros contratistas.	44
3.3.6	Conservación de las obras, limpieza y señalización.	44
3.3.7	Despeje final de las obras.	45
3.3.8	Línea aérea de a.t.	45
3.3.8.1	Replanteo de apoyos.	45
3.3.8.2	Excavaciones y explanaciones.	45
3.3.8.3	Cimentaciones.	46
3.3.8.4	Apoyos: armados e izados.	52
3.3.8.5	Puesta a tierra.	53
3.3.8.6	Señalización de apoyos.	54
3.3.8.7	Tendido, tensado y regulado de conductores.	54
3.3.9	Línea subterránea de alta tensión.	60
3.3.9.1	Conexión tramo aéreo-subterráneo.	60
3.3.9.2	Trazado.	60
3.3.9.3	Zanjas.	61
3.3.9.4	Canalizaciones.	61
3.3.9.5	Arquetas.	62
3.3.9.6	Manipulación de bobinas de cable.	63

3.3.9.7	Tendido de cables.....	63
3.3.9.8	Señalización.....	66
3.3.9.9	Tapado de zanjas.....	66
3.3.9.10	Disposición de cables.....	66
3.3.9.11	Puesta a tierra.....	67
3.3.9.12	Ensayos.....	67
3.3.10	Centro de transformación.....	67
3.3.10.1	Obra civil.....	68
3.3.10.2	Transformador.....	69
3.3.10.3	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	69
3.3.10.4	Pruebas reglamentarias.....	72
3.3.10.5	Instalaciones de puesta a tierra.....	72
3.3.10.6	Señalizaciones.....	73
3.3.11	Red subterránea de b.t.....	73
3.3.12	Varios.....	74

1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES.

1.1 Objeto del contrato.

Se desea proceder a la realización de la instalación eléctrica de un Parque Eólico con 7 aerogeneradores de 2,3 MW de potencia, dentro del término municipal de La Línea de la Concepción, provincia de Cádiz.

Con este motivo presentará una petición de oferta, para la realización de los trabajos mencionados, que se regirán según las estipulaciones del presente pliego de condiciones.

La prestación del servicio se atenderá a las estipulaciones fijadas en el pliego de Condiciones Técnicas.

1.2 Finalidad del pliego de condiciones.

El objeto y fin de este pliego de condiciones administrativas es determinar las normas para la presentación de ofertas y fijar los derechos y obligaciones de las Empresas ofertantes, por el hecho de serlo desde el momento de la oferta, así como todas aquellas que puedan derivarse en posterioridad a la misma, si las hubiere.

2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES, LEGALES Y ADMINISTRATIVAS.

2.1 Generalidades.

2.1.1 Contratista.

Podrá ser contratista toda aquella persona natural o jurídica que tenga capacidad legal o técnica para ello. La personalidad y capacidad del contratista, de acuerdo con las normas del derecho Español, deberán existir y ser acreditadas en el momento de la oferta y el contrato, en su caso.

Únicamente pueden presentar oferta los fabricantes o vendedores habituales de las instalaciones objeto del proyecto a que refieren las presentes condiciones, ya sea por si mismos o través de sus representantes, éste deberá acreditar documento otorgado por la entidad que oferta, conforme a las condiciones de fondo y forma exigidas en derecho.

Las ofertas que presenten los contratistas a la propiedad, supone la aceptación por aquellos de todas y cada una de las cláusulas del presente pliego de condiciones y de las que se establezcan en la petición de oferta redactada por esta propiedad.

2.1.2 Realización de vistas y consultas.

Las empresas interesadas en presentar ofertas podrán visitar las instalaciones que se hacen mención en estos pliegos; igualmente podrán efectuar las consultas aclaratorias que consideren oportunas al a la propiedad.

2.1.3 Contenido de las propuestas.

Las ofertas se presentarán en un sobre cerrado y firmado por el contratista, persona que lo represente o la empresa en cada caso, en el que se hará constar su contenido y el nombre del licitador. En el sobre se incluirá la documentación que a continuación se indica:

- Documento o documentos que acrediten la personalidad del licitador.
- Comentario al pliego de condiciones. La empresa licitante podrá hacer en este apartado cuantas observaciones considere oportuno realizar a los presentes pliegos de base, tanto de condiciones administrativas, como de condiciones técnicas. Estas observaciones deberán ir referidas a los distintos apartados contenidos en los mencionados pliegos que la empresa licitante considere oportuno comentar.
- Propuesta económica, contemplando por separado los siguientes apartados:

A. Línea aérea de M.T. a 24 KV.

B. Línea subterránea de M.T. a 24 KV.

C. Centro de transformación.

D. Red en B.T.

Las propuestas económicas de los apartados anteriores deberán reflejar el presupuesto de ejecución, con expresión de sus precios unitarios, el presupuesto total de ejecución material, la aplicación sobre este de un porcentaje de beneficio industrial y del %

del IVA. correspondiente sobre la suma de las dos cifras anteriores, para obtener el presupuesto de ejecución por contrato.

- Plan de obra. La empresa licitante presentará un plan de obra con la indicación de las fechas de terminación de las distintas fases de la instalación.

2.1.4 Adjudicación.

La propiedad podrá adjudicar la totalidad de la obra a una o dos empresas licitantes. Una vez aprobada oferta u ofertas que a juicio de la propiedad juzgue como más favorable, o en su defecto, decida rechazar se notificara a todos los licitadores la decisión final.

2.1.5 Retención.

De la cantidad total a abonar al contratista se descontará, en concepto de retención por garantía un 5%, que sería abonado al término de plazo estipulado de 1 año.

2.1.6 Penalización por demora.

En caso de sobrepasarse el plazo fijado por el licitante en su propuesta, y salvo causa de fuerza mayor, se establecerá una penalidad de un 1% por día natural de retraso sobre la fecha prevista para la finalización de las obras.

2.1.7 Permisos y licencias.

El contratista deberá a su costa todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de las obras, corriendo a su cargo la confección de todos los documentos necesarios y trámites para la legalización de cada instalación ante la delegación de industria debiendo gestionar las instancias de solicitud de aprobación y puestas en marcha necesarias. Las instalaciones no se considerarán concluidas hasta que dichos trámites estén totalmente cumplimentados.

2.1.8 Causa de resolución de contrato.

Podrán ser causas de resolución del contrato, unilateralmente por parte de la propiedad, sin que medie indemnización ninguna a la empresa contratista, cuando se cometa reincidencia alguna de las faltas que a continuación se exponen:

- Si la empresa contratista no respetase las prescripciones de la oferta.
- Si la Empresa Contratista no mantuviera sus compromisos en realización de las obras.
- En general, si la Empresa Contratista no cumpliera cualquiera de las restantes especificaciones acordadas.
- La no observancia de las medidas de seguridad en el trabajo.
- Causar daños o perjuicios a las instalaciones o servicios de la propiedad.
- El incumplimiento de las leyes laborales vigentes, en especial, el impago de impuestos y seguros sociales.

2.1.9 Subcontratación.

La empresa contratista no podrá contratar servicios de otra empresa para la realización de algunas labores comprometidas con la propiedad sin comunicárselo previamente a la misma, la cual deberá manifestar su conformidad por escrito y anticipadamente a tal subcontratación, reservándose, en todo momento el derecho a rechazarla.

La empresa contratista asume, en cualquier caso, ante la propiedad, íntegramente la responsabilidad de la realización de los trabajos, de acuerdo con las especificaciones acordadas, así como el importe total de las penalizaciones derivadas de la falta de cumplimiento de los pactos suscritos.

2.2 Normas, reglamentos y leyes de aplicación.

En los artículos siguientes se hace referencia a distintas normas, reglamentos y pliegos de condiciones, que se han utilizado para llevar a cabo la elaboración de este proyecto.

- Reglamentación general de contratación según decreto 3410/75, de 25 de Noviembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Pliego de Condiciones Generales para la contratación de obras públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de Diciembre.
- Instrucciones EH-82 para el proyecto de ejecución de obras de hormigón en masa y armado (EH.80).
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado (EHPRE-72).
- Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, del Ministerio de Industria y Energía (RAT).
- Real Decreto 2413/1973 de 20 de Septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, del Ministerio de Industria y Energía (RBT).
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, del Ministerio de Industria y Energía (RCE), así como las ordenes del 6 de Julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y 27 de Noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Decreto de 12 Marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía Eléctrica, del Ministerio de Industria y Energía.
- Real Decreto 2949/1982 de 15 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento sobre acometidas eléctricas.

- Normas UNE y Recomendaciones UNESA de aplicación.
- Normas particulares y de normalización de la Compañía Sevillana de Electricidad (CSE.).
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y RD 162/97 sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Las normas relacionadas, completan las prescripciones del presente pliego en lo referente a aquellos materiales y unidades de obra no mencionados expresamente en él, quedando a juicio del ingeniero director, estudiar las posibles contradicciones existentes.

2.3 Medición y abono de las obras.

2.3.1 Condiciones generales.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios ofertados en la proposición elegida.

Se entenderá que dichos precios incluyen siempre el suministro manipulación y empleo de todos los materiales necesarios para la ejecución de las unidades de obra correspondientes. Así mismo se entenderá que todos los precios comprenden los gastos de maquinaria, mano de obra, elementos accesorios, transporte, herramientas y toda clase de operaciones directas o incidentales necesarias para dejar las unidades de obra terminadas con arreglo a las condiciones específicas en el presente pliego.

Para aquellos materiales cuya medición se haya de realizar en peso, el contratista deberá situar en los puntos que indique el director de la obra, las básculas o instalaciones necesarias cuyo empleo deberá ser precedido de la correspondiente aprobación del citado director de obra.

Cuando se autorice la conversión de peso a volumen o viceversa, los factores de conversión serán definidos por el director de la obra.

Las dosificaciones que se indican en el presente proyecto se dan tan solo a título de orientación, y podrán ser modificadas por el director de la obra.

Se entenderá que todos los precios contratados son independientes de las dosificaciones definitivas adoptadas y que cualquier variación de las mismas no dará derecho al contratista a reclamar abono complementario alguno.

2.4 Indemnización por daños.

El contratista deberá adoptar en cada momento todas las medidas que estime necesarias para la debida seguridad de las obras, siguiendo el estudio al respecto realizado en el presente proyecto. En consecuencia, cuando por motivos de la ejecución de los trabajos o durante el plazo de garantía, a pesar de las precauciones adoptadas en la construcción, se originasen averías o perjuicios en instalaciones o edificios, públicos o privados, el contratista abonará el importe de los mismos.

2.4.1 Demoliciones.

Sólo serán de abono las demoliciones de fábrica antiguas pero no se abonarán los rompimientos de tuberías, sea cualquiera su clase y tamaño. El contratista tiene la obligación de depositar a disposición de la administración y en el sitio que esta le destine los materiales procedentes de derribos que considere de posible utilización o algún valor.

2.4.2 Excavaciones en general.

Se abonarán por su volumen. En dicho precio se hallan comprendidas las operaciones siguientes: señalización y cierre de la zona a ocupar, despeje y desbroce del terreno, excavación, elevación, carga, transporte a vertedero, deposito, canon de vertido o indemnización de terrenos, así como todas las entibaciones y agotamientos necesarios y los demás gastos precisos para dejar esta unidad de obra terminada, en conformidad con las especificaciones del presente pliego.

En aquellas excavaciones a cielo abierto que tengan un relleno y apisonado posterior en toda o en parte de ellas, esta última operación queda incluida en el precio de la excavación puesto que el coste del relleno y apisonado queda compensado con el coste del transporte a vertedero no realizado.

No serán abonables los desprendimientos a aumentos de volumen sobre las secciones previamente fijadas por el ingeniero director.

El contratista tiene la obligación de depositar a disposición de la administración, y en el lugar que destine los materiales que, procedentes de derribo, considere de posible utilización o de algún valor.

2.4.3 Rellenos de tierras.

Se abonarán por su volumen medio. En el precio están incluidas las operaciones necesarias para ejecutar el metro cúbico de relleno o terraplén, incluido su extensión por capas, cuyo espesor definirá el ingeniero director, a la vista del equipo de compactación propuesto, y como orientación será del orden de 20 cm y su compactación total conforme se detalle en el artículo correspondiente del presente pliego.

Se considera incluido, el escarificado, refinado y retirado de productos desechables de la superficie subyacente.

2.4.4 Materiales sobrantes.

La administración no adquiere compromiso ni obligación de comprar o conservar los materiales sobrantes después de haberse ejecutado las obras o los no empleados al declararse la rescisión del contrato.

2.4.5 Medios auxiliares.

Se entenderá que todos los medios auxiliares están englobados en los precios de las unidades de obra correspondientes así como el consumo de energía eléctrica, etc.

Los medios auxiliares que garanticen la seguridad del personal operario son de la única exclusiva responsabilidad del contratista.

2.4.6 Medición y abono de las obras terminadas.

Las unidades de obras totalmente terminadas se medirán de acuerdo con el proyecto y pliego de condiciones económico administrativas.

La medición será realizada por la dirección de la obra y tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista o de aquel a quien delegue, entendiéndose en éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente no compareciese a tiempo. En tal caso será válido el resultado que la dirección de obra consigne.

Los precios a que se abonarán serán los correspondientes a los precios unitarios del presupuesto o cuadro de precios del proyecto o precios unitarios contratados, resultantes en caso de haberse aplicado la baja de la licitación. Se entenderá que dichos precios incluyen siempre el suministro, manipulación y empleo de todos los materiales necesarios para la realización de las unidades de obra correspondientes. Así mismo, se entenderá que todos los precios comprenden los gastos de maquinaria, mano de obra, elementos accesorios, transportes, herramientas y toda clase de operaciones directas o incidentales necesarias para dejar las unidades de obra total y correctamente terminadas.

También se entienden incluidas cualquier norma de seguridad, señalización, desvío de tráfico, mantenimiento de conducciones de servicio, desvíos y reparaciones provisionales y definitivas de los mismos. Seguros de accidentes, responsabilidades civiles, etc.

2.4.7 Modo de abonar las obras defectuosas pero admisibles.

Si alguna obra no se hallara ejecutada con arreglo a las condiciones del contrato y fuese sin embargo admisible a juicio de la administración, podrá ser recibida provisionalmente y definitivamente en su caso, pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que la administración apruebe, salvo en caso en que el contratista prefiera demolerla a su coste y rehacerla con arreglo a las condiciones del contrato.

2.4.8 Modo de abonar las obras concluidas y las incompletas.

Las obras concluidas con sujeción a las condiciones del contrato, se abonarán con arreglo a los precios estipulados.

Cuando por consecuencia de rescisión o por otra causa fuese preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida.

En ningún caso tendrá derecho el contratista a reclamación deduciendo la baja de subasta, aunque el abono de las diversas unidades de obra certificadas no presuponga la recepción de dichas unidades en la de los materiales que la constituyen, que no tendrá lugar hasta la recepción definitiva de las obras.

2.4.9 Abono de obras accesorias.

El adjudicatario adquiere la obligación de ejecutar todos los trabajos que se le ordenen, aún cuando no se hallen expresamente estipulados en el proyecto, siempre que los

disponga así la dirección de obra, sin que ello de lugar a reclamación alguna por parte del contratista. Estas obras se ejecutarán con arreglo a los proyectos de detalle caso de que su importancia lo exija, o con arreglo a las instrucciones de la dirección de obra.

No tendrá derecho el contratista al abono de obras ejecutadas sin orden concreta comunicada por escrito.

Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista se abonarán a los precios contratados si fueran aplicables. Si contienen materiales o unidades no previstas en el proyecto y que por tanto, no tienen señalado preciso en el presupuesto, la dirección de obra determinará previamente a la ejecución el correspondiente precio contradictorio.

2.4.10 Vicios y defectos de construcción.

Cuando la administración o dirección de obra presumasen la existencia de vicio o defectos de construcción, sea en el curso de la ejecución de las obras o antes de su recepción definitiva se podrá ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria siendo los gastos de estas operaciones por cuenta del contratista.

2.4.11 Reclamaciones.

En el caso de que el contratista adjudicatario formule reclamaciones contra las valoraciones efectuadas por la dirección de obra, esta pasará dichas reclamaciones con su informe correspondiente, a la administración quien previo a los asesoramientos que estime oportunos, resolverá como considere conveniente. Contra esta resolución caben recursos propios de la vía administrativa.

2.4.12 Gastos de carácter social.

Los gastos que originen la atenciones y obligaciones de carácter social cualquiera que ellas sean, quedan incluidas expresa y tácitamente en todos y cada uno de los precios que para las distintas unidades se consignen en el cuadro de precios número uno del presupuesto. El contratista por consiguiente no tendrá derecho a reclamar su abono en otra forma.

2.5 Disposiciones generales.

2.5.1 Disposiciones que además de la legislación general regirán durante el contrato.

Además de lo señalado en el presente pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, durante la vigencia del contrato regirá el pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del Estado, así como las disposiciones que lo complementen o modifiquen.

La contrata queda obligada a cumplimentar cuantas disposiciones oficiales sean de aplicación a las obras de este proyecto, aunque no hayan sido mencionadas en los artículos de este pliego y aceptar cualquier instrucción, reglamento o norma que pueda dictarse por el ministerio de obras públicas durante la ejecución de los trabajos.

2.5.2 Autoridad del director de la obra.

El director de la obra resolverá, en general, todos los problemas que se plantean durante la ejecución de los trabajos del presente proyecto, de acuerdo con las atribuciones que le concede la legislación vigente. De forma especial el contratista deberá seguir sus instrucciones en cuanto se refiere a la calidad y acopio de materiales, ejecución de las unidades de obra, interpretación de planos y especificaciones, modificaciones del proyecto, programa de ejecución de los trabajos y precauciones a adoptar en el desarrollo de los mismos, así como en lo relacionado con la conservación de la estética del paisaje que pueda ser afectado por las instalaciones o por la ejecución del paisaje que pueda ser afectado por las instalaciones o por la ejecución de préstamos, caballeros, vertederos, acopios o cualquier otro tipo de trabajo.

2.5.3 Contradicciones, omisiones y modificaciones del proyecto.

Lo mencionado en el presente pliego y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese desarrollado en ambos documentos. En caso de contradicción entre los planos y el pliego de prescripciones particulares prevalecerá lo prescrito en este último.

El contratista estará obligado a poner cuanto antes en conocimiento del ingeniero director de las obras, cualquier discrepancia que observe entre los distintos planos del

proyecto o cualquier otra circunstancia surgida durante la ejecución de los trabajos, que diese lugar a posibles modificaciones del proyecto.

Como consecuencia de la información recibida del contratista, o por propia iniciativa a la vista de las necesidades de la obra, el director de la misma podrá ordenar y proponer las modificaciones que considere necesarias de acuerdo con el presente pliego y la legislación vigente sobre la materia.

2.5.4 Plan de obras y orden de ejecución de los trabajos.

Antes del comienzo de las obras, el contratista someterá a la aprobación de la propiedad el plan de obras que haya previsto, con especificación de los plazos y fechas de terminación de las distintas instalaciones y unidades de obra, compatibles con el plazo total de ejecución. Este plan, una vez aprobado, se incorporará al presente pliego de cláusulas técnicas y adquirirá, por tanto, carácter contractual. Su incumplimiento aún en plazos parciales, producirá retenciones en la certificación hasta el 20%, retenciones que serán reintegradas al final de la obra sí, no obstante, se cumpliera el plazo total.

El contratista presentará así mismo, una relación complementaria de los servicios, equipos y maquinaria que se compromete a utilizar en cada una de la etapas del plan. Los medios propuestos quedarán adscritos a la obra durante su ejecución, sin que en ningún caso pueda retirarlos el contratista sin la autorización escrita del director de la obra.

Además, el adjudicatario deberá aumentar el personal técnico, los medios auxiliares, la maquinaria y la mano de obra, siempre que la administración se lo ordene tras comprobar que ello es necesario para su ejecución en los plazos previstos en contrato. La administración se reserva, así mismo, el derecho a prohibir que se comiencen nuevos trabajos, siempre que vayan en perjuicio de las obras ya iniciadas, y el director de las mismas podrá exigir la terminación de una sección en ejecución antes de que se proceda a realizar obras en otra.

La aceptación del plan de realización y de los medios auxiliares propuestos no eximirá al contratista de responsabilidad alguna en caso de incumplimiento de los plazos parciales o totales convenidos.

Será motivo suficiente de retención la falta de la maquinaria prometida, a juicio del director de la obra.

No obstante lo expuesto, cuando el director de la obra lo estime necesario, podrá tomar a su cargo la organización directa de los trabajos, siendo todas las órdenes obligatorias para el contratista y sin que pueda admitirse reclamación alguna fundada en este particular.

El contratista contrae la obligación de ejecutar las obras en aquellos trozos que designe el director de la obra cuando esto suponga una alteración del programa general de realización de los trabajos.

2.5.5 Plazo de ejecución de las obras.

El plazo de ejecución de la totalidad de las obras objeto de este proyecto será el que se fije en pliego de cláusulas administrativas particulares, a contar del día siguiente al levantamiento del acta de comprobación del replanteo. Dicho plazo de ejecución incluye el montaje de las instalaciones precisas para la realización de todos los trabajos.

2.5.6 Precauciones a adoptar durante la ejecución de las obras.

El contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y RD 162/97 sobre disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción; así como asegurarse de que su personal también lo cumple. Para ello tomará bajo su entera responsabilidad, todas las medidas necesarias para el cumplimiento de las dichas disposiciones, y seguirá las instrucciones complementarias que dicte a este respecto, así como para el acopio de materiales, el director de la obra.

Todas las obras proyectadas deben ejecutarse sin interrumpir el tránsito, y el contratista propondrá, con tal fin las medidas pertinentes. La ejecución se programará y realizará de manera que las molestias que se deriven sean mínimas.

Cuando tengan que efectuarse modificaciones o reformas de caminos o calles, la parte de plataforma por la que se canalice el tráfico ha de conservarse en perfectas condiciones de rodadura. En iguales condiciones deberán mantenerse los desvíos precisos. La señalización de las obras durante su ejecución se efectuará de acuerdo con la orden ministerial de 14 de marzo de 1960, con las aclaraciones complementarias que se recogen en la orden circular 67-1960 de la dirección general de carreteras y caminos vecinales y cualquier otra posterior ordenada por la superioridad.

El contratista queda obligado a no alterar con sus trabajos la seguridad de cualquier empresa a que pudieran afectar las obras. Deberá para ello dar previo aviso y ponerse de acuerdo con las empresas para fijar el orden y detalle de ejecución de cuantos trabajos pudieran afectarles.

2.5.7 Vigilancia de las obras.

El ingeniero encargado, establecerá la vigilancia de las obras que estime necesarias.

Para la atención de todos los gastos que origine la vigilancia, incluidos jornales, desplazamientos, ensayos de los materiales tanto mecánicos como químicos, sondeos de reconocimiento del terreno, etc. el contratista abonará cada mes la cantidad que corresponda.

En ningún caso, el total de estos gastos sobrepasará el 1% del presupuesto líquido.

2.5.8 Libro de obra.

Para una perfecta coordinación de la obra y en evitación de deudas y malos entendidos, el contratista tendrá a disposición de la dirección de la dirección facultativa, un libro de obra en el que se anotará en forma de diario la ejecución y las variaciones que en ella puedan ocurrir, firmando en cada visita de obra por la dirección facultativa y por parte del contratista por el responsable de la obra.

Este libro, será con páginas numeradas y selladas y permanecerá en la obra mientras dure la misma. En él, se anotarán todas las variaciones y modificaciones que surjan durante el desarrollo de la obra.

Cuando las modificaciones o variaciones se detallen en croquis o planos, éstos se fecharán y firmarán por ambas partes.

2.5.9 Plazo para la liquidación.

La liquidación general deberá quedar terminada en el plazo de un año a contar de la recepción definitiva siendo de cuenta del contratista todos los gastos que se originen.

2.5.10 Planos definitivos de obra.

En el plazo de un mes contado a partir de la fecha de la recepción provisional, el contratista está obligado a entregar los planos generales definitivos de obra a escala 1:1000 en los que se recoja la situación definitiva de los puntos de luz y sus características, trazado de la conducción eléctrica y sus características y todos los detalles de la obra civil.

Así mismo, el contratista facilitará sin cargo los planos de cuantos detalles de obra se consideren necesarios.

2.5.11 Recepción provisional de las obras.

Terminadas las obras e instalaciones y como requisito previo a la recepción provisional de las mismas, la dirección facultativa procederá a realizar los ensayos y medidas necesarios para comprobar que los resultados y condiciones de las instalaciones son satisfactorios. Si los resultados no fuesen satisfactorios, el contratista realizará cuantas operaciones y modificaciones sean necesarias para lograrlos.

Obtenidos los resultados satisfactorios, se procederá a la redacción y firma de documento de recepción provisional, al que acompañan dos actas firmadas por la dirección facultativa y visada por el colegio oficial correspondiente en las que se recoja lo siguiente.

Al término de las obras y antes de la entrada en servicio serán examinadas y comprobadas por la dirección facultativa, las condiciones de funcionamiento de la instalación, las normas de control de la ejecución, prueba de servicio y criterio de medición que nos marcan los distintos reglamentos y normas aludidos en apartado 2.2 de este documento, que sean de aplicación.; y si las mismas son adecuadas se procederá a redactar el documento de recepción provisional al que se adjuntarán las siguientes actas:

- Acta de comprobación de la línea de Alta tensión.
- Acta de comprobación del centro de transformación.
- Acta de comprobación de la distribución de Baja Tensión.
- Acta de comprobación de los resultados eléctricos.
 - Medición de la caída de tensión.
 - Medición de las tierras.
 - Medición del aislamiento.
 - Medición del factor de protección.
 - Comprobación de las conexiones.

- Comprobación de las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.

2.5.12 Conservación y plazos de garantía.

El contratista queda a conservar por su cuenta hasta que sean recibidas provisionalmente todas las obras que interese el proyecto.

Así mismo queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía de 2 años. Durante este deberá realizar cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado, de acuerdo con lo dispuesto en pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del estado.

Una vez terminadas las obras se procederá a realizar su limpieza final. Así mismo todas las instalaciones, caminos provisionales, depósitos o edificios construidos con carácter temporal, deberán ser removidos y los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

Todo ello se efectuará de forma que las zonas afectadas queden totalmente limpias y en condiciones estéticas acordes con el paisaje circundante. La limpieza final y retirada de instalaciones se consideran incluidas en el contrato y, por tanto, su realización no será objeto de abono directo.

2.5.13 Recepción definitiva.

Transcurrido el plazo de garantía y antes de proceder a la recepción definitiva de las instalaciones, se efectuará la revisión de todos los elementos integrantes de la misma. Se realizarán los mismos ensayos y comprobaciones definitivas para la recepción provisional comprobándose los resultados y subsanándose todas las diferencias que se observen.

2.5.14 Reglamento y accidentes de trabajo.

El adjudicatario deberá abstenerse en la ejecución de estas obras, y en lo que sea aplicable, a las disposiciones vigentes, reglamento del trabajo, seguro de enfermedad, subsidio familiar, plus de cargas familiares, subsidio de vejez, cuota sindical, gratificación de navidad, vacaciones retribuidas, jornales de fiesta no recuperables y, en general cuantas disposiciones se hayan dictado o que en lo sucesivo se dicten, regulando las condiciones laborales en las obras por contrata, con destino a la administración pública.

2.5.15 Gastos de carácter general a cargo del contratista.

Los cargos que se originen por atenciones u obligaciones de carácter social cualquiera que ellos sean, quedan incluidos expresa y tácitamente en todos y cada uno de los precios que para las distintas unidades se consignan en el cuadro número uno del presupuesto. El contratista por consiguiente, no tendrá derecho alguno a reclamar su abono en otra forma.

2.5.16 Responsabilidad y obligaciones del contratista.

Durante la ejecución de las obras proyectadas y de los complementos necesarios para la realización de las mismas, el contratista será responsable de todos los daños y perjuicios directos o indirectos, que puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad o servicio público privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo, o de una deficiente organización de los trabajos. En especial, será responsable de los perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de accidentes, de tráfico debido a una señalización de las obras insuficiente o defectuosa, o imputables a él.

Además deberá cumplir todas las disposiciones vigentes y que se dicten en el futuro, sobre materia laboral y social y de seguridad en el trabajo.

Los permisos y licencias necesarias para la ejecución de obras con excepción de los correspondientes a las expropiaciones deberán ser obtenidos por el contratista.

El contratista queda obligado a cumplir el presente pliego: el texto articulado de la Ley de contratos del Estado y su reglamento general de contratación (decreto 3854/70); el pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del Estado; el de cláusulas administrativas particulares que se redacte para la licitación; cuantas disposiciones vigentes o que en lo sucesivo lo sean y que afecten a obligaciones económicas y fiscales de todo orden y demás disposiciones de carácter social; la ordenanza general y seguridad e higiene en el trabajo; la ley de protección a la industria nacional.

Serán de cuenta del contratista los gastos del contratista que origine el replanteo general de las obras o su comprobación y los replanteos parciales de las mismas; los de construcción, demolición y retirada de toda clase de instalaciones y construcciones auxiliares; los de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria, los de protección de acopios de la propia obra contra todo deterioro, daño de incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes o los de limpieza y evacuación de desperdicios y basura, los de construcción y conservación durante el plazo de utilización de desvíos y rampas provisionales de acceso a tramos parciales o totalmente terminados, los de conservación durante el mismo plazo de toda clase de servicios y rampas prescritos en el proyecto u ordenado por el ingeniero director de la obra, los de conservación de desagües, los de suministro, colocación y conservación

de señales de tráfico y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras; herramientas, materiales y limpieza general de la obra a su terminación; los de montaje, conservación y retirada de las instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarias para las obras así como la adquisición de dichas aguas y energía; los de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y prueba.

Igualmente serán de cuenta del contratista las diversas cargas fiscales derivadas de las disposiciones legales vigentes y las que determinan el correspondiente pliego de cláusulas administrativas particulares, así como los gastos originados por los ensayos de materiales y de control de ejecución de las obras.

En los casos de resolución del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive serán de cuenta del contratista los gastos originados por la liquidación, así como los de la retirada de los medios auxiliares empleados o no la ejecución de las obras.

Observará, además cuantas indicaciones le sean dictadas por el personal facultativo de la administración, encaminadas a garantizar la seguridad de los obreros sin que por ello se le considere relevado de la personalidad que, como patrono. Pueda contraer y acatar a todas las disposiciones que dicte dicho personal con objeto de asegurar la buena marcha de los trabajos.

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

3.1 Descripción de las obras.

3.1.1 Objeto de este pliego.

El presente apartado de este documento tiene por objeto el establecimiento de las condiciones con arreglo a las cuales, ha de realizarse la ejecución de las obras de la línea aérea de A.T., centro de transformación, línea subterránea de A.T. y redes de B.T.

3.1.2 Ámbito de aplicación.

Las condiciones aquí establecidas se exigen para proporcionar las garantías suficientes de buen funcionamiento de todos los elementos integrantes en las instalaciones eléctricas en general, asignando asimismo, las normas de seguridad y duración, tanto a los componentes del proyecto, como de su ejecución o montaje, admitiendo para los mencionados elementos el uso normal en este tipo de instalaciones.

Se indican en este pliego, los certificados oficiales exigibles previamente al suministro, y por consiguiente a la colocación de los materiales, así como los ensayos oficiales o pruebas que la dirección facultativa de la obra estime convenientes a realizar con los materiales suministrados para comprobar que la calidad de los mismos corresponde con la avalada por los certificados oficiales facilitados.

También se recogen las verificaciones a realizar, referentes al funcionamiento de las instalaciones con los resultados consignados en acta firmada por el ingeniero director de la obra, requisito previo a la recepción provisional y liquidación de obra.

Los gastos de toda índole originados por la realización de ensayos, pruebas, etc. serán a cargo del contratista hasta la cuantía correspondiente al 1% del presupuesto.

3.1.3 Obras que comprenden este proyecto.

El presente proyecto incluye la definición de las obras a realizar en este parque eólico, situado en el término municipal de Los Barrios, relativas a la electrificación de la misma.

Dichas obras consisten en la construcción de una línea aérea de 24 KV con la prolongación de una línea subterránea de igual tensión diferenciadas en dos líneas, un centro de transformación y red de Baja Tensión de conexión entre centro de transformación y aerogeneradores, y que se detallan a continuación:

La energía generada se llevará a una subestación propiedad de la compañía suministradora S.E.; dicho transporte, se realizará mediante una línea aérea de 300 metros de longitud, sustentada por 2 apoyos (de celosía), cimentados de forma conveniente.

En el último apoyo se procederá a la conversión de la línea aérea en subterránea, pues habrá 2.070 metros más de línea hasta el último C.T. que deberán discurrir bajo tierra; los cables irán alojados en un tubo tendido, a 100cm. de profundidad, a lo largo de una zanja de 120 cm. de profundidad y 80 cm. de anchura.

Este tramo de línea subterránea discurrirá bajo el terreno, y llegará los diferentes C.T. tras haber recorrido 2.070 m.

Este Centro de Transformación tiene unas dimensiones de 3.220 x 2.500 y altura útil de 2.535 mm.; se ha previsto el acceso a dicha instalación de personas y maquinaria, así como su ventilación y demás servicios necesarios.

Todas las instalaciones proyectadas que precisen de toma de tierra la tendrán, y estará diseñada como se indica en cada uno de los capítulos de memoria.

Todas las obras mencionadas se ajustarán exactamente a los planos contenidos en este proyecto, ateniéndose a lo especificado en el presente pliego de condiciones y a las instrucciones que pueda dictar el ingeniero director de las mismas.

3.1.4 Otras obras de aplicación de este pliego.

Se aplicará, asimismo, el presente pliego de condiciones a las obras secundarias, que no hayan sido previstas y que durante el curso de los trabajos se consideren necesarias para la mejor y más completa ejecución de las proyectadas y que obligan al contratista según la legislación vigente.

3.2 Condiciones a cumplimentar por los materiales en las diferentes obras.

3.2.1 Normas de carácter general.

Daños y herramientas.

Todas las obras se ejecutarán con materiales de primera clase y siguiendo las reglas de la buena construcción.

La construcción de la línea deberá ocasionar los mínimos daños posibles, aleccionando en este sentido al personal - esta forma de actuar es aplicable en las distintas obras del proyecto-. Se procurará, para los accesos obligados, una sola rodada de camión, tomándose la superficie aproximada de ésta. Una vez terminado el hormigonado, y según se vayan acabando los distintos cantones, se dejará el terreno colindante limpio de todo tipo de materiales sobrantes, así como bobinas vacías, para lo cual se recogerán y retirarán lo antes posible a vertedero o a lugares donde no perjudiquen a nadie, dejando dicho terreno con las mismas características que tenía antes de comenzar las obras.

La herramienta a utilizar estará suficientemente dimensionada y será adecuada para el tipo de conductor a emplear, en previsión de roturas y accidentes. Dicho material estará compuesto por poleas, cables piloto, máquinas de frenado, máquinas de tracción, dinamómetros, bobinadoras, estribos, aparejos, mordazas, anclajes, cadenas, máquina de empalme, andamios, etc. y demás herramientas utilizadas en esta clase de trabajos, que sean precisas.

Como norma general las herramientas a utilizar estarán suficientemente dimensionadas y siendo adecuadas para el tipo de elementos a emplear.

En el montaje se emplearán herramientas no cortantes para evitar que puedan dañar el aluminio de conductores y / o herrajes, para el caso de la línea, y otros materiales en el resto de obras.

No se golpearán los bulones o tornillos para que entren en sus orificios respectivos.

Se tomará nota de la superficie de terreno sembrado que haya sido deteriorado, así como el número de cepas, arbustos y árboles (indicando su superficie y diámetro) que haya sido necesario talar, en caso que lo hubiese.

Transporte y almacenamiento.

Se cuidará que en las operaciones de carga, transporte, manipulación, y descarga, desde el origen de los mismos al pie de obra, los materiales no sufran deterioros, evitando golpes, roces o daños.

Se tendrá especial cuidado en el transporte de ciertos materiales, tales como:

- En apoyos metálicos, armados, etc., para que el galvanizado no sufra arañazos o golpes, por lo que las manipulaciones se efectuarán paquete a paquete y nunca arrastrándolos o dejándolos caer desde el camión al suelo.
- Los transformador, seccionador, etc., que se realizará con ellos bien embalados.
- Bobinas de cables, cuya manipulación y almacenamiento requieren unas condiciones especiales.

Estas precauciones se tomarán siempre, lo mismo en el almacén o taller, que durante el montaje, cuidando no coger los paquetes o piezas con elementos punzantes ni golpearlos.

Por ninguna causa los elementos se utilizarán como palanca y por otra parte queda prohibido el empleo del volquete en la descarga del material.

Los materiales de grandes dimensiones como los apoyos se transportarán en góndola o camión adecuado, hasta el almacén de la obra y desde este punto a pie obra –o a pie de hoyo en este caso-, mediante carros especiales y elementos apropiados. Tanto en la carga y descarga de estos materiales, así como en cualquier manipulación de los mismos, se realizará vigilando que en ningún caso los esfuerzos a que sean solicitados cualquier parte de ellos, sobrepasen el límite elástico del material en la cara de menor esfuerzo.

Los materiales embalados en cajas como los aisladores no podrán apilarse en más de 6 cajas superpuestas y su transporte se hará siempre con ellos bien embalados y con el debido cuidado, considerando su fragilidad.

Las bobinas se descargarán con trípode y diferencial o con muelle de descarga, pero nunca dejándolas caer del camión. En el caso de que hayan de rodarse, esta operación se efectuará siempre en sentido contrario al de arrollamiento.

Las bobinas nunca deben ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los conductores, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

3.2.2 Recepción de materiales.

Una vez adjudicada la obra definitivamente, y antes de proceder al acopio de materiales, el contratista presentará al ingeniero director, los prototipos de los materiales a instalar, acompañando a los mismos con carácter excluyente, los certificados oficiales reseñados en este pliego de condiciones, así mismo como la documentación, catálogos, etc. que se estimen pertinentes.

Los materiales integrantes de la instalación serán sometidos a pruebas y ensayos normalizados con el fin de comprobar que satisfacen las condiciones exigidas. Para ello se presentarán con la antelación suficiente y previamente a su instalación, muestras de los materiales a emplear, los cuales serán reconocidos y ensayados, bien en obra (si existen los medios suficientes) bien en un laboratorio. De no ser satisfactorios los resultados se procederá al rechazo de los mismos, que deberán ser sustituidos inmediatamente por otros nuevos.

El material procedente de los fabricantes y talleres será descargado y comprobado, dosificándolo y efectuando su control de calidad, consistente en separar piezas dobladas, fuera de medida, con rebabas o mal galvanizadas, postes de hormigón en malas condiciones, etc. con el fin de que pueda procederse a su reposición. Este control será independiente del anteriormente citado.

Cuando los materiales no satisfagan a los que para cada caso particular se determine en los artículos anteriores, el contratista se atenderá a lo que sobre este punto ordene por escrito el ingeniero director para el cumplimiento de lo preceptuado en los respectivos artículos del presente pliego.

El empleo de los materiales no excluye la responsabilidad del contratista por la calidad de ellos, y quedará subsistente hasta que se reciban definitivamente en las obras en que dichos materiales se hayan empleado.

3.2.3 Materiales para emplear en relleno.

Los materiales a emplear en rellenos serán tierras o materiales locales obtenidos de las excavaciones realizadas en obra o de los préstamos que se autoricen por el ingeniero director.

Su composición granulométrica, capacidad portante, plasticidad, densidad y demás condiciones cualitativas, deberán cumplir las prescripciones que para estos materiales se especifican en los capítulos correspondientes del Pliego de prescripciones técnicas generales para Obras Públicas.

Su composición granulométrica cumplirá las prescripciones indicadas para rellenos localizados de materiales filtrantes en el pliego enunciado.

3.2.4 Condiciones específicas de los materiales de obra civil. Aguas.

- Aguas utilizables.

Como norma general, podrán ser utilizadas tanto para el amasado como para el curado del hormigón destinado a la fabricación en taller de todas las aguas que, empleadas en casos análogos, no hayan producido eflorescencias ni originado perturbaciones en el proceso de fraguado y endurecimiento de los hormigones con ellos fabricados. Expresamente se prohíbe el empleo de agua de mar.

- Empleo de agua caliente.

Cuando el hormigonado se realice en ambiente frío, con riesgo de heladas, podrá utilizarse para el amasado, sin necesidad de adoptar precaución especial alguna, agua calentada hasta una temperatura de 40° C. Cuando excepcionalmente se utilice agua calentada a temperatura superior a la antes indicada, se cuidará de que en el cemento, durante el amasado, no entre en contacto con ella mientras su temperatura sea superior a los 40° C.

Áridos.

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la resistencia e impermeabilidad del hormigón cuyas características se señalan en este pliego. La arena estará exenta de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis de cemento –según UNE 7137- y de materia orgánica –según UNE 7082-.

Cementos.

El conglomerado empleado en la fabricación de hormigones cumplirá las condiciones establecidas en el vigente "Pliego general de condiciones para la recepción de los conglomerados hidráulicos".

No se utilizarán las mezclas de cementos de distintas procedencias, ni, a ser posible, mezclas de distintas partidas, aunque sean de la misma procedencia; siendo entregado en sacos de papel de 50 Kg.

El cemento no se empleará salvo que ese compruebe mediante el ensayo correspondiente, que no tiene tendencia a experimentar el fenómeno de falso fraguado.

El almacenamiento se llevará a cabo en silos, debidamente acondicionados, que aíslan el cemento de la humedad. Si el suministro se realiza en sacos, se recibirá el cemento en los mismos envases cerrados en que fue expedido, con objeto de protegerlo tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes.

Cuando las obras hayan de ser realizadas en terrenos o ambientes agresivos, el director de la obra decidirá, previos ensayos adecuados, si lo estima necesario, el cemento a emplear así como las condiciones de su empleo.

Aditivos.

Podrá autorizarse el empleo de todo tipo de aditivos, siempre que se justifique la sustancia agregada en las proporciones previstas disueltas en agua, produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las demás características del hormigón.

Madera.

La madera empleada en la entibación de zanjas, apeos, cimbras, andamios y encofrados deberá cumplir las siguientes condiciones.

- Proceder de troncos sanos aserrados en sazón.
- Haber sido desecada al aire, protegida del sol y de la luna.
- No presentar signos de putrefacción, carcoma o ataque de hongos.
- Estar exenta de grietas, hendiduras, manchas o cualquier otro defecto de perjudique su solidez. Contendrá el menor número de nudos posible.
- Tener sus fibras rectas y no resinadas paralelas a la mayor dimensión de la pieza.
- Dar sonido claro de percusión.

Las juntas entre tablas de encofrado, de no hacerse machihembradas, se harán de manera que no puedan producir pérdidas de lechada.

Hormigón.

Los hormigones para la ejecución de los distintos elementos estructurales serán los indicados en cada caso en el proyecto.

Ladrillos.

Serán homogéneos de grano fino y uniforme, de textura compacta y capaces de soportar sin desperfectos una presión de 200 Kg. / cm².

Carecerán de manchas de fluorescencias quemados, grietas, hendiduras u oquedades, así como de materiales extraños que puedan disminuir su resistencia y duración. Presentarán aristas vivas y caras planas, y darán sonido claro al ser golpeados con un martillo, siendo inalterables al agua y teniendo la suficiente adherencia a los morteros.

Tubos en general.

Se utilizarán en la conducción en general, es decir, arquetas o entre cimentación. Los tubos de cualquier clase o grupo serán perfectamente lisos, de sección circular, espesores uniformes con generatrices rectas o con la curvatura que les corresponda en los codos o piezas especiales. No se admitirán los que presenten ondulaciones o desigualdades mayores de cinco milímetros, ni rugosidades de más de dos milímetros y espesores mínimos de 1´6 mm.

Cumplirán, además, las condiciones que se señalan en los artículos correspondientes a cada tubo.

En general, se admitirán tolerancias en el diámetro interior de un 1´5% en menos y del 3% en mas y del 10% en el espesor de las paredes.

En todo caso, se deberán permitir el paso libre por su interior de una esfera de diámetro 1´5 mm menor que el señalado para el tubo.

Tanto los materiales como la fabricación de los tubos y piezas especiales, así como las pruebas en fábrica, transporte a obra, etc., deberán cumplir estrictamente las prescripciones que se señalan en su pliego correspondiente.

Otros materiales.

Los demás materiales que entren en la obra para los que no se detallan especialmente las condiciones, serán de primera calidad y antes de colocarse en obra, deberán ser reconocidos y aceptados por el ingeniero director o subalterno, en quien delegue al efecto, quedando a la discreción de aquel la facultad de desecharlos aun reuniendo aquella condición.

Materiales metálicos.

- Cobre.

El cobre para tubos, chapas, bandas y pletinas será homogéneo y de primera calidad. Su carga de rotura a la tracción no será inferior a 2000 Kg / cm² para el cobre

recocido, 3000 Kg / cm² para el cobre semiduro y 3700 Kg / cm para el cobre duro. El tipo de cobre a utilizar en cada caso será decidido por el director de la obra.

El cobre a utilizar para conducciones eléctricas será puro perfectamente anhídrido, de la clase electrolítico duro y los conductores estarán exentos de todo defecto o imperfección mecánica. Tendrá una conductibilidad eléctrica no menor del 98% referida al patrón internacional. Su carga de rotura a tracción no deberá ser inferior a 4000 Kg, con un alargamiento mínimo de 6 por mil. El coeficiente de dilatación lineal por temperatura admisible será de 17×10^{-6} .

3.2.5 Condiciones específicas de conductores y materiales de la línea de a.t.

Apoyos.

Los apoyos cumplirán los ensayos señalados en las normas “CIET”, y su protección de galvanizado en caliente adecuada de acuerdo con la norma UNE 37.501 y recomendación UNESA 6.618; estos se entregarán por unidades completas, en tramos, o por piezas sueltas y los tornillos por lotes.

Herrajes.

Estarán galvanizados y se ajustarán a la recomendación UNESA 6618, así como a las normas UNE 21.006 y UNE 37.501.

Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con la recomendación UNESA 6617 vigente y las normas UNE 21009, 211073 y 21124-76; se entregarán por lotes comprendiendo los necesarios para cada apoyo.

Aisladores.

Las características de los aisladores empleados en las cadenas de suspensión y amarre responderán a las especificaciones de la norma UNE 21-124-83 y 21-009-80, con las publicaciones CEI 305 y 120; y sus ensayos a la especificación UNE 21-114-74 y publicación CEI- 383.

En cualquier caso, el tipo de aislador será el que figura en el proyecto.

Conductores desnudos.

Serán los que figuran en el proyecto y deberán estar de acuerdo con la recomendación UNESA 3403 y con las especificaciones de las normas UNE 21016 y UNE 21018-80 vigentes; siendo sus ensayos de recepción de acuerdo con la norma UNE 21.044.

Aparamenta de alta tensión.

El interruptor – seccionador instalado al principio de línea, y cuyas características técnicas y constructivas se muestran en este proyecto, responderá a la norma UNE 20.104 y la recomendación CEI 265.

Las protecciones de la línea se realizarán con cortacircuitos fusibles limitadores, según norma CEI-282-1, sobre bases porta fusibles conformes a la RU 6405.

Los seccionadores unipolares, utilizados al final de esta línea eléctrica, seguirán las normas UNE 21.100, CEI 119, y la RU 6401.

Tomas de tierras de los apoyos.

Sus características técnicas se ajustarán a las exigidas por el “Reglamento de Líneas de Alta Tensión” (RAT) –concretamente en los artículos 12.6 y 26- , y se entregarán por piezas, salvo en cable de acero de conexión que será suministrado en bobinas.

Conductores aislados.

Son los que se utilizarán en el tramo subterráneo, y serán unipolares de Aluminio con aislamiento a base del polímero sintético “polietileno reticulado”, del tipo DHV-12/20 KV; con características mecánicas, físicas y químicas según prescripciones de la norma UNE 21123, facilitadas por el fabricante; estas características mecánicas, físicas y químicas de los elementos constituyentes de estos cables quedan detallados en el Anexo 9; es por lo que no se han especificado en este apartado-. Los ensayos para la comprobación de estas características se realizan según la Norma UNE 21117.

Estos conductores, responderán a la tensión de servicio, cumpliendo con los valores de intensidad máxima admisible, caída de tensión e intensidad de cortocircuito.

Tubos.

Los tubos para alojar conductores eléctricos serán de PVC circulares, de 140 mm de diámetro con tolerancia del 5% en el diámetro; el diámetro de los tubos será tal que los conductores no ocupen más de la mitad de la sección del tubo y puedan sustituirse con facilidad.

Estos se obtendrán por inyección o extrusión, considerando las normas UNE 53.111 (ensayos) y UNE 53.112 (dimensiones).

El contratista presentará modelos del tipo de tubos que vaya a emplear, para su aprobación por el ingeniero de la obra.

Arquetas.

Serán construidos con moldes prefabricados de hormigón en masa de 250 Kg, normalizados por la Compañía Suministradora Sevillana Electricidad, y cuyas características se han detallado en este proyecto. Los marcos y tapas serán de material de fundición con grafito esferoidal tipo FGE 50-7, conformes a las normas UNE 36.118 y EN 124.

3.2.6 Condiciones específicas de los materiales del centro de transformación.**Obra civil.**

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHC-2T1D, con un grado de protección de IP239, conforme la norma UNE 20324 / 89.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

El local no albergará en su interior ninguna instalación ajena a su función.

El local estará defendido contra la entrada de agua exterior, sobre elevándose al menos 30 cm del nivel frático. En cualquier caso a la entrada de las ventilaciones se dispondrá una arqueta sumidero conectada a la red del alcantarillado.

El local tendrá un nivel de iluminación mínimo de 150 lux, conseguidos al menos con dos puntos de luz con interruptor.

Aparamenta de alta tensión.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 307 en cuanto a la envolvente externa; estas celdas serán acordes con las siguientes normas UNE 20099 (CEI 298), 20100 (CEI129), 20104 (CEI265), 21081 (CEI156) y 21139 (CEI694).

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

- Características constructivas.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos,

- a) Compartimiento de aparellaje.

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bares.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimiento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases

serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF6, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimiento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de $2,8 \text{ m} \cdot \text{daN}$.

c) Compartimiento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termo-retráctil para cables de papel impregnado.

d) Compartimiento de mandos.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimiento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

- Características eléctricas.

Tensión nominal..... 24 kV.

Nivel de aislamiento:

1) a la frecuencia industrial de 50 Hz..... 50 KV ef.1min.

2) a impulsos tipo rayo..... 125 kV. cresta.

Intensidad nominal funciones línea..... 400 A.

Intensidad nominal otras funciones..... 200/400. A.

Intensidad de corta duración admisible.....16 kA ef. 1s.

- Interruptores-Seccionadores.

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito..... 40 kA cresta.

- Poder de corte nominal de transformador en vacío..... 16 A.

- Poder de corte nominal de cables en vacío..... 25 A.

- Poder de corte.....12.5kAef.

(Sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático)

- Cortacircuitos-fusibles.

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

- Puesta a tierra.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm. Conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

Transformador.

El transformador a instalar será trifásico, con neutro accesible en A.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

El equipo del transformador estará constituido por los siguientes elementos como:

- Conmutador de 5 posiciones para regulación, enclavable y situado en la tapa.
- Dispositivo de protección DGPT2.
- 3 bornes de M.T. según norma UNE 20176.
- 3 bornes de B.T. según norma UNE 20176.
- Con pasatapas de alta y baja tensión, según norma UNE 20176.
- Placa característica.
- Orificio de llenado con rosca exterior, provista de tapa roscada.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras en la parte inferior de la cuba.
- Tomas de conexión de puesta a tierra.

- 2 cáncamos para elevación y transporte.
- 4 ruedas bidireccionales.

Estos transformadores se presentarán con los siguientes ensayos realizados previamente a su recepción:

1) Ensayos de medidas.

- Medida de la resistencia óhmica de los arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación y grupo de conexión.
- Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío.
- Medida de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de la tensión de cortocircuito.

2) Ensayos dieléctricos.

- Ensayo por tensión aplicada a frecuencia industrial.
- Ensayo por tensión inducida a frecuencia elevada.

Herrajes.

Los herrajes en el C.T. estarán formados por:

- Mallas de protección: se fijarán a bastidores de hierro laminado, protegiendo el conjunto con imprimación anticorrosiva; estos bastidores se fijaran a las paredes de la estructura.
- Puertas y rejas de ventilación: estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Las puertas de acceso al transformador serán totalmente abatibles, a fin de facilitar la introducción o extracción del transformador. Las rejas de ventilación serán de persiana de celosía, equipadas en el lado interior de unas finas mallas metálicas que impiden la penetración de objetos y animales.

Baja tensión.

La línea que parte de las bornas de baja tensión del transformador de potencia hasta el cuadro de baja tensión será realizada en cable con aislamiento mínimo de 1000 voltios.

En los extremos se colocarán terminales de compresión para la conexión al cuadro y al transformador.

Si la protección en baja tensión se realiza con cartuchos fusibles de A.P.R. su poder mínimo deberá ser de 50KA.

El cuadro de baja tensión dispondrá de un borne de conexión para el conductor neutro.

3.2.7 Condiciones específicas de conductores y materiales de la línea de b.t.

Los conductores serán unipolares de Cobre, de la clase 1 ó 2, de la norma UNE 21022, aislados con polietileno reticulado (XLPE) y con cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC), fabricados de conformidad con la norma UNE 21123 (IEC 502) referente a “cables para el transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos” para tensiones nominales de 1 KV a 30 KV, y con lo indicado en la instrucción MI BT 005, en lo que respecta a conductores.

Siendo su sección mínima de 10 mm² según lo establecido en dicha instrucción.; además serán acordes con las normas de la compañía S.E... Las intensidades máximas admisibles que permiten dichos conductores vienen dados por la instrucción complementaria ITC-BT 007 respectivamente.

Además dicha instrucción nos indican los coeficientes correctores de la intensidad máxima permitida por dichos conductores dependiendo de las condiciones de instalación.

Estas cargas serán acordes con las tablas proporcionadas por el fabricante, que serán tomadas de la norma UNE 20435, y de la UNE 21145 calculadas de acuerdo con las temperaturas máximas en servicio permanente de 90 ° C.

Además los cables no serán propagadores de llama e incendio, cumpliendo para ello las normas europeas, entre las que se encuentra la UNE 20432 – 1.

Las caídas de tensión máxima admitidas en los distintos tramos de la línea, se hallan especificadas en el reglamento electrotécnico de Baja Tensión, para su obligado cumplimiento.

Serán todos directamente procedentes de fábrica, desechándose los que acusen deterioro por mal trato, picaduras, u otros defectos en su envoltura exterior.

Los cables aislados tendrán las secciones que indican los documentos y planos del presente proyecto, o las que designe el ingeniero encargado de las obras.

3.3 Ejecución de las obras.

3.3.1 Condiciones generales.

Todas las obras comprendidas en el proyecto se efectuarán de acuerdo con las especificaciones del presente pliego, los planos del proyecto y las instrucciones del ingeniero director, quien resolverá además, las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación de aquellos y a las condiciones de ejecución.

El ingeniero director suministrará al contratista cuanta información se precise para que las obras puedan ser realizadas.

El orden de ejecución de los trabajos deberá ser aprobado por el ingeniero director y será compatible con los plazos programados. Antes de iniciar cualquier trabajo deberá el contratista ponerlo en conocimiento del ingeniero director y recabar su autorización.

Los materiales a utilizar en estas obras cumplirán las prescripciones que para ellos se fijen en los planos del proyecto y en el presente pliego de prescripciones, o las que en su defecto, indique el ingeniero director.

3.3.2 Replanteo general de la obra.

El contratista hará sobre el terreno el replanteo general de las obras de la traza marcando de una manera completa y detallada cuantos puntos sean precisos y convenientes para una determinación más completa de sus alineaciones y demás elementos. Así mismo señalará también sobre el terreno, puntos o referencias de nivel con las correspondientes referidas a un único plano de comparación.

De este replanteo, que deberán presenciar el ingeniero director por sí mismo o delegar en persona autorizada debidamente, se levantará acta suscrita por el ingeniero director y contratista o por sus representantes. A partir de la fecha del acta y durante todo el tiempo que se invierta en la ejecución de las obras, la vigilancia y conservación de las señales o puntos determinantes de traza y nivelación correrá a cargo del contratista.

Será de cuenta del contratista de conformidad con lo dispuesto en el epígrafe a) del artículo 4 del decreto 137/1960 de 4 de febrero, todos los gastos que el replanteo ocasione.

El contratista llevara a cabo durante la ejecución de las obras cuantos replanteos parciales estime necesarios. En todos ellos deberá atenerse al replanteo general previamente efectuado, y será de la exclusiva responsabilidad del contratista, siendo así mismo de su cuenta cuantos gastos se originen por ello.

El ingeniero director podrá en todo momento proceder a comprobar los replanteos hechos por el contratista, siendo obligación de este el facilitar a su cargo, todo el personal y cuantos elementos juzgue preciso el ingeniero para realizar con la mayor seguridad la comprobación que desee.

Cuando el resultado de esta comprobación, sea cualquiera la fecha y época en que se ejecute, se encontraran errores de traza, nivelación o de otra clase, el ingeniero ordenará la demolición de lo erróneamente ejecutado, restitución a su estado anterior de todo aquello que indebidamente haya sido excavado o demolido y ejecución de las obras accesorias o de seguridad para la obra definitiva que pudieran ser precisas como consecuencias de las falsas operaciones hechas.

Todos los gastos de demoliciones, restitución a su primitivo estado de los normal y de obras accesorias o de seguridad son de cuenta del contratista sin derecho a ningún abono por su parte de la administración y sin que nunca pueda servir de pretexto el que el ingeniero haya visto o visitado con anterioridad y sin hacer observación alguna las obras que ordena demoler o rectificar, o incluso, el que ya hubieran sido abonadas en relaciones o certificaciones mensuales anteriores.

3.3.3 Desvíos de servicios.

Antes de comenzar las excavaciones, el contratista, basado en los planos y datos de que dispongan, o mediante la visita a los mismos, si es factible, deberá estudiar y replantear sobre el terreno los servicios e instalaciones afectados, considerando la mejor forma de ejecutar los trabajos para no dañarlos, señalando los que, en último extremo considera necesario modificar.

Si el ingeniero director se muestra conforme, solicitará de la empresa u organismos correspondientes, la modificación de estas instalaciones abonándose estas operaciones mediante factura. No obstante, si con el fin de acelerar las obras, las empresas interesadas recaban la colaboración del contratista, deberá ésta prestar la ayuda necesaria.

3.3.4 Prohibición de trabajos bajo temperaturas extremas.

Durante los días de helada no se permitirá trabajar en obra alguna en que se emplee mortero de cualquier clase.

Cuando pudiera sospecharse que durante la noche la temperatura va a descender por debajo de cero grados centígrados se abrigarán cuidadosamente las obras con esteras, pajas, u otros medios, a satisfacción del ingeniero.

Se demolerá toda obra en que se compruebe que el mortero se encuentra deteriorado a consecuencia de las heladas.

El ingeniero encargado de las inspecciones podrá suspender la ejecución de las obras en los puntos que designe, en las épocas de grandes calores.

El contratista, aun cumpliendo las prescripciones de este pliego, encaminadas a prevenir de las heladas o de los calores excesivos en las obras, queda obligado a realizar estas en forma que, al ser entregadas a la administración no se note defectos que provengan de dichas heladas o calores excesivos.

3.3.5 Posibles interferencias con trabajos de otros contratistas.

En caso particular de tener que simultanear la obra entre varios contratistas, se seguirán las instrucciones del director de la obra, que será el único árbitro de posibles conflictos entre aquellos.

3.3.6 Conservación de las obras, limpieza y señalización.

Es obligación del contratista limpiar la obra y sus alrededores de escombros y materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones auxiliares o provisionales que no sean necesarias o interrumpan el funcionamiento normal del servicio, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto, señalizando convenientemente cuando se está trabajando en ella.

3.3.7 Despeje final de las obras.

Es obligación del contratista el despeje y limpieza de los restos de materiales y otros en el lugar de la obra una vez finalizada la misma.

3.3.8 Línea aérea de a.t.

3.3.8.1 Replanteo de apoyos.

Este se realizará mediante la operación de estaquillado, en la cual la situación de cada apoyo, ha de quedar determinada mediante tres estaquillas en los apoyos de alineación, es decir donde no exista cambio de dirección en la línea (centro y puntos opuestos en la dirección del trazado), y cinco en los de ángulo (centro y puntos opuestos en la dirección de la bisectriz, y puntos opuestos en la perpendicular de ésta).

3.3.8.2 Excavaciones y explanaciones.

La excavación incluye la apertura de hoyos para las fundaciones de los apoyos en cualquier clase de terreno.

Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra, relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamientos de aguas, entibados, y toda clase de medios auxiliares para su ejecución.

Las dimensiones y forma de los hoyos se ajustarán a las indicadas en el proyecto. Cuando por cualquier circunstancia sea necesario variar el volumen de la excavación, será preceptiva la autorización del director de obra o persona autorizada por él.

En terrenos inclinados se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central, en las fundaciones monolíticas.

La apertura de hoyos debe disponerse, de modo que éstos no queden abiertos por encima de una distancia comprendida entre uno y tres kilómetros por delante del equipo de hormigonado.

En cualquier caso, los hoyos que queden abiertos de una jornada a la siguiente, deberán ser debidamente protegidos mediante cercas, cubiertos con tablas, etc. con el fin de evitar accidentes que afecten a personas, animales o cosas.

Si debido a la constitución del terreno o por causas atmosféricas, los hoyos amenazan con derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose para ello las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno o que éste sea arrastrado por el agua.

Si penetra agua en los hoyos, deberá ser evacuada lo antes posible, desecando el hoyo antes del hormigonado, para evitar el riesgo de desprendimiento de las paredes del hoyo, y que éste aumente sus dimensiones.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados al tipo de terreno. En terrenos rocosos deberá utilizarse martillo compresor o explosivos. Si se utilizan estos últimos deberán obtenerse los permisos correspondientes y tanto en su manipulación como en su almacenaje, transporte, etc. deberá ajustarse a las Disposiciones Oficiales vigentes respecto a esta clase de trabajos.

Se cuidará de proteger la boca del hoyo para evitar en lo posible daños en las propiedades o plantaciones próximas como consecuencia de la proyección al exterior de piedras debidas a la explosión.

Igualmente, se procurará que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloque con la roca o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

Se deberán retirar las tierras y residuos sobrantes de las excavaciones que no puedan ser utilizadas en el relleno de los hoyos. Sólo en los casos en el que el propietario del terreno se halle de acuerdo, podrán ser extendidas siguiendo instrucciones de aquel.

3.3.8.3 Cimentaciones.

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

A. Características generales de los materiales y su composición.

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el proyecto.

Se utilizará un hormigón procedente de Planta de Hormigonado - En caso excepcional se podrá realizar el hormigonado a pie de hoyo por medios mecánicos, tales como hormigoneras-, cuya dosificación sea de 200 kg / m³ y cuyas características son las siguientes:

- **Arena:**

Puede proceder de mina o cantera, de río, o bien puede ser de piedra machacada, pero nunca de mar. Debe ser limpia y no contener arcilla ni materiales orgánicos. La dimensión máxima de los granos o partículas de arena no rebasará los 6 mm. Y el peso específico aparente será superior a 1300 kg/m³.

Será preferible la que tenga superficie áspera y origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica o feldespatos, y lo mismo sucederá con las superficies ásperas y angulosas, por adherirse mejor y dar morteros más resistentes que el conseguido con arenas redondas o lisas.

La composición más conveniente de la arena, es aquella cuya proporción de granos finos y gruesos sea tal que el tanto por ciento de huecos sea mínimo, hasta un límite que permita la penetración de la pasta de cemento que ha de enlazar los materiales inertes.

Se procurará evitar el empleo de arenas demasiado finas.

Queda terminantemente prohibido el empleo de arenas de estructura ferrosa, foliácea o esquistosa. Igualmente queda prohibida aquella arena procedente del aprovechamiento del montón que esté en contacto con la tierra.

- **Grava o piedra:**

Se considerará como tal, a los fragmentos de áridos con dimensiones comprendidas entre 1 y 4 cm.

Pueden proceder de canteras, minas, graveras de río (material de acarreo) o ser cantos rodados. En todos los casos la dimensión mayor no excederá de 4 cm.

Será limpia, pudiendo aplicarse lo dicho anteriormente para la arena.

Será preferible la piedra que presente aristas y superficies ásperas y rugosas por su mayor adherencia al mortero. Ha de ser dura (cuarcita, basalto, etc.), pues además de contribuir con su dureza a la buena resistencia del hormigón, ofrece la ventaja de absorber poca agua en el amasado y fraguado.

Se prohíbe el empleo del revoltón, o sea, piedras y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes, piedras porosas o esponjosas, foliáceas o esquistosas. Es importante dentro de lo posible, y en el caso de líneas eléctricas, la utilización de piedra con gran peso específico.

- **Cemento:**

Se utilizará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento admitidos en el mercado, en la proporción conveniente para obtener una mezcla de hormigón de 200 kg / m³.

Previa autorización de la compañía suministradora S.E. podrán utilizarse cementos especiales en aquellos casos que lo requieran.

- **Agua:**

Se empleará agua de río o de manantial, siempre que su mineralización no sea excesiva. Debe evitarse el uso de agua selenitosa, magnésica, o con grandes proporciones de materia orgánica, humus, turba o partículas carbonosas.

Se prohíbe expresamente el empleo de aguas procedentes de ciénagas o con gran cantidad de sales.

B. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES: HORMIGONADO.

- **Amasado:**

Las cimentaciones se efectuarán con cementos Portland o puzolánicos, cuya dosificación del hormigón sea como mínimo de 200 kg/m³, y procedente de planta de hormigonado.

Dicha dosificación, en general, corresponde a las cantidades siguientes:

- 200 kg. De cemento, de resistencia 125 kg / cm².
- 0,420 m³. De arena.
- 0,840 m³. De grava.
- 180 a 200 litros de agua.

Un exceso de aportación de agua produce retraso en el fraguado junto con porosidades y coqueras en la masa de hormigón.

En el caso de imposibilidad física de hormigonar determinados hoyos mediante hormigón procedente de planta, el representante de la compañía suministradora podrá autorizar el amasado "in situ" mediante hormigonera mecánica.

Si existieran puntos muy determinados en los que por su extremada dificultad de acceso no hubiese ninguna otra solución que el amasado manual, y siempre con autorización previa, exclusivamente del Director de Obra, se utilizará el siguiente procedimiento:

Se extenderá sobre unas chapas metálicas, la cantidad de arena adecuada en una chapa de espesor uniforme y sobre el lecho así formado, se verterá el cemento,

distribuyéndose uniformemente y mezclándolo a pala con la arena hasta que se obtenga una masa homogénea de color oscuro, sin vetas de color de la arena. Sobre la mezcla anterior, se distribuirá la grava (que habrá sido previamente mojada e incluso lavada para su limpieza) y todo ello se amasará a pala, agregando poco a poco el agua hasta obtener una masa de plasticidad uniforme, apareciendo las piedras completamente recubiertas de mortero.

El agua a emplear no es dato fijo, variando su cantidad según las circunstancias climatológicas y los áridos que se emplean, si bien en general, la cantidad de agua se halla comprendida entre 180 y 200 litros por m³ de hormigón.

- **Vertido:**

Si por circunstancias especiales y con autorización previa de S.E., se amasa a pié de hoyo mediante hormigonera mecánica o a mano, una vez amasado el hormigón, se verterá directamente en la excavación para confeccionar el macizo de hormigón, antes de transcurridas dos horas desde su amasado si el tiempo es templado, o inmediatamente después del amasado en caso de tiempo muy cálido o frío. En el caso habitual de utilización de hormigón procedente de planta de hormigonado, éste se verterá sobre los hoyos según vaya llegando. La planta de hormigonado indicará el tiempo máximo que el hormigón puede permanecer en el camión de cuba giratoria manteniendo todas sus propiedades.

En todo caso, el vertido se realizará siempre de forma suave y con ayuda de una canal de chapa de madera de gran pendiente. No se hormigonará por debajo de 0°C ni aún empleando aditivos.

Los macizos de la cimentación quedarán 20 cm. por encima del nivel del suelo, y se les dará una ligera pendiente (10%) como vierte-aguas.

Se dejará un tubo de acero galvanizado, de las características y forma especificadas en el proyecto para poder alojar en su interior el conductor de puesta a tierra de los apoyos. Este conductor, atravesará el macizo de la cimentación hasta unos 50 cm. bajo la rasante del terreno, prolongándose por encima de dicha cimentación hasta el terminal de conexión inferior de la toma de tierra del apoyo. La parte interior del tubo estará perfectamente limpia y lisa para permitir el cambio del conductor de tierra.

- **Vibrado:**

En primer lugar, la base de apoyo se colocará sobre una loseta de hormigón de forma tronco piramidal cuadrada invertida de dimensiones adecuadas para apoyos metálicos.

A medida que se vaya vertiendo el hormigón en la excavación, se efectuará el vibrado del mismo mediante vibrador electromecánico o neumático de agujas hasta que se extienda, llenando todos los huecos que queden en el hoyo.

El tiempo de vibrado será variable y terminará en el momento que aparezca la lechada en la superficie.

- **Encofrado:**

Normalmente los hoyos no se encofrarán. Si por causas excepcionales hubiera de hacerse, previo conocimiento y autorización de S.E., el procedimiento será el siguiente:

El encofrado será de madera o chapa, siendo la madera estanca con el fin de evitar las fugas de la lechada de cemento. La madera estará cepillada y tendrá la superficie lisa.

En caso de que los encofrados sean metálicos, podrá utilizarse jabón o aceite de linaza crudo para facilitar el desencofrado.

Después de esta operación, se limpiarán los encofrados antes de comenzar un nuevo hormigonado.

- **Condiciones climatológicas especiales.**

En caso de heladas, se suspenderá totalmente el hormigonado mientras duren estas circunstancias.

No se podrá interrumpir un trabajo de hormigonado, debiendo dejar éste totalmente terminado.

Si una vez hormigonado el apoyo, la temperatura desciende hasta los 0°C, será necesario cubrirlo con tierra, paja, sacos o cualquier otro producto aislante, durante los tres días siguientes al vertido.

La superficie exterior del cimientado estará humedecida para lograr un adecuado proceso de fraguado.

- **Procedimiento:**

Para la cimentación de apoyos metálicos se procederá de la siguiente forma:

Se colocará primeramente una loseta de hormigón, de manera que teniendo el poste un apoyo firme y limpio, se conserve la distancia marcada en los planos desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón.

Posteriormente, se colocará sobre ella la base de apoyo o el apoyo completo, según el caso, nivelándose cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo en el primer caso, o bien se aplomará el apoyo completo en el segundo caso, inmovilizando dicho apoyo por medio de vientos.

Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base o al apoyo una inclinación del 0.5 a 1 % en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por los conductores.

Después se rellenará el pozo de hormigón, vertiéndolo, apisonando y vibrando a continuación.

- **Control del hormigón:**

Para asegurar el cumplimiento de las condiciones especificadas para los mismos se llevará un control riguroso de probetas en todos los hormigones que se ejecuten, se tomará una serie diaria o cuando el ingeniero director lo estime oportuno, de diez probetas para romper dos a los siete días, dos a los catorce días y seis a los veintiocho días.

Cada tres días se dejarán tres probetas de las que debían romper a los veintiocho días para romper a los noventa días.

Además se utilizará una serie de dos probetas más por cada etapa de control de resistencias para el desencofrado de los diversos elementos.

Si el ensayo a los catorce días fuese inferior en más de un 20% a la obtenida a los catorce días en el hormigón definitivo obtenido de las masas de prueba no se continuará hormigonando encima de la zona afectada en previsión de que hubiese que demoler.

Para el adecuado control de las resistencias de hormigón en el puente se llevará la gráfica que permita localizar la situación y dimensiones de la zona hormigonada cada día y la signatura de las probetas correspondientes.

Además de estos controles reglamentarios se comprobará periódicamente la regularidad y homogeneidad de los hormigones de un esclerómetro. También podrá emplearse el esclerómetro en aquellos hormigones que por algún motivo se tenga duda de su resistencia.

Los resultados obtenidos del esclerómetro solo se podrán tomar a título informativo sin que puedan ser alegados ni por la administración ni por el contratista como definitivos.

3.3.8.4 Apoyos: armados e izados.

Los trabajos comprendidos en este epígrafe, son los de armado, izado y aplomado de los postes, incluido la colocación de crucetas y anclaje, así como el herramental y todos los medios necesarios para esta operación:

- a. Antes del montaje, lo primero será realizar la comprobación del material (apoyos y herramental complementario) recibido, y verificar que se encuentran en perfectas condiciones, satisfacen las necesidades de la instalación, y en la cantidad necesaria.
- b. Antes de proceder al montaje de apoyos, las partes de la estructura que queden superpuestas deben ser pintadas en almacén con minio de plomo electrolítico.
- c. Los tornillos se limpiarán escrupulosamente antes de usarlos y el aprieto de los mismos será el suficiente para asegurarse el contacto entre las partes unidas.
- d. Para el montaje de apoyos metálicos, sólo se utilizarán como herramientas el punzón de calderero que servirá para hacer coincidir los taladros de las piezas, pero sin que el uso del puntero sirva para agrandar el taladro.
- e. En caso de desperfectos en las estructuras, el contratista tiene la obligación de ponerlo en conocimiento del ingeniero director, y proceder a su sustitución si fuese necesario.
- f. Una vez que la contrata haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, procederá al graneteado de las tuercas para que no se aflojen.
- g. El procedimiento de izado será determinado por el contratista previa autorización de la dirección de la obra.

- h. La operación de izado de los apoyos, debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente, ni golpeado. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material en la cara de menor esfuerzo. Los apoyos deberán ser izados con grúa o pluma, evitando que el aparejo o partes salientes dañen las aristas o montantes del apoyo.
- i. Una vez terminado el montaje del apoyo, se separarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas.
- j. En el apoyo fin de línea se construirá una pared de ladrillos alrededor del apoyo de una altura de 3 metros, que posteriormente será enlucida, dejando incrustada en su interior una bandeja acero galvanizado por donde bajarán los cables hacia la canalización de tramo subterráneo.
- k. Terminadas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de conductores, el contratista dará aviso a la dirección de la obra, para que los apoyos sean inspeccionados. Esta recepción se realizará sobre el 10 % de los apoyos presentados a recepción, aceptándose diferencias de un máximo del 2% del total, en los largos y aprietes de tornillos.

3.3.8.5 Puesta a tierra.

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo estipulado en los artículos 12 y 26 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

Los electrodos y piezas de unión, tanto del apoyo al conductor como de éste al electrodo, y los conductores de toma de tierra, serán de los tipos normalizados por la Compañía Suministradora S.E.

Se cuidará la protección de los conductores de conexión a tierra para que en las zonas inmediatamente superior e inferior del terreno donde está colocado el apoyo queden defendidos contra golpes, etc. En este sentido, el conductor no debe tenderse por encima de los macizos de hormigón de los apoyos sino atravesarlos por el interior de un tubo rígido de acero.

Cada apoyo llevará la disposición descrita en el proyecto, por lo que la dirección de la obra marcará los lugares de las hincas de los electrodos; realizando previamente fosos y zanjas hasta la profundidad a la que deban quedar las cabezas de las picas de la superficie del terreno. Este lugar no debe estar alejado más de 3 metros de alguna de las patas del apoyo.

Antes de la conexión de la toma de tierra, se procederá a la medición de la resistencia óhmica de la misma por sí sola, es decir, separada del apoyo, en presencia del representante de S.E. designado al efecto, levantándose un acta en el que figure la relación de apoyos, uno a uno, con un esquema de detalle de la situación final y valor de la resistencia (por electrodo y todos unidos) de la toma de tierra.

Las mediciones se efectuarán en condiciones medias ambientales del terreno, descartándose cualquier medida efectuada con terreno helado o anormalmente húmedo.

Una vez instalada la disposición de picas, estas serán recepcionadas por la dirección de la obra sobre un 10 % del total. Y una vez aceptadas estas, se procederá al relleno del foso y la zanja, debiéndose apisonar fuertemente.

3.3.8.6 Señalización de apoyos.

Todos los apoyos llevarán una placa de numeración y aviso de peligro eléctrico, de acuerdo con el criterio de comienzo y fin de línea que se haya fijado en el proyecto, de manera que las cifras sean legibles desde el suelo, conformes al vigente RAT en su artículo 12.7.

3.3.8.7 Tendido, tensado y regulado de conductores.

Para la instalación del conductor, se deben proceder a las siguientes operaciones:

1. Colocación de aisladores.

La manipulación de estos y sus herrajes auxiliares se harán con el mayor cuidado, no desembalándolos hasta el instante de su colocación, comprobándose si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso la pieza deteriorada será devuelta al almacén y sustituida por otra. El manejo de las cadenas de aisladores se harán de forma que no se doblen, y con las mayores precauciones para que estos no den golpes.

2. Tendido de conductores.

Las herramientas a utilizar serán las necesarias para el desarrollo de los trabajos, las cuales estarán suficientemente dimensionadas y serán las adecuadas para el tipo de conductor a emplear, en previsión de roturas y accidentes. Las veremos a continuación:

Maquinas de frenado del conductor.

Estas máquinas dispondrán de dos tambores en serie, con canaladuras adecuadas para el tipo de conductor a emplear, con el fin de permitir el arrollamiento en espiral del mismo. Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material.

La máquina de frenado se alimentará directamente con las bobinas de conductor manteniendo la tensión precisa para facilitar su entrada en las poleas y evitando de este modo que el conductor pierda la tirantez adecuada en cualquier punto del tendido. Se evitarán las variaciones de velocidad en la máquina de frenado y nunca se rebasarán aquellos valores de velocidad o tensión que puedan provocar daños en el cable por incrustamiento en las capas inferiores.

Poleas de tendido del conductor.

Antes del tendido del conductor, se instalarán poleas con garganta de madera, aluminio, neopreno o material de menor dureza que la del cable, con objeto de que el rozamiento sea mínimo. Todas las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca sobre cojinetes de fricción, de tal forma que permitan una fácil rodadura. Las relaciones de diámetros entre poleas y conductores serán fijadas con un mínimo de 20 a 1.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones y/o canaladuras provocadas por el paso de los cables pilotos, cuyo empleo es obligatorio para todos los tendidos de conductores LA-56 y LA-110.

La garganta tendrá una curvatura en su fondo comprendida, como mínimo, entre el diámetro del conductor, y el diámetro de los empalmes provisionales y giratorios empleados en el tendido, siendo su profundidad superior al diámetro de dichos empalmes.

Las paredes laterales serán inclinadas formando un ángulo entre sí, comprendido entre 20° y 60°, para evitar enganches. Los bordes deberán ser biselados con el mismo fin.

Mordazas.

Se emplearán las mordazas precisas para efectuar una adecuada unión entre el hilo piloto y el conductor sin dañar el aluminio ni el galvanizado del cable de acero.

El apriete de la mordaza debe de ser uniforme, y si es por estribos, el par de apriete de los tornillos debe de efectuarse de forma que no se produzca ningún desequilibrio.

Dinamómetros.

Serán obligatorios estos dispositivos para medir la tracción del cable durante el tendido en los dos extremos del cantón, es decir, en la máquina de frenado y en la máquina de tracción.

El dinamómetro situado en la máquina de tracción ha de ser de máxima y de mínima, con dispositivo de parada automática cuando se produzca una elevación anormal en la tracción de tendido.

Giratorios

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinetes axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto, para evitar que se transmita el giro de un cable a otro.

Maquinas de tracción.

Estas máquinas podrán ser cabrestantes, trenes de tendido o similares que garanticen la tensión mecánica del conductor. Irán provistas de un dispositivo de frenado que permita la parada en caso de variaciones anormales de la tensión durante el tendido. Unidas a ellas se colocarán las bobinas de recogida del cable piloto.

El procedimiento general de tendido se resume a continuación.

Con vistas a la operación de tendido, los apoyos que formen parte de un cantón han de estar completamente terminados.

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos, o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos en cualquier otro obstáculo, etc.

Las bobinas, han de tenderse sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes. Si en algún caso, una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, deberá ser aprobado previamente por S.E.

El cable se extraerá de las bobinas mediante el giro de las mismas.

La tracción durante el tendido de los conductores será, como máximo, la indicada en la tabla de regulación que corresponda a la temperatura existente en el lugar donde se tienda el conductor. La tracción mínima será aquella que permita circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales.

El anclaje de las máquinas de tracción y frenado deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia u otros elementos atmosféricos imprevistos, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

El tendido del conductor LA-180 se realizará siempre con la utilización de hilo piloto, máquina de tracción (cualquiera de las descritas anteriormente), y como máquina de freno podrá utilizarse cualquier tipo de freno, bien sea automático, manual, etc.

Empalmes.

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas mediante empalmes provisionales flexibles, que serán sustituidos por los definitivos una vez que el conductor ocupe su posición final en la línea. En ningún caso se permite el paso por ninguna polea de los empalmes definitivos.

El corte del cable se realizará siempre utilizando exclusivamente la sierra para los conductores de aluminio, y admitiéndose únicamente tijera o cizalla para el alma de acero.

La ejecución de los empalmes definitivos se realizará según las normas y procedimientos normalizados por S.E. La operación de sustitución de los empalmes provisionales por los definitivos, se realizará de tal forma, que el resto del conductor se mantenga con la tracción necesaria para que no llegue a tocar tierra.

3. Tensado del conductor.

El anclaje a tierra para efectuar el tensado se realizará desde un punto lo más alejado posible, y como mínimo a una distancia horizontal al apoyo doble que su altura,

equivalente a un ángulo de 150° entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

Se colocarán tensores de cable o varilla de acero provisionales, en las puntas de los brazos y el cuerpo del apoyo, como refuerzo en los apoyos desde los que se efectúe el tensado. En dicho apoyo, las poleas serán de diámetro adecuado, para que el alma del conductor no dañe al aluminio. En caso de no disponerse de poleas adecuadas, se efectuará la tracción mediante un cable piloto.

Aunque los apoyos de amarre o anclaje estén calculados para resistir la sollicitación de esfuerzos de una fase en el extremo de una cruceta, si las demás sollicitaciones de las restantes fases están compensadas, se colocarán los tirantes previstos para compensar la sollicitación de la fase del lado opuesto de la cruceta en que se efectúa la operación de engrapado.

Todas las operaciones se realizarán con movimientos suaves y nunca se someterán los cables a sacudidas.

4. Regulado de los conductores.

Entre los trabajos de tendido y regulación no deben transcurrir más de quince días. Se entregará una tabla de tendido y regulación, con las flechas para los vanos de regulación y comprobación de cada cantón en la situación de engrapado, deducidas de las características del perfil, en función de la temperatura del conductor, que deberá ser medida con un termómetro cuya sensibilidad sea de 1 °C como mínimo, colocado en una muestra de cable del conductor y a una altura próxima a los diez metros, durante un periodo mínimo de tres horas.

En aquellos cantones, en que por razón del perfil del terreno, los apoyos se hallen enclavados a niveles muy diferentes, o sea, en terrenos montañosos, se deberá conseguir mantener constante la tensión horizontal del conductor en las grapas de alineación para la frecuencia más frecuente del año, y por lo tanto, la verticalidad en las cadenas de suspensión, no admitiéndose que las mencionadas grapas se desplacen en sentido de la línea un valor superior al 1% de la longitud de la cadena de suspensión.

Los errores en las flechas serán:

En el conductor que se regula.....	3%.
Entre dos conductores situados en un plano vertical.....	3%.
Entre dos conductores situados en un plano horizontal.....	6%.

La medición de la flecha se realizará según la norma UNE 21101 "Método para la medición en el campo, de la flecha de los conductores o cables de tierra".

Después del tensado y regulación de los conductores, se mantendrán éstos sobre las poleas el tiempo necesario, a juicio de S.E., para que puedan adquirir una posición estable.

5. Engrapado.

Se cuidará que en la operación de engrapado, en apoyos de amarre, no se produzcan esfuerzos superiores a los admitidos por dichos apoyos y en caso necesario, se colocarán tensores y vientos para contrarrestar los esfuerzos anormales.

El método de la colocación de grapas, se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el constructor de las mismas, con los aprietes por él indicados, realizándose con llaves dinamométricas adecuadas.

La suspensión de los conductores se hará por intermedio de estribos de cuerda o acero, forrados para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes: primero se suspenderá el conductor, y luego se aflojará la grapa corriéndola a mano hasta donde sea necesario.

6. Comprobaciones.

Una vez terminadas las operaciones anteriores, se procederá a la recepción de estas, tomando el 20 % de los vanos a recepcionar. En estos se comprobará lo siguiente:

- Comprobación de las flechas.
- Estado y colocación de los aisladores y herrajes.

- Distancias a masas y longitudes de puentes.
- Todo lo indicado en el engrapado y accesorios.

3.3.9 Línea subterránea de alta tensión.

Todas las normas de construcción e instalación de esta línea se regirán a las diferentes directrices marcadas en el presente proyecto; siguiendo la normativa de la compañía S.E.

3.3.9.1 Conexión tramo aéreo-subterráneo.

Esta se llevará a cabo mediante botellas terminales, conformes con las normas standard CEI; y que irán colocadas sobre bastidores de perfiles de acero indeformable galvanizado al fuego, que cumplirá las normas UNE 37.501, ASTM 123 e ISO R 1461 1970 . Estos bastidores se encontrarán fijados al apoyo, mediante tornillos, y permitirán la colocación de las botellas terminales a una distancia mayor a la reglamentaria que debe existir entre fases, según el artículo 25.2 del RAT.

Para la bajada de los cables en el apoyo utilizaremos, bandejas perforadas de acero galvanizado, destinadas a dicho fin, y cuyas características se han detallado en la memoria del proyecto.

3.3.9.2 Trazado.

La canalización subterránea se realizará en el interior de tubos que irán sobre zanjas. Previo a la apertura de estas zanjas, se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Antes de comenzar los trabajos de excavación, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando su anchura y su longitud, que será aproximadamente de 1.962 metros en la línea de mayor longitud.

Se establecerá la señalización de obra, tanto diurna como nocturna de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas, tanto de zanjas como pasos peatonales y de vehículos de acceso, mediante los elementos necesarios.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá cuenta el radio mínimo de curvatura que hay que respetar en los cambios de dirección, y que ha sido calculado en este proyecto.

3.3.9.3 Zanjas.

Las zanjas se excavarán hasta la profundidad establecida de 1,20 metros, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso, y que siempre que la profundidad de la zanja sea superior a 1,30 metros; por lo que en teoría no será necesaria la realización de dichas entibaciones.

La anchura de esta zanja será de 0,60 metros, de modo que permita una fácil instalación de los tubos.

Se procurará dejar un paso de 0,50 metros entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. Las tierras se mantendrán limpias y separadas de restos de pavimento.

Si con motivo de las obras de apertura de zanja, aparecen instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar en los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si se causa alguna avería en dichos servicios, se notificará a la mayor brevedad al director de la obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos para comunicarse con estos en caso de necesidad.

3.3.9.4 Canalizaciones.

Los cables de esta línea irán en el interior de tubos de PVC, de 0,140 metros de diámetro, y que sólo permitirán la canalización de una única línea, que para el presente proyecto será de 3 cables unipolares.

Los tubos se colocarán en posición casi horizontal y casi recta; con una ligera pendiente del orden del 2 % para asegurar que no puede quedar agua acumulada en su interior.

Los tubos dispondrán de ensambles que eviten la posibilidad de rozamientos internos contra los bordes durante el tendido. Además se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido del tiro del cable para evitar enganches contra dichos bordes.

Al construir la canalización se recomienda dejar un alambre o cuerda en su interior que facilite posteriormente el enhebrado de los elementos para limpieza y tendido.

La limpieza consiste en pasar por el interior de los tubos un escobillón de arpillera, trapo, etc, con movimiento de vaivén, para barrer los residuos que pudieran quedar.

Para obtener más detalles de la ejecución de las zanjas y canalizaciones, remitir a la memoria del presente proyecto, donde se reflejan con mayor detalle.

3.3.9.5 Arquetas.

Las arquetas de registro serán de bloques de hormigón en masa, construidas con moldes prefabricados, y normalizados por la compañía suministradora S.E.

Comprenderá la excavación, instalación de moldes prefabricados, emboquillado de tubos de canalización en su interior, hormigonado de estos moldes, fijación de marcos galvanizados y terminación adecuada. La resistencia será adecuada a las cargas a soportar según vayan a ser empleadas en aceras o en calzadas.

Las dimensiones de las arquetas, así como marcos y tapas serán la estipuladas en los planos de este proyecto, y en cualquier caso el fondo de la arqueta tendrá un lecho absorbente de un espesor mínimo de 10 cm de grava gruesa.

Las tapas y marcos de las arquetas ajustarán perfectamente al cuerpo de la obra, y se colocarán de forma que su cara superior quede al mismo nivel que las superficies adyacentes; durante el trayecto dispondremos de tapas de fundición como queda especificado en la memoria.

La fabricación de los dispositivos de cierre de las arquetas, debe ser tal que se asegure la compatibilidad de asientos en las arquetas, de forma que su estado debe ser tal que la estabilidad y ausencia de ruido estén aseguradas.

En el interior de estas arquetas se dispondrán rodillos para facilitar el tendido del cable.

3.3.9.6 Manipulación de bobinas de cable.

Esta operación es de suma importancia, puesto que una mala manipulación de estas bobinas podría ocasionar desperfectos en los cables, y estos a su vez averías.

El izado de estas bobinas se realizará mediante grúa, con la ayuda de una barra que atravesará los agujeros centrales de estas bobinas, y una cadena de izado que no deberán estar en contacto con los platos de las bobinas.

La carga y descarga de bobinas en camiones, debe hacerse con carretilla elevadora ó grúa, nunca dejar caer al suelo. En cualquiera de los casos debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El transporte de bobinas en camiones se realizará siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales; además serán inmovilizadas por medio de cuñas para evitar el desplazamiento por rodadura, y trabas para evitar el desplazamiento lateral.

La rodadura de las bobinas sobre el suelo, habrá que evitarlas en lo posible, siendo sólo aceptable para recorridos cortos. Para rodar estas bobinas por el suelo, este debe ser liso y el sentido de rotación el contrario al que se desenrollará el cable.

3.3.9.7 Tendido de cables.

Esta operación es la más crítica al instalar una línea subterránea de M.T. Un tendido incorrecto puede hacer aparecer una avería inmediata en el cable (cubierta herida, punzonada o golpeada) o una avería latente que puede tardar semanas e incluso años en convertirse en avería franca (penetración de humedad en el aislamiento bajo la cubierta, dobladura excesiva del cable creando oquedades en el aislamiento o estrangulando la sección de los hilos de la pantalla, etc.).

Este tendido debe efectuarse en presencia del director de obra o persona delegada por él, programando dicha operación con la suficiente antelación.

Ubicación de las bobinas.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará al lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo; en caso de existencia de pasos

difíciles o curvas, estas se colocarán en los extremos opuestos a estos, de modo que durante el tendido quede afectada la menor longitud del cable.

Extracción del cable.

La bobina se suspenderá (0,10 a 0,15 metros desde el suelo) por medio de una barra o eje adecuado, apoyados sobre gatos mecánicos u otros elementos de elevación adecuados al peso y dimensiones de la bobina.

Los pies de soporte del eje, deben estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación. Una vez suspendida la bobina, se procederá a la retirada de la duela de protección, sin dañar el cable durante esta retirada.

La extracción del cable se hará por rotación de la bobina alrededor del eje y extracción del cable por la parte superior.

Se dispondrá algún dispositivo de frenado, normalmente, es suficiente disponer un tablón en el suelo por un extremo, con el que se hace presión contra la superficie convexa inferior del plato.

La extracción del cable debe estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina, de modo que cuando se deje de tirar del cable, se frenará inmediatamente la bobina, para evitar que se desenrolle la misma por inercia.

El desenrollado debe ser lento para evitar que las capas superiores penetren en las inferiores debido a la presión, con el consiguiente traslado del cable.

Manipulación del cable.

Se tomarán las precauciones necesarias para procurar que el cable no sufra golpes, rozaduras, pinchazos, ni tampoco esfuerzos importantes, ni de tensión, ni de flexión ni de tracción.

Radios de curvatura.

Durante el tendido del cable hay que evitar las dobladuras del cable debidas a la formación de bucles, a curvas demasiado fuertes en el tendido, a rodillos mal colocados en las curvas, a irregularidades del tiro y frenado, etc. El doblez excesivo, somete el cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar la deformación permanente del cable con formación de oquedades en los dieléctricos, tanto en cables secos como en cables de papel, y la rotura o pérdida de sección en las pantallas de cobre.

El valor del radio de curvatura mínimo para esta línea ha sido calculado en este proyecto.

Esfuerzos de tiro durante el tendido.

Serán de tipo mecánico mediante cabestrante.

Normalmente el esfuerzo se aplica a la punta del cable. Se emplean unas mordazas de amarre al cable que consisten en un disco taladrado por donde pasan los conductores sujetándolos con manguitos mediante tornillos.

El conjunto queda protegido por una envolvente que es donde se sujeta el fiador para el tiro.

Los esfuerzos de tracción sobre los cables han sido calculados en este proyecto, por lo que hacer referencia a su correspondiente apartado dentro de la memoria descriptiva.

Temperaturas bajas.

En el caso de temperaturas inferiores a 0 °C el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación; por lo que a estas temperaturas no será viable el tendido del cable.

Hay que tener en cuenta también, la temperatura que puede alcanzar una bobina almacenada durante la noche a la intemperie.

Estanqueidad de los extremos del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo del cable que haya quedado en la bobina.

Solape entre cables para confeccionar los empalmes.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 metros. Cuando el tendido se haya efectuado por medios mecánicos se cortará 1 metro del extremo del cable, ya que al haber sido sometido a mayor esfuerzo, puede presentar desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

Tendido en tubo.

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el tubo asegurándose de que no hay cantos vivos ni aristas, de que los distintos tubos están adecuadamente alineados y de que no existen taponamientos.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se coloca un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, y se coloca un montoncito de arena a la salida del tubo de forma que se obligue el cable a salir por la parte media de la boca sin apoyarse sobre el borde inferior de la misma.

Una vez instalado el cable deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases y roedores. Previamente, se protegerá la parte correspondiente de la cubierta del cable con yute, arpillera alquitranada, trapos, etc, y se tapanán las bocas con mortero pobre o lechada que sea fácil de eliminar y no esté en contacto con la cubierta del cable.

3.3.9.8 Señalización.

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalizado por una cinta de atención de acuerdo con la RU 0205 B, cuyas características se han descrito en la memoria de este proyecto, así como su instalación.

3.3.9.9 Tapado de zanjas.

Las zanjas se tapanán tal como se especifica en la memoria de este proyecto.

Siendo el contratista el responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y por tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

3.3.9.10 Disposición de cables.

La instalación de cables a distinta tensión o servicio, que transcurran paralelamente, se ha visto anteriormente en la redacción de la memoria, por lo que no repetiremos dichas condiciones, y nos regiremos a estas.

3.3.9.11 Puesta a tierra.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, es conveniente la conexión a tierra de pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios.

Esto garantiza que no existan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

3.3.9.12 Ensayos

Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta.

Una vez tendido el cable, es conveniente realizar un ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta para poder detectar posibles daños en la cubierta del cable durante su manipulación desde la salida de la fábrica hasta su tendido.

Cualquier daño en la cubierta puede significar la entrada de humedad e incluso de agua al interior del cable con los peligros que ello implica.

Ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento.

Una vez realizados los empalmes o cajas terminales y antes de poner el cable en servicio, es conveniente realizar un ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento para asegurarse de que no hay ninguna avería franca en la instalación.

3.3.10 Centro de transformación.

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Compañía Sevillana de Electricidad.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

3.3.10.1 Obra civil.

Para la instalación del edificio prefabricado se procederá previamente a la operación de estaquillado y excavación, como se describió en el caso anterior para la obra de la línea aérea de A.T., dicha excavación tendrá unas dimensiones de 4.450 mm x 3.100 mm, y una profundidad de 725 mm.

En el fondo de esta excavación se dispondrá un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor.

Según normas de la compañía S.E., debajo de cada transformador se construirá una arqueta de recogida de aceite de dimensiones mínimas de 140x90 cm. y profundidad no inferior a 50 cm lleno de guijarros como cortafuegos y para la recogida de eventuales pérdidas del líquido refrigerante, y que se conectará a un foso de almacenamiento de las posibles fugas, que en ningún caso debe estar conectado al alcantarillado.

La arqueta llena de guijarros, se realizará con hormigón en masa de resistencia característica de 125 kg/cm² de 20 cm. de espesor. Interiormente, las paredes formarán planos inclinados de modo que los líquidos viertan hacia el interior, y se redondearán sus ángulos.

El foso de almacenamiento del aceite perdido, se realizará mediante muro aparejado de 10 cm. de espesor, de ladrillo macizo, R-100 kg/cm², con juntas de mortero M-40, de espesor 1 cm.

En ambos fosos, se realizará un enfoscado maestrado en las paredes de estos fosos, con mortero de cemento de dosificación 1:4 y 15 mm de espesor.

El tubo y piezas especiales que unen ambos fosos serán de fibrocemento sanitario de diámetro interior mínimo de 125 mm. Dicho tubo tendrá que tener una pendiente del 10 %. El foso de almacenamiento del aceite perdido, se cerrará con una losa-tapa de 20 cm. de espesor, sustentada en sus cuatro bordes, de hormigón de resistencia característica de 175 kg/cm². Dicha tapa tendrá dos armaduras formadas por una parrilla de redondos Ø 10 mm cada 10 cm.

El transporte y montaje de este edificio, así como el ensamblado de las celdas en el interior, será responsabilidad del fabricante.

Será de suma importancia asegurar que el acceso hasta la obra se pueda realizar con un camión con remolque y el montaje del prefabricado con grúa y sin presencia de obstáculos tales como postes muros que puedan impedir una aproximación correcta a la excavación.

Para el montaje de este edificio (EHC-2) será necesario utilizar una grúa de 70 Tm, como mínimo.

3.3.10.2 Transformador.

El transformador será introducido en el prefabricado a través de la puerta de acceso, en elevación, mediante una carretilla elevadora, para lo que será necesario prescindir previamente de las ruedas del chasis del transformador, siendo la zona de apoyo de las palas el interior de los perfiles U.

Los cáncamos de los que dispone la tapa del transformador nos ayudarán a realizar esta operación u otras de transporte del mismo mediante elevación, con ayudas de cables y una máquina adecuada para ello.

La manipulación del transformador se realizará con las mayores precauciones, de manera que no sea dañado ningún elemento de este; si se produjese algún desperfecto en este transformador, será comunicado a la dirección de la obra, la cual decidirá qué medida adoptar ante tal desperfecto.

El transformador será anclado en el interior del prefabricado sobre unos raíles, quedando las ruedas que lleva acoplada la cuba del transformador sobre, dichos raíles; esto permitirá un fácil manejo del transformador en el interior del edificio.

3.3.10.3 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.

Previsiones generales.

- Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

- Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
- No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

Puesta en servicio.

Antes de la puesta en servicio se harán las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de las fugas de aceite.
- Comprobación de las conexiones.
- Comprobación del dispositivo de protección.
- Comprobación de la posición del conmutador del transformador.
- Comprobación de la continuidad.
- Comprobación del aislamiento.

Una vez hechas todas estas comprobaciones, se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Se tendrán así durante media hora, observando si el calentamiento es anormal o se oye algún ruido extraño. Pasada la media hora, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión. Al llegar a la potencia nominal se observará la temperatura durante las doce primeras horas. Este incremento de temperatura no deberá ser superior a 60 °C sobre el ambiente.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

Separación de servicio.

Se procederá en orden inverso al determinado para la puesta en servicio, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda de entrada y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de ésta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para la garantizar la seguridad de personas y cosas.

La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Previsiones especiales.

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

3.3.10.4 Pruebas reglamentarias.

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

3.3.10.5 Instalaciones de puesta a tierra.

En el centro de transformación se realizarán dos circuitos de puesta a tierra, uno denominado circuito de tierra de protección y el otro circuito de tierra de servicio.

Ambas puestas de tierra tienen que ser eléctricamente independientes, por lo que la separación mínima entre ellas será de 4,05 metros, valor calculado en este proyecto.

La resistencia de difusión de puesta a tierra de ambos circuitos deberá ser menor de 10Ω y las tensiones de paso y contacto menores que las permitidas por la instrucción MIE-RAT 13.

Las disposiciones de estos circuitos, serán las descritas en la memoria de este proyecto, y para su instalación se seguirán las pautas descritas en la línea aérea.

Para evitar tensiones de paso en el C.T. se dispondrá embebida en la solera y a una profundidad de 3 cm. del suelo, una malla metálica, de acero, Electro-soldada, de la cual se sacarán dos o más tomas, soldadas a la malla, formadas por conductor de cobre de 50 mm², las cuales se unirán al electrodo principal.

La malla equipotencial estará formada por alambre de 4 mm. de diámetro, formando cuadros, cuyo lado no será superior a 30 cm.

Por otra parte, las tensiones de paso y contacto máximas permitidas por el reglamento vendrán dadas por la instrucción complementaria MIE-RAT 13 del reglamento electrotécnico de alta tensión.

3.3.10.6 Señalizaciones.

Según normas de S.E., en las rejillas de cada celda y en la puerta de entrada del centro de transformación, se colocarán placas que adviertan la existencia de peligro eléctrico.

Así mismo, en las empuñaduras de los mandos del interruptor y seccionador, habrá indicaciones de su maniobra que impidan los errores de interpretación.

Sobre una de las paredes del pasillo, se colocará una placa con instrucciones sobre primeros auxilios, ante accidentes eléctricos.

3.3.11 Red subterránea de b.t.

Las condiciones de ejecución de las obras para la realización del tendido de esta red serán las mismas descritas que para el caso de la línea subterránea de Media Tensión, con la diferencia de las dimensiones de las zanjas y situación de los tubos, que quedan detalladas en la memoria de este proyecto.

3.3.12 Varios.

Además de todas las obras detalladas no se obligará por el mero hecho de presentar su proposición, a ejecutar todas aquellas obras que sean necesarias para completar la terminación de los trabajos, no pudiendo servir de excusa el que no figuren en el presente pliego, siempre que obliguen al contratista con arreglo a la legislación general de las obras publicas.

PRESUPUESTO



INDICE

1 PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA AÉREA DE M.T.....	4
2 PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE M.T.....	8
3 PRESUPUESTO PARCIAL DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	10
4 PRESUPUESTO PARCIAL DE CONEXIÓN EN BAJA TENSIÓN.	13
5 PRESUPUESTO TOTAL.....	15

PRESUPUESTOS.

El presupuesto supone la evaluación total del proyecto.

Tanto las mediciones como el presupuesto se comprenden en las siguientes partidas, que comprenden las distintas instalaciones:

- Partida nº 1: Línea Aérea Media Tensión.
- Partida nº 2: Línea Subterránea Media Tensión.
- Partida nº 3: Centro de Transformación.
- Partida nº 4: Conexión en Baja Tensión.

A continuación se presentan detallados los apartados que comprenden este documento.

1 PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA AÉREA DE M.T.

APOYO N°1 PRINCIPIO DE LINEA.			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD (€)	IMPORTE TOTAL (€)
1	Apoyo celosía 11.500 Kg. 13,82 m con apertura de pozo de 1,9 x 1,9 x 2,8 m, hormigonado, izado y transporte.	2.104	2.104
36	Aisladores E-40.	6	216
12	Horquilla de Bola HB-16.	6	72
12	Rótula Larga R-16-P	7	84
12	Grapa de Amarre GA-3	9	108
8	Pica de Acero cobreado, 14mm. 2m	7	56
8	Grapa de Conexión Tierra-Pica	1,5	12
1	Grapa de Conexión Apoyo-Tierra	1,25	1,25
20	1m conductor de Cu desnudo 50mm ²	2,5	50
5	1m conductor de Cu aislado 50mm ²	3,75	18,75
1	Disco de Señalización Peligro	4,5	4,5
2	1m Tubo metálico Blindado	2,7	5,4
2	Interruptor-Seccionador	300	600
TOTAL			3.331 €

APOYO N° 2 APOYO EN ÁNGULO.			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
1	Apoyo celosía 9.300 Kg. 13,82 m con apertura de pozo de 1,8 x1,8 x 2,6m, hormigonado, izado y transporte.	1.800	1.800
36	Aisladores E-40.	6	216
12	Horquilla de Bola HB-16.	6	72
12	Rótula Larga R-16-P	7	84
12	Grapa de Amarre GA-3	9	108
2	Pica de Acero cobreado, 14mm. 2m	13,5	27
2	Grapa de Conexión Tierra-Pica	1,5	3
1	Grapa de Conexión Apoyo-Tierra	1,25	1,25
4	1m conductor de Cu desnudo 50mm ²	2,5	10
5	1m conductor de Cu aislado 50mm ²	3,75	18,75
1	Disco de Señalización Peligro	4,5	4,5
2	1m Tubo metálico Blindado	2,7	5,4
6	ABB Type ICX Fused Cutout 20 KV, 300 A. Herraje e instalación incluida.	50	300
TOTALES			2.649 €

APOYO N°3 FIN DE LINEA.			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
1	Apoyo celosía 11.500 Kg. 13,82 m con apertura de pozo de 1,9 x1,9 x 2,8 m, hormigonado, izado y transporte.	2.104	2.104
36	Aisladores E-40.	6	216
12	Horquilla de Bola HB-16.	6	72
12	Rótula Larga R-16-P	7	84
12	Grapa de Amarre GA-3	9	108
8	Pica de Acero cobreado, 14mm. 2m	7	56
8	Grapa de Conexión Tierra-Pica	1,5	12
1	Grapa de Conexión Apoyo-Tierra	1,25	1,25
20	1m conductor de Cu desnudo 50mm ²	2,5	50
5	1m conductor de Cu aislado 50mm ²	3,75	18,75
1	Disco de Señalización Peligro	4,5	4,5
2	1m Tubo metálico Blindado	2,7	5,4
2	Interruptor-Seccionador	300	600
5	Bandeja Portacables Metálica	16	80
9	Tubo metálico rígido	2,5	22,5
3	Pararrayo por fase	100	300
TOTALES			3.734 €

CONDUCTOR DE LA LÍNEA AÉREA			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
3.670	1m, LA-180.Incluida mano de obra, regulado y engrapado	9	33.030
TOTAL			33.030 €

OTROS GASTOS DE LA LÍNEA AÉREA			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
-	Transporte , Rellenado, etc..	-	500
TOTAL			500 €

PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA AÉREA	
Apoyo N°1 principio de línea.	3.331 €
Apoyo N°2 en ángulo	2.649 €
Apoyo N°3 fin de línea.	3.734 €
Conductor de la línea aérea	33.030 €
Otros gastos de la línea aérea	500 €
TOTAL	43.244 €

2 PRESUPUESTO PARCIAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE M.T.

CANALIZACIÓN			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
3.000	1m ³ . de excavación de zanja, y reposición de terreno.	8	24.000
2.985	1m. Tubo PVC	1,75	5.223,75
331	1m ³ . de Hormigón en masa.	16	5.296
30	Arquetas de Hormigón en masa. Tipo A1	100	3.000
7	Arquetas de Hormigón en masa. Tipo A2	200	1.400
2.285	Cinta de Señalización de peligro de polietileno	0,25	571,25
TOTAL			39.491 €

CABLE DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
885	1M. De cable de (1x240) mm ² .	5,5	4.867,5
9.297	1M. De cable de (1x150) mm ² .	4	37.188
TOTAL			42.055 €

OTROS GASTOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
-	Transporte , Rellenado, etc..	-	500
TOTAL			500 €

PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA	
Canalización	39.491 €
Cable de la línea subterránea	42.055 €
Otros gastos	500 €
TOTAL	82.046 €

3 PRESUPUESTO PARCIAL DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN OBRA CIVIL			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
7	Edificio de hormigón compacto modelo EHC-2T1D Merlín Gerin, incluyendo transporte y montaje	4.000	28.000
7	Excavación de un foso de dimensiones 3.500 x 5.300 mm, para alojar el edificio prefabricado compacto.	400	2.800
TOTAL			30.800 €

APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN.			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
14	Cabina de E/S de línea Merlín Gerin gama SM6, con Interruptor Seccionador	1.216	17.024
7	Cabina Ruptofusible Merlín Gerin gama SM6, provista de interruptor seccionado en SF6.	1.887	13.209
TOTAL			30.233 €

TRANSFORMADOR			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
7	Transformador	12.028	84.196 €
7	Ud. Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco	455	3.185 €
7	Ud. Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0.6/1 kV de Al.	400	2.800 €
TOTALES			90.181 €

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
7	Tierras exteriores código 5/32 Unesa, incluyendo 3 picas de 2 m.	280	1.960
7	Tierras exteriores código 50-50/5/42 Unesa, incluyendo 4 picas de 2 m.	460	3.220
7	Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm ² de Cu.	297	2.079
TOTAL			7.259 €

VARIOS			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
7	Ud. Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación	120	840
7	Ud. Punto de luz de emergencia autónomo.	87	609
7	Banqueta aislante para maniobrar la aparamenta	120	840
7	Par de guantes para maniobra	56	392
14	Placa reglamentaria peligro de muerte	6	84
7	Placa reglamentaria primeros auxilios	6	42
TOTAL			2.807 €

TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
Obra civil	30.800 €
Aparamenta de A.T	30.223 €
Transformador	90.181 €
Sistema de puesta a tierra	7.259 €
Varios	2.807 €
TOTAL	161.270 €

4 PRESUPUESTO PARCIAL DE CONEXIÓN EN BAJA TENSIÓN.

CANALIZACIÓN			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
50	1 m ³ excavación de zanja, y reposición de terreno.	8	400
200	1 m tubo PVC .	3	600
11	1 m ³ de hormigón en masa para protección de tubos.	16	176
7	Arquetas de hormigón en masa de 250 Kg, tipo A-2.	170	1.190
135	Cinta de señalización de peligro.	0,25	33,75
TOTAL			2.399 €

CABLE DISTRIBUCIÓN EN B.T.			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
1.215	1m. De cable (1x300) mm ² Cu. Incluida mano de obra	15	18.225
TOTAL			18.225 €

OTROS GASTOS DE LA LÍNEA DE B.T			
UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD	IMPORTE TOTAL
-	Transporte , Rellenado, etc..	-	500
TOTAL			500 €

PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA DE B.T	
Canalización	2.399 €
Cable en B.T	18.225 €
Otros gastos	500 €
TOTAL	21.124 €

5 PRESUPUESTO TOTAL

PRESUPUESTO TOTAL	
PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA AÉREA	43.244
PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA	82.046
TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	161.270
PRECIO TOTAL DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA	21.124
TOTAL INSTALACIÓN	307.684 €
15% GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL	46.152
16% IVA.	49.229
TOTAL	403.065 €

EL PRESENTE PRESUPUESTO ASCIENDE A CUATROCIENTOS TRES MIL Y SESENTA Y CINCO EUROS.

ANEXO

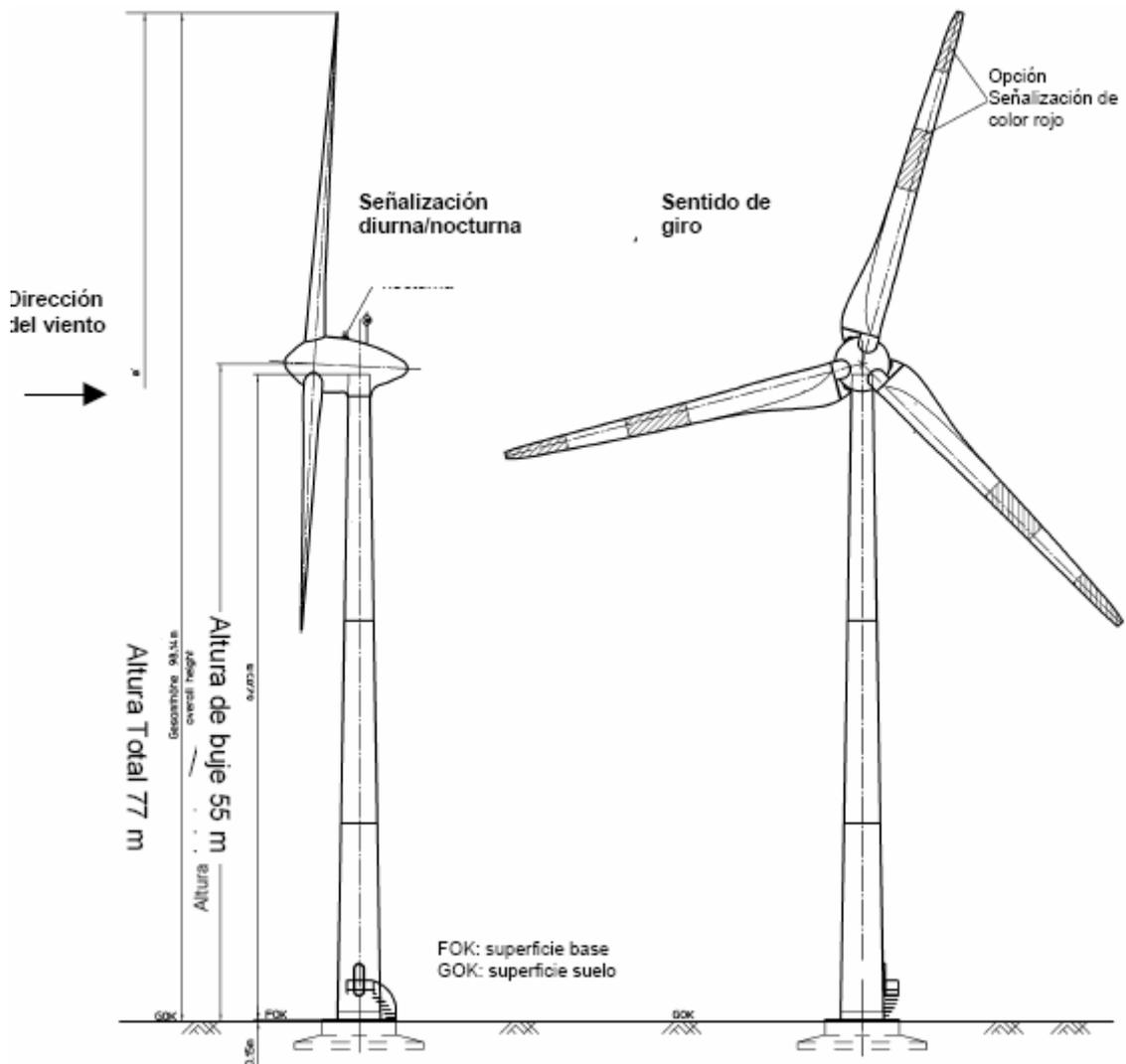


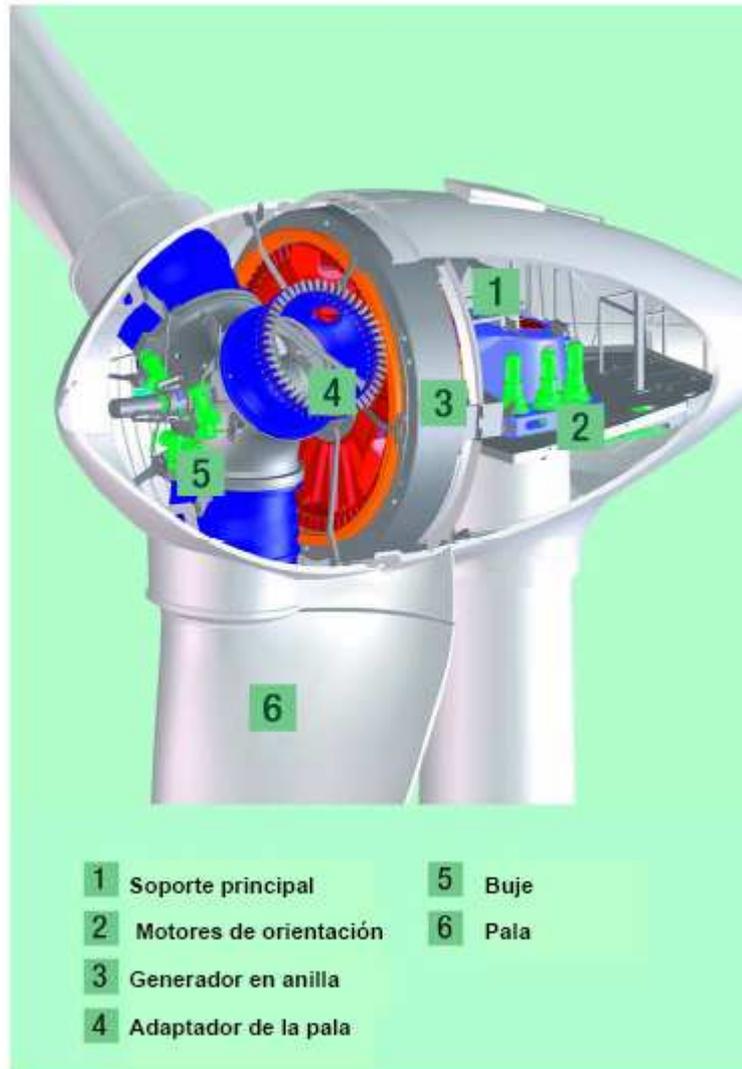
INDICE

1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AEROGENERADOR ENERCON E70 E4.....	3
2	TABLA TENSIÓN EN SERVICIO.....	8
3	CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE APOYOS.....	9
4	CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE AISLADORES Y HERRAJES.....	16
5	CARACTERISTICAS CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN	19
6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO.....	23
7	CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA AÉREA.....	25
8	PROTECCIÓN LÍNEA AÉREA: FUSIBLES CUTOUT... 	26
9	INTERRUPTOR – SECCIONADOR	28
10	CARACTERISTICAS DE LAS CELDAS	33
11	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	34

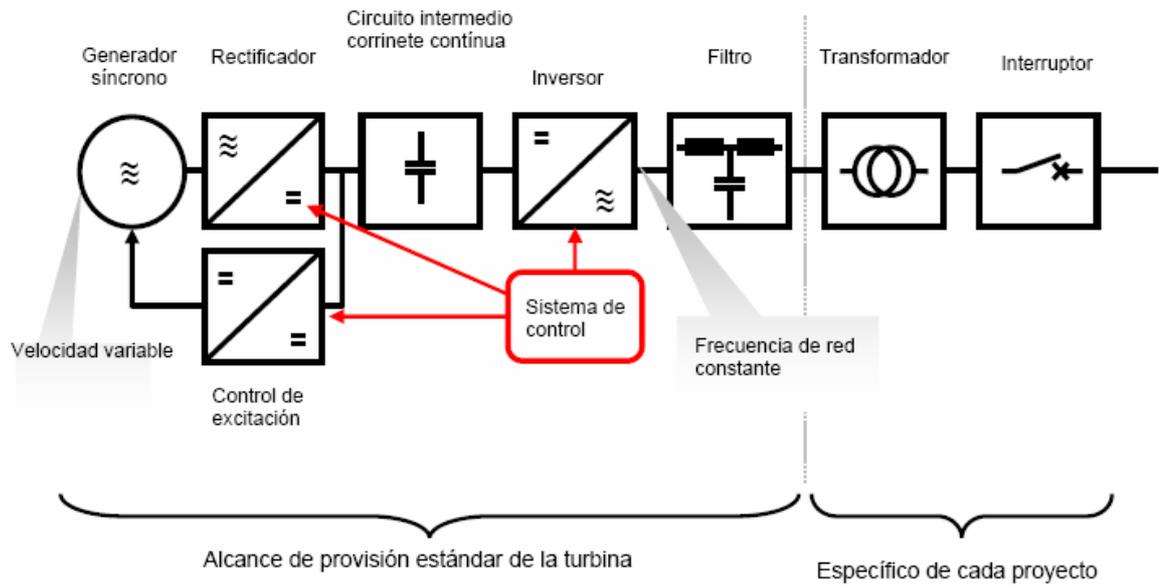
1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AEROGENERADOR ENERCON E70 E4

El E-70 E4 es un aerogenerador con rotor de tres palas, sistema activo de control de ángulo de paso y funcionamiento del generador a velocidad variable, con una potencia nominal de 2300 kW. Con un diámetro del rotor de 71 m, así como una altura de torre entre 64 y 113m, saca provecho de las condiciones predominantes de viento en el emplazamiento en concreto, para maximizar la producción de energía eléctrica.

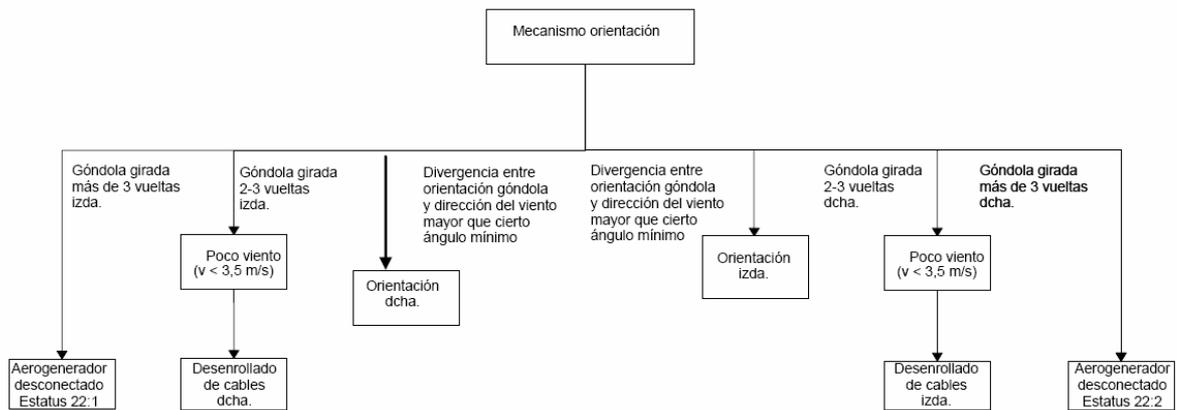




El sistema de conexión a red es el siguiente:



Esquema de los procedimientos de orientación de la góndola



Ficha técnica

Tipo de aerogenerador:	ENERCON E-70 E4
Potencia nominal:	2300 kW
Diámetro del rotor:	71 m
Altura de buje:	64 – 113 m (según tipo de torre y cimentación)
Concepto de aerogenerador:	Sin multiplicadora, velocidad variable, sistema de control del ángulo de paso (<i>Pitch</i>)
Pala con sistema de control del ángulo de paso	
Tipo:	Rotor a barlovento con control del ángulo de paso activo
Sentido de rotación:	Agujas del reloj
Número de palas:	3
Área barrida:	3.959 m ²
Composición de las palas:	Resina epoxy reforzada con fibra de vidrio y protección contra rayos integrada
Velocidad de rotación:	Variable, 6 - 21 rpm
Velocidad de punta:	22 - 80 m/s
Control del ángulo de paso (<i>Pitch</i>):	Un sistema independiente de control del ángulo de paso en cada una de las palas ENERCON con suministro de energía de emergencia
Generador con sistema de transmisión	
Buje:	Rígido
Cojinetes principales:	Un cojinete de rodillos cónicos y un cojinete de rodillos cónicos en dos filas
Generador:	Generador síncrono en anilla ENERCON con acoplamiento directo

Sistema de conexión a red:	Convertidor ENERCON
Sistema de frenado:	- tres sistemas de control del ángulo de paso autónomos con suministro de energía de emergencia - Freno mecánico de rotor - Bloqueo de rotor
Control de orientación:	Activo mediante motores de orientación, amortiguamiento en función de las cargas
Velocidad de arranque:	2,5 m/s
Velocidad nominal:	14 m/s
Velocidad de corte:	28-34 m/s (control de ráfagas de viento ENERCON)
Sistema de control remoto:	ENERCON SCADA

2 TABLA TENSIÓN EN SERVICIO

Tabla 1
Tensión nominal U_0/U , recomendada para los cables que se deben utilizar en redes trifásicas

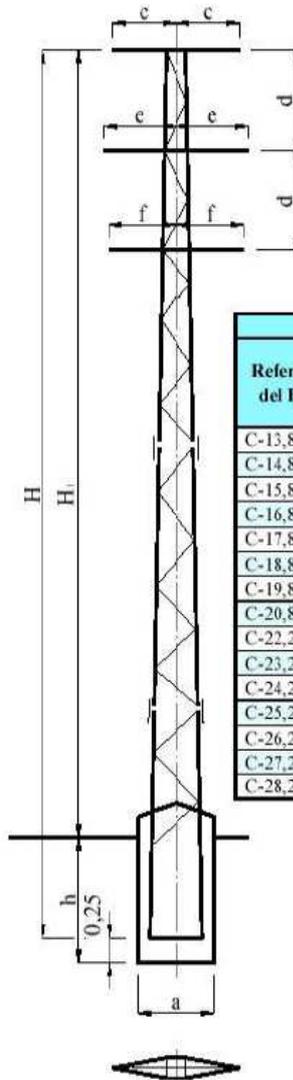
Red sistema trifásico			Cable	
Tensión nominal U kV	Tensión más elevada de la red U_m kV	Categoría de la red	Tensión nominal del cable U_0/U kV	Nivel de aislamiento a impulsos U_p kV
1	1,2	A - B - C	0,6/1	20
3	3,6	A - B	1,8/3	45
		C	3,6/6 ¹⁾	60
6	7,2	A - B			6/10	75
		C		
10	12	A - B	8,7/15	95
		C		
15	17,5	A - B	12/20	125
		C		
20	24	A - B	15/25 ³⁾	170
		C		
25	30	A - B	15/25 ³⁾	145
		C		
30	36	A - B	18/30	170
		C	26/45 ²⁾	250

- 1) En los cables de campo eléctrico no radial, la duración máxima admisible de funcionamiento con una fase a tierra es de 1 h.
- 2) Los cables de esta tensión nominal, no se consideran en la norma UNE 21-123/1.
- 3) En España está normalizado el cable 15/25 kV, lo que permite utilizar dicho cable en las redes de tensión nominal 20 kV categoría C, así como en las redes de tensión nominal 25 kV, categorías A y B.

3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE APOYOS.

Poste C – 9300 - D/C - 1,50

DOBLE CIRCUITO

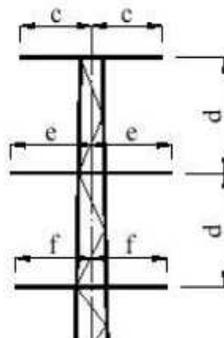


Referencia del Poste	H m	FUNDACIONES											
		K=6 Kg/m ³				K=8 Kg/m ³				K=12 Kg/m ³			
		H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³	H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³	H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³
C-13,82-9300	13,82	11,22	2,85	1,85	9,75	11,42	2,65	1,85	9,07	11,67	2,40	1,85	8,21
C-14,82-9300	14,82	12,22	2,85	1,92	10,51	12,37	2,70	1,92	9,95	12,62	2,45	1,92	9,03
C-15,83-9300	15,83	13,18	2,90	1,99	11,48	13,38	2,70	1,99	10,69	13,63	2,45	1,99	9,70
C-16,83-9300	16,83	14,18	2,90	2,06	12,31	14,38	2,70	2,06	11,46	14,63	2,45	2,06	10,40
C-17,83-9300	17,83	15,13	2,95	2,12	13,26	15,33	2,75	2,12	12,36	15,58	2,50	2,12	11,24
C-18,83-9300	18,83	16,13	2,95	2,19	14,15	16,33	2,75	2,19	13,19	16,58	2,50	2,19	11,99
C-19,83-9300	19,83	17,13	2,95	2,26	15,07	17,28	2,80	2,26	14,30	17,53	2,55	2,26	13,02
C-20,83-9300	20,83	18,08	3,00	2,33	16,29	18,28	2,80	2,33	15,20	18,53	2,55	2,33	13,84
C-22,27-9300	22,27	19,52	3,00	2,43	17,71	19,72	2,80	2,43	16,53	19,97	2,55	2,43	15,06
C-23,27-9300	23,27	20,52	3,00	2,50	18,75	20,72	2,80	2,50	17,50	20,97	2,55	2,50	15,94
C-24,27-9300	24,27	21,52	3,00	2,57	19,81	21,67	2,85	2,57	18,82	21,97	2,55	2,57	16,84
C-25,27-9300	25,27	22,47	3,05	2,64	21,26	22,67	2,85	2,64	19,86	22,92	2,60	2,64	18,12
C-26,27-9300	26,27	23,47	3,05	2,71	22,40	23,67	2,85	2,71	20,93	23,92	2,60	2,71	19,09
C-27,27-9300	27,27	24,47	3,05	2,78	23,57	24,67	2,85	2,78	22,03	24,92	2,60	2,78	20,09
C-28,27-9300	28,27	25,47	3,05	2,84	24,60	25,67	2,85	2,84	22,99	25,92	2,60	2,84	20,97



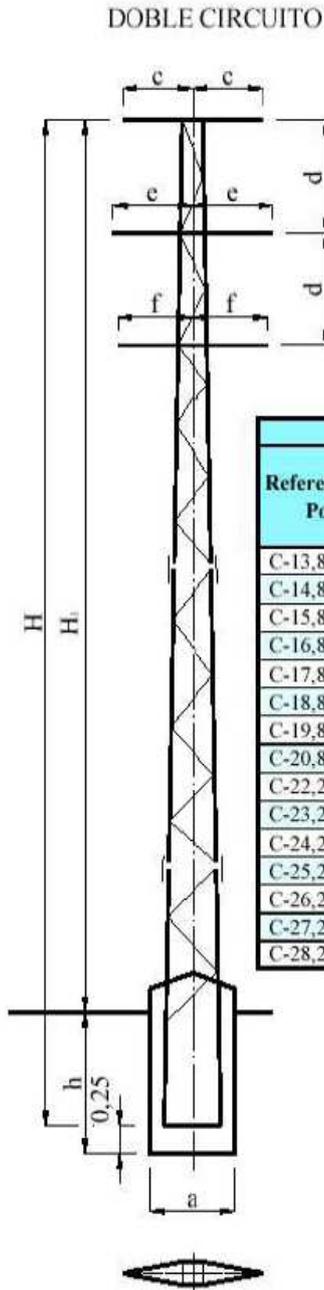
Poste C – 9300

DOBLE CIRCUITO



DIMENSIONES NORMALIZADAS DE CRUCETAS (m)					Cargas y Esfuerzos útiles por fase (Kg) Cs=1,50						
Tipo Montaje	d	c	e	f	CRUCETAS						
					NORMAL					RI	
Doble Circuito	1,50	1,19	1,33	1,24	V	200	400	600	800	883	1386
					F	1167	1159	1147	1135	1130	1098
	2,00	1,19	1,35	1,28	V	200	400	600	800	882	1384
					F	1191	1183	1175	1167	1164	1143
	2,50	1,25	1,40	1,30	V	200	400	600	800	859	1348
					F	1217	1208	1200	1192	1189	1169

Poste C – 11500 – D/C – 1,50

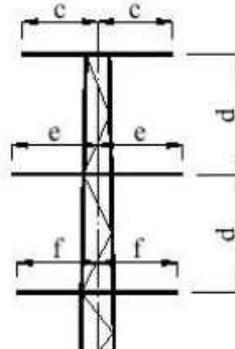


Referencia del Poste	H m	FUNDACIONES											
		K=6 Kg/m ³				K=8 Kg/m ³				K=12 Kg/m ³			
		H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³	H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³	H ₁ m	h m	a m	Exc. m ³
C-13,82-11500	13,82	11,07	3,00	1,85	10,27	11,27	2,80	1,85	9,58	11,52	2,55	1,85	8,73
C-14,82-11500	14,82	12,07	3,00	1,92	11,06	12,22	2,85	1,92	10,51	12,52	2,55	1,92	9,40
C-15,83-11500	15,83	13,03	3,05	1,99	12,08	13,23	2,85	1,99	11,29	13,48	2,60	1,99	10,30
C-16,83-11500	16,83	13,98	3,10	2,06	13,16	14,18	2,90	2,06	12,31	14,48	2,60	2,06	11,03
C-17,83-11500	17,83	14,98	3,10	2,12	13,93	15,18	2,90	2,12	13,03	15,43	2,65	2,12	11,91
C-18,83-11500	18,83	15,98	3,10	2,19	14,87	16,18	2,90	2,19	13,91	16,43	2,65	2,19	12,71
C-19,83-11500	19,83	16,93	3,15	2,26	16,09	17,13	2,95	2,26	15,07	17,43	2,65	2,26	13,54
C-20,83-11500	20,83	17,93	3,15	2,33	17,10	18,13	2,95	2,33	16,02	18,38	2,70	2,33	14,66
C-22,21-11500	22,21	19,31	3,15	2,43	18,60	19,51	2,95	2,43	17,42	19,76	2,70	2,43	15,94
C-23,21-11500	23,21	20,26	3,20	2,49	19,84	20,46	3,00	2,49	18,60	20,76	2,70	2,49	16,74
C-24,21-11500	24,21	21,26	3,20	2,56	20,97	21,46	3,00	2,56	19,66	21,76	2,70	2,56	17,69
C-25,21-11500	25,21	22,26	3,20	2,63	22,13	22,46	3,00	2,63	20,75	22,71	2,75	2,63	19,02
C-26,21-11500	26,21	23,26	3,20	2,70	23,33	23,46	3,00	2,70	21,87	23,71	2,75	2,70	20,05
C-27,21-11500	27,21	24,21	3,25	2,77	24,94	24,46	3,00	2,77	23,02	24,71	2,75	2,77	21,10
C-28,21-11500	28,21	25,21	3,25	2,84	26,21	25,41	3,05	2,84	24,60	25,71	2,75	2,84	22,18



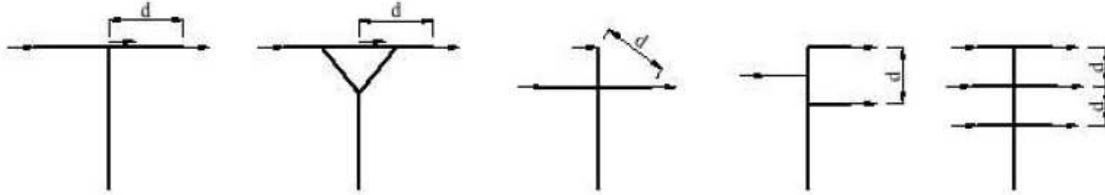
Poste C – 11500

DOBLE CIRCUITO



DIMENSIONES NORMALIZADAS DE CRUCETAS (m)					Cargas y Esfuerzos útiles por fase (Kg) Cs=1,50						
Tipo Montaje	d	c	e	f	CRUCETAS						
					NORMAL					RI	
Doble Circuito	1,50	1,45	1,65	1,53	V	200	400	550	700	738	1159
					F	1556	1545	1538	1530	1528	1506
	2,00	1,45	1,65	1,55	V	200	400	550	700	738	1159
					F	1553	1542	1535	1527	1525	1503
	2,50	1,45	1,65	1,58	V	200	400	550	700	738	1159
					F	1551	1540	1533	1525	1523	1501

Desequilibrio

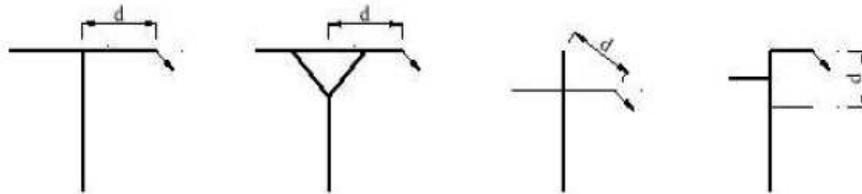


Esfuerzo Horizontal for fase (Kg)																		
Coeficiente de seguridad =1,50 sin viento																		
	Montaje 0 d (m)				Bóveda d (m)		Montaje 1 d (m)				Tresbolillo d (m)				Doble circuito d (m)			
	1,10	1,30	1,50	1,75	1,65	2,00	1,33	1,50	1,68	1,90	1,30	1,50	2,00	2,50	1,25	1,50	2,00	2,50
C - 600	245	245	245	245	241	241	259	259	259	259	256	259	265	270	135	137	143	149
C - 840	320	320	320	320	316	316	339	339	339	339	337	341	351	362	181	186	193	201
C - 1000	368	368	368	368	381	381	391	391	391	391	390	395	407	419	210	216	226	235
C - 1200	473	473	473	473	488	488	500	500	500	500	504	513	522	526	265	265	275	285
C - 1400	494	494	494	494	521	521	547	547	547	547	550	562	585	597	297	304	318	331
C - 1800	633	633	633	633	668	668	698	698	698	698	706	719	736	749	373	380	394	410
C - 2250	778	778	778	778	862	862	857	857	857	857	863	869	884	900	448	456	473	491
C - 2800	959	959	959	959	1070	1070	1058	1058	1058	1058	1076	1097	1148	1184	591	610	644	661
C - 3600	1336	1336	1336	1336	1410	1410	1403	1403	1403	1403	1418	1432	1446	1466	721	727	742	757
C - 4500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1535	1612	1668	832	850	888	930
C - 5350	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1836	1928	1957	976	994	1031	1070
C - 7000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1208	1283	1330	.....
C - 9300	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1671	1671	1671	.....
C - 11500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1991	1991	1991	.....

Estos esfuerzos están combinados con una carga vertical de 200 Kg por fase.



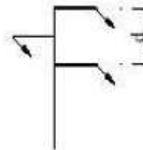
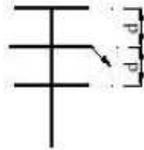
Esfuerzos excéntricos



Esfuerzo longitudinal en el extremo de la cruceta más desfavorable (Kg)														
Coeficiente de seguridad = 1,20 sin viento ⁽¹⁾														
	Montaje 0				Bóveda		Montaje I				Tresbolillo			
	d (m)				d (m)		d (m)				d (m)			
	1,10	1,30	1,50	1,75	1,65	2,00	1,33	1,50	1,68	1,90	1,30	1,50	2,00	2,50
C - 600	561	475	411	353	435	359	597	529	473	418	575	585	561	628
C - 840	561	475	411	353	555	458	597	529	473	418	575	585	561	628
C - 1000	772	653	566	485	560	462	753	668	596	527	746	642	663	777
C - 1200	772	653	566	485	560	462	753	668	596	527	746	642	663	777
C - 1400	810	685	594	509	923	761	798	708	632	559	800	790	990	845
C - 1800	810	685	594	509	923	761	798	708	632	559	800	790	990	845
C - 2250	1470	1244	1078	924	1545	1275	1482	1314	1173	1037	1470	1450	1450	1494
C - 2800	1470	1244	1078	924	1545	1275	1482	1314	1173	1037	1470	1450	1450	1494
C - 3600	1470	1244	1078	924	1583	1306	1505	1334	1191	1054	-----	1460	1894	1625
C - 4500	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1968	2550	2370
C - 5350	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2360	2635	2670
C - 7000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C - 9300	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C - 11500	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(1) La distribución de las diagonales, no es la misma ni para todos los postes ni para todos los montajes, de ahí la diferencia de esfuerzos a torsión que existen entre unos montajes y otros, aún dentro del mismo poste.

Esfuerzos excéntricos



	Esfuerzo longitudinal en el extremo de la cruceta más desfavorable (Kg). Coeficiente de seguridad=1,2 sin viento ⁽¹⁾				Esfuerzo máximo longitudinal por fase con torsión (Kg). Coeficiente de seguridad=1,50 y viento sobre el poste FIN DE LINEA ⁽²⁾			
	Doble circuito d (m)				Tresbolillo d (m)			
	1,25	1,50	2,00	2,50	1,30	1,50	2,00	2,50
C - 600	620	469	539	557	204	206	209	213
C - 840	620	469	539	557	284	285	288	291
C - 1000	770	642	614	675	346	348	354	359
C - 1200	770	642	614	675	424	422	373	439
C - 1400	843	653	767	745	507	511	520	530
C - 1800	843	653	767	745	556	565	584	643
C - 2250	1473	1275	1165	1283	766	769	758	783
C - 2800	1473	1275	1165	1283	790	788	785	822
C - 3600	1600	1305	1490	1440	-----	1058	1021	985
C - 4500	2340	1956	1970	2020	-----	1500	1512	1467
C - 5350	2610	2260	2549	2580	-----	1716	1516	1551
C - 7000	-----	2260	2549	2580	-----	-----	-----	-----
C - 9300	-----	3045	3230	2560	-----	-----	-----	-----
C - 11500	-----	3045	3230	2560	-----	-----	-----	-----

- (1) Estos esfuerzos son constantes para cualquier carga vertical, siempre y cuando la pueda soportar la cruceta correspondiente.
- (2) La suma algebraica del esfuerzo longitudinal más el transversal, no debe ser superior al indicado en el cuadro correspondiente a cada poste según su carga vertical.



4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE AISLADORES Y HERRAJES

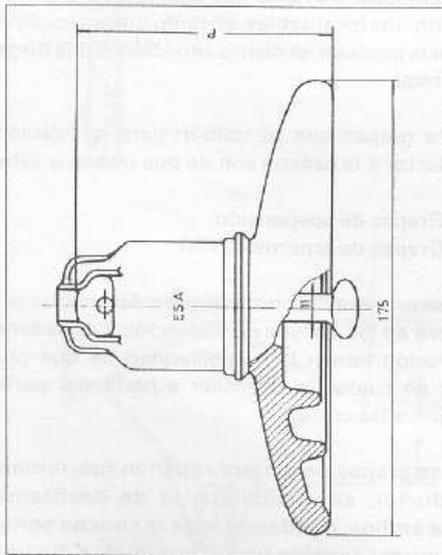
E 40/100

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DE LAS CADENAS

KV.

Nº	A	B	C	D	E	F
1	55	36	50	32	74	80
2	102	62	92	54	140	150
3	145	85	130	78	200	215
4	185	115	165	102	260	280
5	225	135	202	122	320	345
6	265	160	240	140	375	410

A : Tensión de contorno en seco.
 B : Tensión de contorno bajo lluvia.
 C : Tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
 D : Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia.
 E : 50 % Bajo onda (+) de choque 1,2/50.
 F : 50 % Bajo onda (-) de choque 1,2/50.



AISLADOR MODELO E 40

Material : Vidrio templado
 Clase U 40 BS (CEI 305)

Paso P..... 100 mm.
 Tensión de perforación en aceite..... 110 kV.
 Línea de fuga..... 185 mm.
 Carga de rotura electromecánica..... 40 KN
 Peso neto aproximado..... 1,650 kg.

Las características del aislador y las dimensiones de sus herrajes están de acuerdo con las Normas UNE 21-124-83 y 21-009-80 y con las Publicaciones CEI 305 y 120, Norma 11.

Los ensayos, según la especificación UNE 21-114-74 y Publicación CEI-383

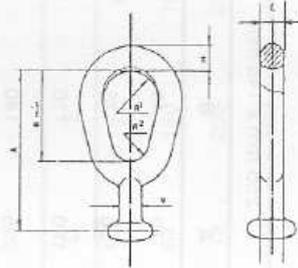


Fig. 1

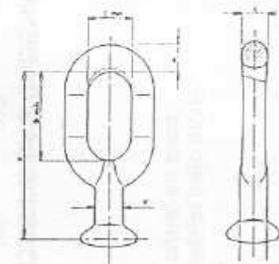


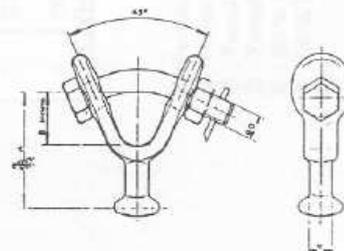
Fig. 2

ANILLA BOLA

Número catálogo Catalog number	Fig.	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.							Denom. UNESA	Acoplamiento de rotula normalizado Standard insulator coupling	Carga de rotura Ultimate strength	Peso aproxim. Aproxim. weight
		A	B	C	E	H	R ¹	R ²					V	kg.	kg.
N-242051	1	75	42	—	12	12	13	9	AB 11	C.E.I. 11 mm.	5.500	0,20
N-242020	2	93	50	26	16,5	16,5	—	—	AB 16	C.E.I. 16 mm.	13.500	0,38

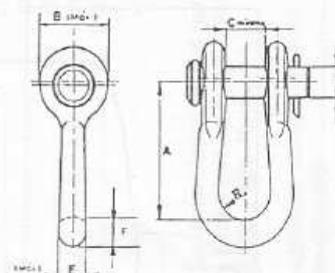
HORQUILLA BOLA EN "V"

Denom. UNESA	Número Number	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.				Vástago Rod	Normas Standard	Peso aproxim. Aproxim. weight	Carga de rotura Ultimate strength
		A	B	D	V					kg.	kg.
HB-11	N-247017	64	32	M-12	11,8	11	C.E.I.	0,350	5.500
HB-16	N-247014/16	78	38	M-16	17	16	C.E.I.	0,760	10.000
—	N-247014	78	38	M-18	17	16	C.E.I.	0,830	13.500



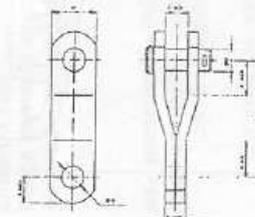
GRILLETE RECTO

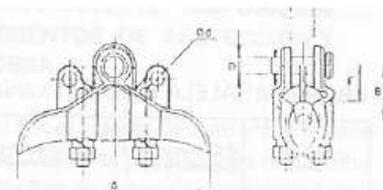
Denom. UNESA	Número Number	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.							Peso aproxim. Aproxim. weight	Carga de rotura Ultimate strength
		A	B	C	D	E	F	R			kg.	kg.
GN	* N-241020	65	36	19	16	15	15	13	0,350	9.000
	* N-241020/22	65	36	22	16	15	15	13	0,350	9.000
	* N-241030	70	40	19	16	18	20	13	0,475	14.000
	* N-241030/22	70	40	22	16	18	20	13	0,475	14.000
	N-241031	80	45	22	18	20	22	15	0,705	18.000
	N-241031/28	80	45	28	M-18	20	22	15	0,700	18.000
	V15434	90	48	28	M-22	24	24	17	1,220	24.000
	N-241037	105	58	28	M-24	26	27	17	1,700	33.000
	241040	100	55	28	M-23	26	—	—	2,220	36.000



ALARGADERA PARA GRAPAS TIPO "GA" Y "D"

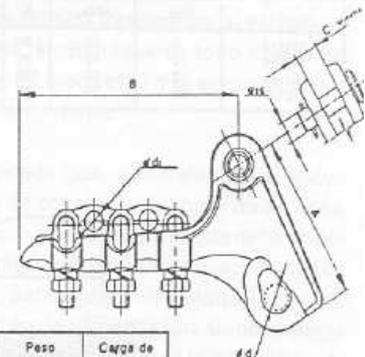
Número Number	Para grape tipo	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.								Peso aproxim. Aproxim. weight	Carga de rotura Ultimate strength	
		A	B	C	D	d	E	F	G			H	kg.	kg.
244120	(GA)	85	28	18	16	17,5	17	25	21,5	35	0,570	9.000
244119/1	(D-84)	95	50	22	16	13,5	13	25	17,7	40	0,525	3.500
244119/2	(D-94)	95	50	22	16	13,5	13	25	21,7	40	0,550	6.000
244119/3	(D-116)	95	50	22	16	13,5	13	25	21,7	40	0,550	6.000
244119/3	(D-147)	95	50	22	16	17,5	12	25	21,7	40	0,550	6.000





GRAPAS DE SUSPENSION TIPO "GS"

Tipo de grapa Clamp type	Número Number	Ø Conductor Conductor		Dimensiones en mm. Dimensions in mm.						Estribos U-bolts		Peso aproxim. Aproxim. weight kg.	Carga de rotura Ultimate strength kg.
		Mín.	Máx.	A	B	C	Ø d	Ø d1	F Mín.	Per de apriete kg. m.	Ø Rosca		
GS-1	S11612 *	5	12	149	41	18	16	13	25	2,5	M-10	0,500	1.800
GS-2	S11618 *	9	18	190	46	18	16	13	25	4	M-12	0,825	4.000
GS-3	S11626 *	16	26	214	52	27	16	15	25	5	M-12	1,130	6.700

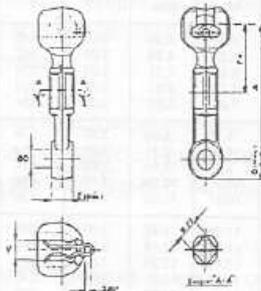


GRAPAS DE AMARRE TIPO "GA"

Denom. Code UNESA	Número Number	Ø Conductor (mm.) Conductor (mm.)		Dimensiones en mm. Dimensions in mm.					Per de apriete Torque kg. m.	Estribos U-bolts Rosca N.*	N.* de agujeros zapata	Peso aproxim. Aproxim. weight kg.	Carga de rotura Ultimate strength kg.	
		Mín.	Máx.	A	B	C	Ø d	Ø d1						
GA-1	244205	4	10	80	98	18	16	13	2,5	M-10	2	1	0,430	2.500
GA-1/1	244206	5	11,5	125	118	18	16	13	3,5	M-12	2	1	0,650	3.500
GA-2	244207	9,4	16	135	181	18	22	15	5	M-12	3	2	1,120	5.500
GA-3	244208	14	20	165	252	21	22	15	5	M-12	4	2	1,820	8.000

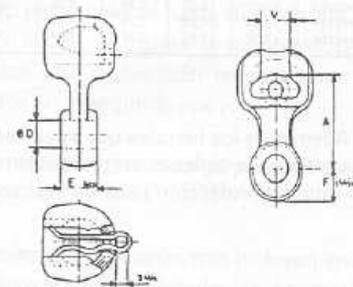
ROTULA LARGA PARA PROTECCION

Denom. Code UNESA	Número Number	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.					Vástago Rod "v"	Norma Standard	Peso aproxim. Aproxim. weight kg.	Carga de rotura Ultimate strength kg.
		A	Ø D	E	F	G				
R-11-P	N-243189	125	17,5	16,3	71	—	11	C.E.I.	0,460	5.500
—	N-243189/12	125	17,5	12,3	71	—	11	C.E.I.	0,440	5.500
R-16-P	N-243180	140	17,5	16,5	71	—	16	C.E.I.	0,640	9.000
—	N-243180/12	140	17,5	12,5	71	—	16	C.E.I.	0,615	9.000
—	N-243181/16	140	17,5	16,5	71	22,5	16	C.E.I.	0,860	13.500



ROTULA CORTA

Denom. Code UNESA	Número Number	Dimensiones en mm. Dimensions in mm.				Vástago Rod	Norma Standard	Peso aproxim. Aproxim. weight kg.	Carga de rotura Ultimate strength kg.
		A	Ø D	E	F				
R-11	N-243152	48	17,5	16,3	16,5	11	C.E.I.	0,240	5.500
—	N-243152/12	48	17,5	12,3	16,5	11	C.E.I.	0,220	5.500
R-16	N-243061	58	17,5	16,5	19,3	16	C.E.I.	0,300	9.000
—	N-243061/12	58	17,5	12,6	16,3	16	C.E.I.	0,335	9.000
—	N-243062/16	64	17,5	16,5	22,5	16	C.E.I.	0,585	13.500
—	N-243062/20	64	17,5	20,5	22,5	16	C.E.I.	0,620	13.500
R-16-A	N-243062/24	64	17,5	24,5	22,5	16	C.E.I.	0,650	13.500



5 CARACTERÍSTICAS CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN

Cables para edificación e industria	BAJA TENSIÓN
	1000 V

RETENAX FLEX IrisTech RV-K 0,6/1 kV



UNE 21123/2

CARACTERÍSTICAS CABLE



- Norma constructiva: UNE 21123-2.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25°C. +90°C.
- Tensión nominal de servicio: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3.500 V.

- Ensayos de fuego:
- No propagación de la llama: UNE EN 50265-2-1 ; IEC 60332-1 ; NFC 32070-C2.
 - No propagación del incendio: IEEE 383.
 - Reducida emisión de halógenos: UNE EN 50267-2-1 ; IEC 60754-1 ; Emisión CH < 14%

DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR:

- Metal:**
- Cobre electrolítico.
- Flexibilidad:**
- Clase 5, según UNE 21022.
- Temperatura máxima en el conductor:**
- 90°C en servicio continuo, 250°C en cortocircuito; según la norma UNE 21123-2.

AISLAMIENTO:

- Aislado con polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 sHD 603-1

CUBIERTA:

- De PVC tipo DMV-18 sHD 603-1 de color negro, con franja en color.



APLICACIONES

Para redes de distribución, acometidas, instalaciones de alumbrado público e instalaciones industriales al aire o enterradas, en las que se requiere una mayor facilidad de manipulación, manteniendo al mismo tiempo unas prestaciones elevadas frente a sobrecargas y cortocircuitos.



Cables para edificación e industria

BAJA TENSIÓN

1000 V

RETENAX FLEX IrisTech RV-K 0,6/1 kV



UNE 21123/2

CABLES DISPONIBLES EN STOCK

SECCIONES DISPONIBLES EN STOCK

NE	AZ-MA	MA-AZ-AV	AZ(neutro) NE-MA-GR(fases)	NE-MA-GR-AV	NE-MA-GR-AZ-AV
1 x 2,5	2 x 1,5	3 G 1,5	3,5 x 10	4 G 1,5	5 G 1,5
1 x 4	2 x 2,5	3 G 2,5	3,5 x 16	4 G 2,5	5 G 2,5
1 x 6	2 x 4	3 G 4	3,5 x 25	4 G 4	5 G 4
1 x 10	2 x 6	3 G 6	3,5 x 35	4 G 6	5 G 6
1 x 16	2 x 10	3 G 10	3,5 x 50	4 G 10	5 G 10
1 x 25	2 x 16	3 G 16	3,5 x 70	4 G 16	5 G 16
1 x 35	-	-	3,5 x 95	-	5 G 25
1 x 50	-	-	3,5 x 120	-	5 G 35
1 x 70	-	-	3,5 x 150	-	-
1 x 95	-	-	3,5 x 240	-	-
1 x 120	-	-	-	-	-
1 x 150	-	-	-	-	-
1 x 185	-	-	-	-	-
1 x 240	-	-	-	-	-
1 x 300	-	-	-	-	-

Código de colores: AV-Amarillo-Verde BL-Blanco MA-Marrón RO-Rojo AZ-Azul GR-Gris NE-Negro VE-Verde

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares		Un cable unipolar	
	cos φ = 1	cos φ = 0,8	cos φ = 1	cos φ = 0,8
1,5	26,00	21,36	28,94	21,27
2,5	15,92	12,88	16,23	13,10
4	9,96	8,10	10,16	8,23
6	6,74	5,51	6,87	5,59
10	4,00	3,31	4,06	3,34
16	2,51	2,12	2,58	2,13
25	1,59	1,37	1,62	1,38
35	1,16	1,01	1,17	1,01
50	0,85	0,77	0,86	0,77
70	0,59	0,56	0,60	0,56
95	0,42	0,43	0,43	0,42
120	0,34	0,36	0,34	0,35
150	0,27	0,31	0,28	0,30
185	0,22	0,26	0,22	0,26
240	0,17	0,22	0,17	0,21
300	0,14	0,19	0,14	0,18
400	0,11	0,17	0,11	0,16

Para determinar la caída de tensión, en V, se multiplicará el coeficiente de la tabla por la corriente que recorre el cable, en A, y por la longitud de la línea en Km. Los valores de la tabla se refieren a c.a. trifásica; para corriente monofásica pueden tomarse los mismos valores resultantes, multiplicados por 1,15.



pag. 2

Cables para edificación e industria

BAJA TENSIÓN

1000 V

RETENAX FLEX IrisTech RV-K 0,6/1 kV



UNE 21123/2

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

DIMENSIONES

Sección nominal mm ²	Espesor nominal aislante mm	Diámetro exterior aproximado mm	Peso total aproximado Kg/Km	Resistencia óhmica de 20°C del conductor Ohm/Km
1 x 1.5	0.7	5.7	42	13.3
1 x 2.5	0.7	6.2	54	7.98
1 x 4	0.7	6.6	70	4.95
1 x 6	0.7	7.2	91	3.3
1 x 10	0.7	8.3	135	1.91
1 x 16	0.7	9.4	191	1.21
1 x 25	0.9	11	280	0.78
1 x 35	0.9	12.5	389	0.554
1 x 50	1	14.2	537	0.386
1 x 70	1.1	16.8	726	0.272
1 x 95	1.1	17.9	958	0.206
1 x 120	1.2	18.9	1170	0.161
1 x 150	1.4	21.2	1460	0.129
1 x 185	1.6	23.8	1830	0.106
1 x 240	1.7	26.7	2310	0.0801
1 x 300	1.8	29.3	3100	0.0641
-	-	-	-	-
2 x 1.5	0.7	8.7	95	13.3
2 x 2.5	0.7	9.6	125	7.98
2 x 4	0.7	10.5	165	4.95
2 x 6	0.7	11.7	215	3.3
2 x 10	0.7	13.9	330	1.91
2 x 16	0.7	16.9	503	1.21
2 x 25	0.9	20.6	775	0.78
2 x 35	0.9	23.6	1080	0.554
2 x 50	1	27	1470	0.386
-	-	-	-	-
3 x 1.5	0.7	9.2	110	13.3
3 x 2.5	0.7	10.1	150	7.98
3 x 4	0.7	11.1	200	4.95
3 x 6	0.7	12.3	270	3.3
3 x 10	0.7	14.7	415	1.91
3 x 16	0.7	18	639	1.21
3 x 25	0.9	21.4	946	0.78
3 x 35	0.9	25.1	1355	0.554
3 x 50	1	28.8	1900	0.386
3 x 70	1.1	32.3	2550	0.272
3 x 95	1.1	35.9	3290	0.206
3 x 120	1.2	39.2	4060	0.161
3 x 150	1.4	44.2	5070	0.129
3 x 185	1.6	50.3	6400	0.106
3 x 240	1.7	56.7	8200	0.0801
3 x 300	1.8	62.2	10450	0.0641



pag. 3

Cables para edificación e industria

BAJA TENSIÓN

1000 V

RETENAX FLEX IrisTech RV-K 0,6/1 kV



UNE 21123/2

Sección nominal mm ²	Espesor nominal aislante mm	Diámetro exterior aproximado mm	Peso total aproximado Kg/Km	Resistencia óhmica de 20°C del conductor Ohm/Km
3 x 25/16	0.9/0.7	23	1100	0.780/1.21
3 x 35/18	0.9/0.7	25.7	1440	0.554/1.21
3 x 50/25	1.0/0.9	30.3	2120	0.386/0.780
3 x 70/35	1.1/0.9	34	2860	0.272/0.554
3 x 95/50	1.1/1.0	38.2	3710	0.206/0.386
3 x 120/70	1.2/1.1	41.9	4730	0.161/0.272
3 x 150/70	1.4/1.1	46.9	5750	0.129/0.272
3 x 185/95	1.6/1.1	52.7	7490	0.106/0.206
3 x 240/120	1.7/1.2	59.3	9100	0.0801/0.161
3 x 300/150	1.8/1.4	64.8	11860	0.0641/0.129
-	-	-	-	-
4 x 1.5	0.7	9.9	135	13.3
4 x 2.5	0.7	11	180	7.98
4 x 4	0.7	12.1	245	4.95
4 x 6	0.7	13.5	330	3.3
4 x 10	0.7	16.2	520	1.91
4 x 16	0.7	19.9	796	1.21
4 x 25	0.9	24	1240	0.78
4 x 35	0.9	27.7	1700	0.554
4 x 50	1	32.2	2430	0.386
4 x 70	1.1	35.8	3260	0.272
4 x 95	1.1	39.8	4210	0.206
-	-	-	-	-
5 x 1.5	0.7	10.8	160	13.3
5 x 2.5	0.7	12	215	7.98
5 x 4	0.7	13.2	300	4.95
5 x 6	0.7	14.8	400	3.3
5 x 10	0.7	17.7	630	1.91
5 x 16	0.7	21.6	976	1.21
5 x 25	0.9	26.2	1460	0.78
5 x 35	0.9	30.6	2070	0.55

También disponible en rollos de color blanco: 2x1,5 - 2x2,5 - 3G2,5 - 4G1,5 - 4G2,5 y rollos de color negro: 1x6 - 1x10 - 1 x 16 - 1x25 - 2x1,5 - 2x4 - 2x6 - 3G1,5 - 3G4 - 3G6 - 3G10 - 4G1,5 - 4G2,5 - 4G4 - 4G6 - 5G1,5 - 5G2,5 - 5G4

FRANJAS DE COLORES IRISTECH DE LA CUBIERTA

COLOR DE LAS FRANJAS LONGITUDINALES

Sección	Color
1,5	Rojo
2,5	Azul
4	Marrón
6	Gris
10	Naranja
16	Azul claro
25	Amarillo
35	Verde
>35	Amarillo claro



6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO

Tabla IX (continuación)

Carga máxima admisible, en servicio permanente, para cables con conductores de aluminio aislados con polietileno reticulado.

Sección nominal mm ²	Tensión nominal en kV							
	1,8/3 ÷ 18/30		1,8/3 ÷ 3,6/6		6/10 ÷ 18/30		26/45 y 36/66	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
conductores de aluminio:								
18	82	75	97	90	95	91	-	-
25	110	100	125	115	120	110	-	-
35	135	125	150	140	145	135	-	-
50	160	150	180	165	170	160	-	-
70	200	185	220	205	210	195	215	195
95	245	225	260	240	250	230	260	230
120	285	255	295	275	280	265	300	260
150	320	290	330	310	315	300	335	300
185	370	330	375	350	355	325	385	335
240	435	385	430	405	415	385	455	385
300	500	445	485	460	465	435	520	435
400	580	505	550	520	530	490	600	500
500	660	-	615	-	590	-	700	570
630	760	-	690	-	660	-	815	650

- (1) tres cables unipolares agrupados, instalados al aire.
- (2) un cable trifásico, instalado al aire.
- (3) tres cables unipolares agrupados, enterrados a 70 cm.
- (4) un cable trifásico, enterrado a 70 cm. de profundidad.
- (5) tres cables unipolares agrupados, enterrados a 1 m.
- (6) un cable trifásico, enterrado a 1 m. de profundidad.
- (7) tres cables unipolares agrupados, instalados al aire.
- (8) tres cables unipolares agrupados, enterrados a 1,2 m.

Tabla VII
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz.

Sección nominal mm ²	Cables unipolares		Cables tripolares	
	Resistencia máxima en c.a. y a 90 ° C en Ω/km.			
	Cu	Al	Cu	Al
10	2,310	-	2,346	-
16	1,455	2,392	1,479	2,431
25	0,918	1,513	0,936	1,542
35	0,663	1,093	0,675	1,112
50	0,490	0,800	0,499	0,822
70	0,339	0,558	0,345	0,568
95	0,245	0,403	0,249	0,410
120	0,195	0,321	0,197	0,324
150	0,159	0,262	0,161	0,265
185	0,127	0,209	0,129	0,212
240	0,098	0,161	0,099	0,163
300	0,078	0,128	-	-
400	0,062	0,102	-	-
500	0,051	0,084	-	-

Tabla VIII
Reactancia a la frecuencia de 50 Hz.

Tres cables unipolares en contacto mutuo

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km. por fase Tensión nominal del cable								
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV	26/45 kV	36/66 kV
10	0,136	0,141	-	-	-	-	-	-	-
16	0,126	0,130	0,143	-	-	-	-	-	-
25	0,117	0,121	0,134	0,141	-	-	-	-	-
35	0,111	0,115	0,128	0,135	0,140	-	-	-	-
50	0,106	0,109	0,122	0,128	0,133	0,139	0,144	-	-
70	0,100	0,103	0,115	0,120	0,125	0,131	0,136	0,140	-
95	0,095	0,098	0,110	0,115	0,120	0,126	0,130	0,133	-
120	0,092	0,095	0,106	0,111	0,115	0,121	0,125	0,128	-
150	0,090	0,092	0,102	0,108	0,112	0,117	0,121	0,124	0,138
185	0,088	0,091	0,100	0,104	0,108	0,113	0,117	0,120	0,134
240	0,085	0,088	0,097	0,101	0,105	0,109	0,113	0,115	0,125
300	0,083	0,087	0,093	0,097	0,101	0,105	0,109	0,112	0,122
400	0,081	0,085	0,091	0,095	0,098	0,102	0,106	0,108	0,118
500	0,080	0,084	0,089	0,092	0,095	0,099	0,102	0,104	0,113

7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA AÉREA.

HERSATENE W.B. RHZ1

ENERGÍA 12/20 kV 18/30 kV
ENERGÍA

CABLES DE M.T. NORMA GRUPO ENDESA. CABOS DE M.T. NORMA GRUPO ENDESA

NORMAS / NORMAS:

Norma Grupo Endesa DND001 y/o SND013
Emission de halógenos / Emissão de halogéneos UNE-EN 50267-2-1.

CONSTRUCCIÓN:

- 1.- CONDUCTOR:
Aluminio clase 2.
- TRIPLE EXTRUSIÓN.
- 2.- SEMICONDUCTOR INTERIOR:
Compuesto semiconductor reticulado.
- 3.- AISLAMIENTO:
Poliétileno reticulado (XLPE).
- 4.- SEMICONDUCTOR EXTERIOR:
Compuesto semiconductor reticulado.
- 5.- PANTALLA:
Hilos de cobre. Obturación longitudinal.
- 6.- CUBIERTA:
Polioléfina (Z1).



CONSTITUÇÃO:

- 1.- CONDUCTOR:
Alumínio classe 2.
- TRÍPLA EXTRUSÃO.
- 2.- SEMICONDUCTOR INTERIOR:
Composto semiconductor reticulado.
- 3.- ISOLAMENTO:
Poliétileno reticulado (XLPE).
- 4.- SEMICONDUCTOR EXTERIOR:
Composto semiconductor reticulado.
- 5.- BLINDAGEM:
Fios de Cobre. Bloqueada longitudinalmente.
- 6.- BAINHA EXTERIOR:
Polioléfina (Z1).

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Cables para distribución de energía para instalaciones de media tensión al aire, entubados, enterrados.
Cubierta resistente a la abrasión y al desgaste. Mayor facilidad de deslizamiento.
Proceso de reticulación: Las tres capas extrudidas (semiconductores e aislamiento) se aplican simultáneamente en cabeza triple. El tubo se mantiene bajo presión controlada de gas inerte (N₂), para prevenir la formación de vacuolas. El perfil de temperaturas del tubo se controla cuidadosamente para asegurar el correcto grado de reticulación en el núcleo del cable.
Cable zero halógenos.

APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

Cabos para distribuição de energia para instalações de média tensão ao ar, entubados ou enterrados.
Bainha exterior resistente à abrasão e à rotura. Maior facilidade de deslizamento.
Processo de reticulação: As três camadas extrudidas (semicondutores e isolamento) são aplicadas simultaneamente em cabeça de extrusão tripla. O tubo mantém-se sob pressão controlada de gás inerte (N₂), para prevenir a formação de vacuolas. O perfil de temperaturas do tubo é cuidadosamente controlado para assegurar o correcto grau de reticulação no núcleo do cabo.
Cabo zero halógenos.

HERSATENE W.B. RHZ1

ENERGÍA 12/20 kV
ENERGÍA

ALUMINIO (PANTALLA H16) ALUMÍNIO (BLINDAGEM H16)

CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO SOBRE CUBIERTA	DIÁMETRO SOBRE AISLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	REACTANZA XL TRESBOLLO	CAPACIDAD C	RADIO DE CURVATURA	
								DURANTE INSTALACIÓN	POSICIÓN FINAL
CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO SOBRE CONDUCTOR	DIÁMETRO SOBRE ISOLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	REACTANZA XL EM TIEBIO	CAPACIDADE C	RADIO DE CURVATURA DURANTE INSTALACIÓN	RADIO DE CURVATURA APOS INSTALACIÓN
	mm'	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	µF/km	mm	mm
1282114	50	7,8	19,8	25,2	735	0,140	0,161	790	395
1282115	70	9,4	21,4	27,7	830	0,130	0,180	835	420
1282116	95	11,1	23,1	29,5	945	0,122	0,202	885	445
1282117	120	12,8	24,8	31,1	1055	0,118	0,222	935	470
1282118	150'	13,9	25,9	32,3	1155	0,114	0,236	970	485
1282119	185	15,5	27,5	33,9	1300	0,109	0,256	1020	510
1282120	240'	18,0	30,0	37,4	1585	0,106	0,286	1125	565
1282121	300	20,2	32,2	39,6	1790	0,102	0,312	1200	610
1282122	400'	22,9	35,5	42,9	2140	0,099	0,352	1290	645
1240123	500	26,2	38,8	47,2	2600	0,097	0,392	1420	710
1240124	630	30,7	43,2	51,6	3120	0,092	0,445	1550	775
1240125	800	35,4	48,0	56,3	3785	0,089	0,501	1690	845
1240126	1000	40,7	53,2	61,9	4710	0,086	0,564	1860	930

HERSATENE W.B. RHZ1

ENERGÍA 18/30 kV
ENERGÍA

ALUMINIO (PANTALLA H16) ALUMÍNIO (BLINDAGEM H16)

CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO SOBRE CUBIERTA	DIÁMETRO SOBRE AISLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	REACTANZA XL TRESBOLLO	CAPACIDAD C	RADIO DE CURVATURA	
								DURANTE INSTALACIÓN	POSICIÓN FINAL
CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO SOBRE CONDUCTOR	DIÁMETRO SOBRE ISOLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO	PESO TOTAL APROXIMADO	REACTANZA XL EM TIEBIO	CAPACIDADE C	RADIO DE CURVATURA DURANTE INSTALACIÓN	RADIO DE CURVATURA APOS INSTALACIÓN
	mm'	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	µF/km	mm	mm
1284114	50	7,8	24,8	31,2	960	0,151	0,134	936	470
1284115	70	9,4	26,4	32,7	1055	0,141	0,140	985	495
1284116	95	11,1	28,1	34,5	1180	0,132	0,155	1035	520
1284117	120	12,8	29,8	36,1	1305	0,127	0,169	1085	545
1284118	150'	13,9	30,9	37,3	1415	0,123	0,179	1120	560
1284119	185	15,5	32,5	38,9	1570	0,118	0,193	1170	585
1284120	240'	18,0	35,0	42,4	1880	0,114	0,214	1275	640
1284121	300	20,2	37,8	45,2	2150	0,111	0,237	1360	680
1284122	400'	22,9	40,5	47,9	2480	0,106	0,260	1440	720
1260123	500	26,2	43,8	52,2	2965	0,103	0,287	1570	785
1260124	630	30,7	48,2	56,6	3560	0,098	0,324	1700	850
1260125	800	35,4	53,0	61,3	4225	0,094	0,363	1840	920
1260126	1000	40,7	58,2	66,6	5170	0,091	0,406	2000	1000

(*) Secciónes incluidas en norma ENDESA / Seções incluídas na norma ENDESA
Tolerancia de fabricación en diámetro exterior -0 / +5% / Tolerancia de fabrico no diámetro exterior -0 / +5%
Capacidad y reactancia corresponden al valor del circuito monofásico equivalente. / A capacidade e reactância correspondem ao valor do circuito monofásico equivalente.
Radio de curvatura durante instalación = 30 x diámetro exterior. / Raio de curvatura durante a instalação = 30 x diámetro exterior.
Radio de curvatura en posición final = 15 x diámetro exterior. / Raio de curvatura após instalação = 15 x diámetro exterior.

8 PROTECCIÓN LÍNEA AÉREA: FUSIBLES CUTOUT

ABB Type ICX Fused Cutout

Interrupting capacity up to
16,000 Amperes Asymmetrical

Descriptive Bulletin
38-631

Description

The ABB ICX interchangeable cutout is designed for use on the overhead distribution system. It may be used to provide overcurrent protection and visible indication of fuse operation. ABB's ICX also provides a visible break sectionalizing point for maintenance personnel and functions as a loadbreak switch, when used in conjunction with a portable loadbreak tool.

Silicone rubber, Polymer concrete, Emission Control Device (ECD), Seacoast design, combination arrester and Autolink options are available on certain models.

Ratings

The ICX cutout is offered in four frame (and four BIL) sizes. Each of these frames accommodate fuseholders with various ratings. ICX ratings are 110 kV through 170 kV BIL.

Application

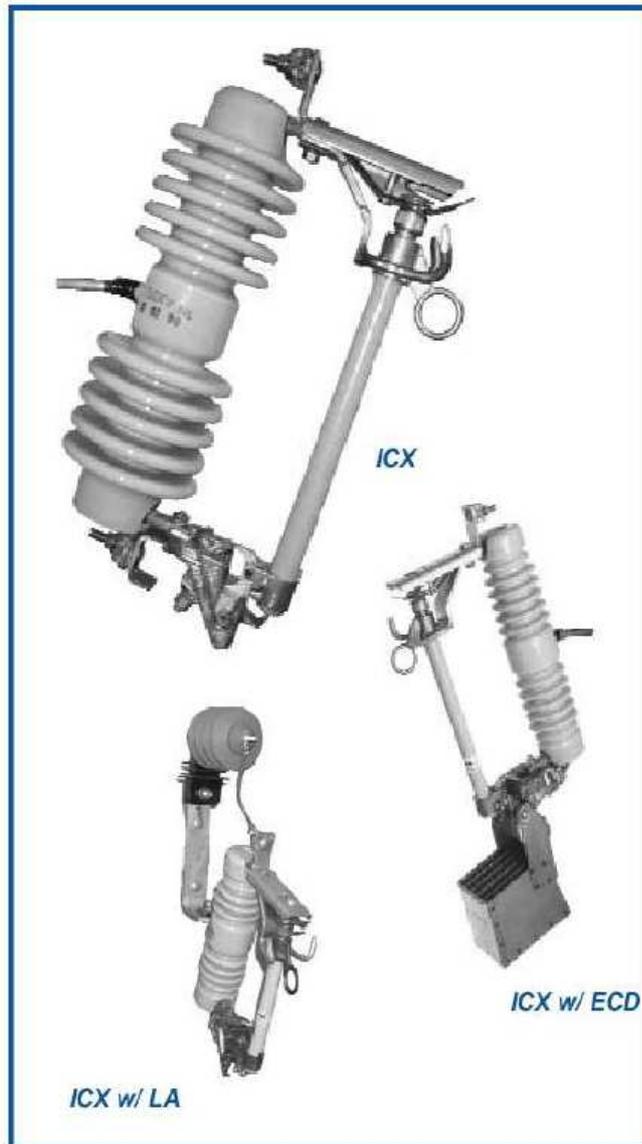
The ICX 100 A fuse is provided with a moisture proof (MP) tube as a standard offering. All ratings are accomplished by expelling gases during interruption from the bottom of the fuse tube. For the highest interrupting rating, a link extender rod is attached to the fuse tube cap, improving the efficiency of gas expulsion and arc interruption. Fuse tubes with more than one rating are clearly labeled to indicate each interrupting capability. This minimizes the number of styles that must be stocked, while providing the broadest range of application flexibility.

Interchangeability

The ICX cutout is designed to be electrically and mechanically interchangeable with the S&C type "XS", A.B. Chance type "C" and Cooper cutouts. Fuseholder caps are also interchangeable with the S&C design. Testing has confirmed the performance of the ICX fuseholder and fuse support with S&C and Chance.

Standards and Design Testing

The ICX cutout meets or exceeds all applicable requirements of EEL, NEMA SG-2-1986, and ANSI C37.41.1994 and C37.42-1989 standards.



ABB

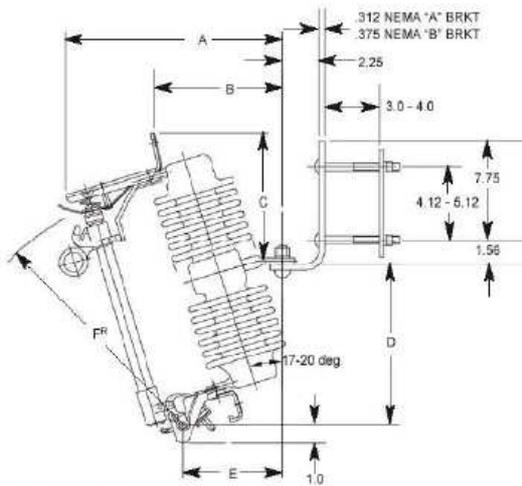
Descriptive Bulletin:
38-631

Silicone Rubber

Silicone rubber has been used for more than 25 years as an outdoor insulation material and has become the fastest growing choice for polymeric material for medium and high voltage outdoor insulation. Silicone was selected for its superior performance, durability, and insulation properties. Silicone has the unique ability to maintain its hydrophobicity and offers greater stability against heat and UV-radiation compared to other polymers. Silicone insulators are available in all ratings up to 150 kV BIL.

Polymer Concrete

ABB has been using Polymer Concrete for more than 10 years. It is available in the 110 kV BIL and 125 kV BIL ratings. Polymer Concrete provides a safe, shatter-proof design, with molded-in rods to prevent moisture penetration. Polymer concrete is cold weather friendly in that it resists damage from freeze/thaw cycles. This makes it an excellent replacement for porcelain in colder climates. It is a field-proven material that provides excellent electrical properties and dielectric strengths, as well as superior mechanical toughness.



Type ICX - Fused Cutout

kV	kV BIL	A	B	C	D	E	FR	Wt. (lbs)
15	110	12.79	7.33	6.50	8.55	6.60	11.41	14.00
27	125	13.30	7.84	8.17	10.25	6.08	14.88	20.00
27	150	13.30	7.84	8.17	10.25	6.08	14.88	26.50
27	170	13.96	8.51	10.42	13.00	5.27	19.21	35.50

ABB Inc.

406 Banner Avenue
Greensboro, NC 27401 U.S.A.

For sales & marketing contact your local representative or:

Tel: +1-336-275-7310

Fax: +1-336-275-1965

www.abb.com/mediumvoltage

Manufactured in Greensboro, NC U.S.A

Fuse Tube Construction

ABB Type ICX cutouts utilize two different types of fuse tubes: a moisture proof fuse tube or a high-strength glass fuse tube. The moisture proof fuse tube is standard on all 100 A designs, and is notated by the letter "M" in the 8th position of the style number. The moisture proof tube reduces swelling that can create problems with interruption. The 200 A design utilizes a high-strength glass fuse tube. This fuse tube is composed of a horn fiber liner surrounded by a glass filament wound outer shell. The durability of the tube is needed to withstand the rigors of high fault current interruptions. In addition, the tube is applied with electrostatic powder paint in order to provide protection against the effects of ultra-violet rays.

Single voltage rated cutouts can be applied on any single or three-phase system where the line-to-line voltage does not exceed the cutout rating. Dual voltage rated cutouts are suitable for application on single phase circuits having a maximum line-to-ground voltage not in excess of the value shown to the left of the diagonal line.

These cutouts may be used on three-phase circuits that are solidly grounded and the maximum line-to-line voltage does not exceed the value shown to the right of the diagonal line.

Each ICX cutout is equipped with hooks for use with a portable load-break tool. This allows the ICX to be used as a load break switch should there be the need to open the circuit with load current flowing.

Each frame size has fault interrupting ratings at more than one voltage level. An extensive testing program was performed in order to develop these multi-voltage capabilities. As a result of this program, the voltage rating of some ICX cutouts may be increased by changing the fuseholder.

Common ICX Ratings & Style Numbers

Voltage kV	BIL kV	Current		Interrupting RMS Asym	Style Number with NEMA Brkt.
		Cont. Amps	Interrupting RMS Asym		
15	110	100	10,000 ¹		X1NCANAM11
15	110	100	10,000		X1ZCANAM11*
15	110	100	16,000		X1NCBNLM11
7.8 ²	110	200	12,000 ²		X1NCBNPA21
15	110	300	Disconnect ³		X1NCANCA31
27 ⁴	125	100	8,000		X2NCBNAM12
27 ⁴	125	100	12,000 ⁴		X2NCBNMM12
15 ⁵	125	200	10,000		X2NCBNBA22
27	125	300	Disconnect ³		X2NCBNDA32
27 ⁴	150	100	8,000		X5NCBNAM12
27 ⁴	150	100	12,000 ⁴		X5NCBNMM12
15 ⁵	150	200	10,000		X5NCBNBA22
38	150	300	Disconnect ³		X5NCBNDA32
27 ⁴	170	100	12,000		X7NCBNRM14
38	170	300	Disconnect ³		X7NCBNEA33

¹ Passed 15 kV single shot rating of 10,000 Amperes RMS Asymmetrical

² Passed 7.8 kV single shot rating of 10,000 Amperes RMS Asymmetrical

³ Momentary rating of 12.5 kA passed with 9 kA for 15 cycles and 3780 A for 3 sec.

⁴ Passed 27 kV single shot rating of 16,000 Amperes RMS Asymmetrical and 7.8 kV 5-shot rating of 20,000 Amperes RMS Asymmetrical.

⁵ For application on systems where phase-to-phase voltage does not exceed design voltage or on grounded systems where phase-to-neutral voltage does not exceed design voltage.

⁶ May also be applied on 38 kV grounded systems at the same ratings.

* "Z" in the 5th position of the style number indicates Polymer Concrete.

DB38-631 Rev E December 2003



9 INTERRUPTOR – SECCIONADOR

CARACTERISTICAS GENERALES * CARACTERISTIQUES GENERALES * GENERAL DATA

El aparellaje se construye de acuerdo con las normas CEI 694, UNE-EN 60694. Esta norma es aplicable a todo el aparellaje, salvo especificación contraria en las normas CEI o UNE para el tipo de aparato considerado.

Condiciones normales de servicio:

- Temperatura ambiente al aire: $- 25^{\circ} < T_a < 40^{\circ}$ (°C)
- La altitud no debe exceder de 1.000 m.
Para condiciones diferentes consultar con Ibérica de Aparellajes.

L' appareillage est fabriqué selon la norme CEI 694. Cette norme s' applique à l'appareillage sauf spécification contraire dans les normes particulières de la CEI pour le type considéré d'appareillage.

Conditions normales de service:

- Température de l'air ambiant: $- 25^{\circ} < T_a < 40^{\circ}$ (°C).
- L'altitude n'exède, pas 1.000 m.
Pour toute condition spéciale de service, il y a lieu de consulter Ibérica de Aparellajes.

These electric equipments are constructed in accordance with IEC 694 standard. This standard applies to all equipments except as otherwise specified in the relevant IEC standard for the particular type of equipment.

Normal service conditions:

- *Air ambient temperature: $- 25^{\circ} < T_a < 40^{\circ}$ (°C).*
- *The altitude does not exceed 1.000 m.*
For any special service condition, Ibérica de Aparellajes shall be consulted.

TABLA I * TABLEAU I * TABLE I
CARACTERISTICAS ELECTRICAS * CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES * ELECTRICAL CHARACTERISTICS

TENSION ASIGNADA TENSION NOMINALE RATED VOLTAGE KV	TENSIONES DE ENSAYO TENSION DE TENUE WITHSTAND VOLTAGE				INTENSIDAD ASIGNADA COURANT NOMINAL RATED CURRENT A	INTENSIDAD ADMISIBLE DE C.C. COURANT DE CRETE PEAK CURRENT KA CRESTA	INTENSIDAD ADMISIBLE CORTA DURACION COURANT COURTE DUREE SHORT TIME CURRENT 1 seg. KA eff.
	MASA Y ENTRE POLOS A LA TERRE ET ENTRE POLES TO EARTH AND BETWEEN POLES		DISTANCIA SECCIONAMIENTO SUR LA DISTANCE DE SECTIONNEMENT ACROSS THE ISOLATING DISTANCE				
	AL CHOQUE AU CHOC IMPULSE 1,2/50 μ s. KV CRESTA	FREC. INDUST. FRECUE. INDUS. POWER-FREQU. 50 Hz. 1 min KV eff.	AL CHOQUE AU CHOC IMPULSE 1,2/50 μ s. KV CRESTA	FREC. INDUST. FREC. INDUS. POWER-FREQU. 50 Hz. 1 min. KV eff.			
7,2/12	75	28	85	32	400	25 31,5 40	10 12,5 16
17,5/24 R	95	38	110	45		630 800	40	16
24	125	50	145	60	1.250 1.600 2.000	62,5 80 100	25 31,5 40
36	170	70	195	80			

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS * CARACTERISTIQUES PHYSIQUES * PHYSICS CHARACTERISTICS

Constan de un bastidor de perfiles de acero indeformable, galvanizados por inmersión en caliente, sobre el cual se montan los aisladores en porcelana marrón y los ejes de maniobra galvanizados en caliente.

Estos últimos sobresalen por ambas partes del bastidor, con el fin de que la manivela de accionamiento pueda colocarse indistintamente a ambas partes del aparato.

Los contactos fijos o bornes sirven al mismo tiempo para realizar la conexión del aparato en el circuito donde se instale.

Las cuchillas son dobles por polo. De esta modo se asegura una mayor presión de contacto en caso de cortocircuito, debido a los esfuerzos electrodinámicos. Están unidas al eje mediante bieletas de porcelana.

Los aisladores utilizados en estos aparatos son de porcelana marrón tipo columna.

Se fabrican varias versiones que se diferencian en la línea de fuga a emplear en zonas de contaminación normal, media y fuertemente contaminadas o próximas al mar.

Los aparatos equipados con cuchillas de p.a.t., están provistos de un dispositivo de enclavamiento de impide cerrar las cuchillas principales, cuando las de tierra están conectadas o viceversa. Se especificará en el pedido donde deben colocarse las cuchillas de p.a.t., si en el de giro o en el de cierre de las cuchillas principales.

Ils comportent un châssis constitué de profils en acier indeformable, galvanisés à chaud par immersion. Sur ce châssis sont montés les isolateurs et l'axe de manoeuvre galvanisé à chaud. Ce dernier dépasse de part et d'autre afin que le pignône l'actionnement puisse s'accoupler sur l'une ou l'autre des extrémités.

Les contacts fixes ou bornes servent en même temps pour établir la connexion du appareil sur le circuit où il va être installé.

Les couperets sont doubles pour pôle et assurent ainsi une plus forte pression sur les contacts fixes en cas de court-circuit provoqué par les efforts électrodynamiques. Ils sont solidarisés à l'axe à l'aide d'isolateurs.

Les isolateurs utilisés sont en porcelaine marron à type colonne. Diverses versions son fabriquées, elles se différencient par la ligne de fuite, recommandées pour les ambiances à pollution normales, moyenne et zones proches de la mer ou subissant une forte pollution.

Les sectionneurs équipés de couperets de mise à la terre son munis d'un dispositif d'enclavement qui empêche la fermeture des couperets principaux quand les couperets de mise à la terre son branchés; et viceversa. Spécifier lors de la commande de quel côté doivent être placés les couperets de mise à la terre, c'est-à-dire du côté de rotation ou du côté de fermeture des couperets principaux.

They comprise a framework of welded angle pieces made from rigid, hot-dip galvanized steel. On this frame are mounted the insulators and the hot-dip operating shaft. The latter projecting from both ends of the frame so that the activating lever can be positioned on either of the two shaft extremities.

The fixed contacts or terminals serve to constitute the connection in the circuit where it is to be installed.

Double blades are provided per pole. In this way greater pressure is guaranteed on the fixed contacts in the event of a short circuit because of the electrodynamic forces.

The insulators are made of brown porcelain. Diverse versions are manufactured, which differ in the creepage distances, to be used in environments with normal, average pollution and zones close to the sea or in heavily polluted environments.

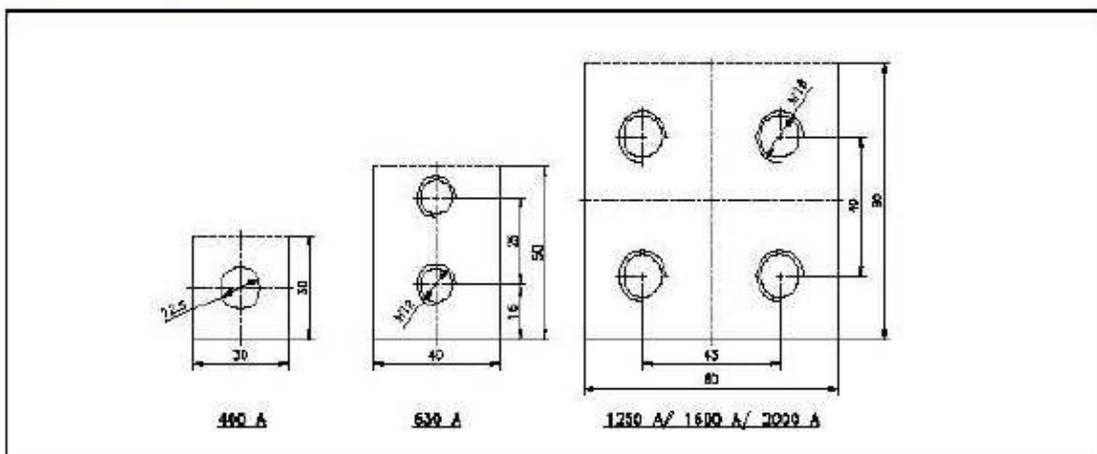
The units fitted with grounding blades are equipped with a locking device to prevent closure of the main blades while the grounding ones are closed; and viceversa.

When ordering, please specify on which side the grounding blades are to be located – on the rotating side or on that of main blade closure.

DETALLE BORNES PARA LA CONEXIÓN DE LOS TERMINALES DE LOS CONDUCTORES EXTERIORES

DETAIL DES BORNES POUR LA CONEXIÓN DES PLOTS

DETAIL OF CONNECTION TERMINALS

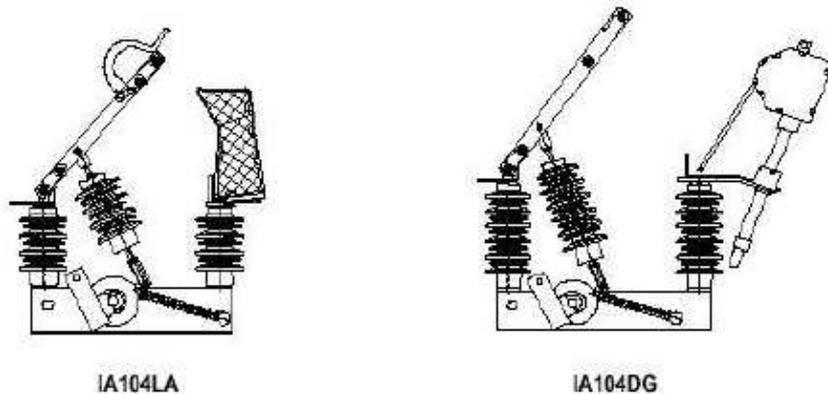


INTERRUPTOR SECCIONADOR CON PODER DE CORTE
INTERRUPTEUR AERIEN AVEC POUVOIR DE COUPURE
AERIAL SWITCH WITH BREAKING CAPACITY

Ref. IA-104 LA /IA104DG

Tensiones nominales * Tensions nominales * *Rated voltages: 12-24-36 KV.*
Intensidades nominales * Courants nominales * *Rated currents: 400/600 A.*

Normas de fabricación: UNE-EN 60694/CEI694, UNE-EN 60265/CEI 265.
 Normes de fabrication: CEI 694, CEI 265.
 Manufacturing standards: IEC 694, IEC 265.



Características generales* Caracteristiques generales* General characteristics.

- ?? **Con aisladores armaduras metálicas internas o externas.** *Avec isolateurs armatures métalliques externes et internes.* Insulators with external and internal metal fittings.
- ?? **Con y sin poder de cierre.** *Avec et sans pouvoir de fermeture.* With and without breaking capacity.
- ?? **Interruptor para montaje vertical u horizontal.** *Interrupteur montage vertical ou horizontal.* Switch vertical or horizontal mounting.
- ?? **Accionamiento mediante mando manual IA74 con tubo 1".** *Manoeuvre para commande manuelle IA74 avec tube 1".* Operation by means of manual device IA74 with tube 1".
- ?? **Valores de sobrecorriente: 630 A.** *Avec surcourant à 630 A.* With 630 A of temporary overcurrent.

Como realizar un pedido *How to order* Comment passer commande

IA104 ww xx yy zz *donde where où.*

ww: Normalmente aisladores porcelana armaduras metálicas internas.

Añadir A (12-24KV) o J (36KV) en referencia para aisladores armaduras metálicas externas.

Normalment isolateurs porcelain armatures métalliques internes. Ajouter A (12-24KV) ou J (36KV) a reference si armatures métalliques externes.

Normally porcelain insulators internal metal fittings. To add A (12-24KV) or J (36KV) in reference if insulators external metal fittings.

xx :

Tensión asignada <i>Tension nominale</i> Rated voltage	Poder de corte * <i>Pouvoir de coupure *</i> Breaking capacity *	xx
12 KV	400 A	LA
24 KV	400 A	LA
36 KV	200 A	LA
36 KV	400 A	DG

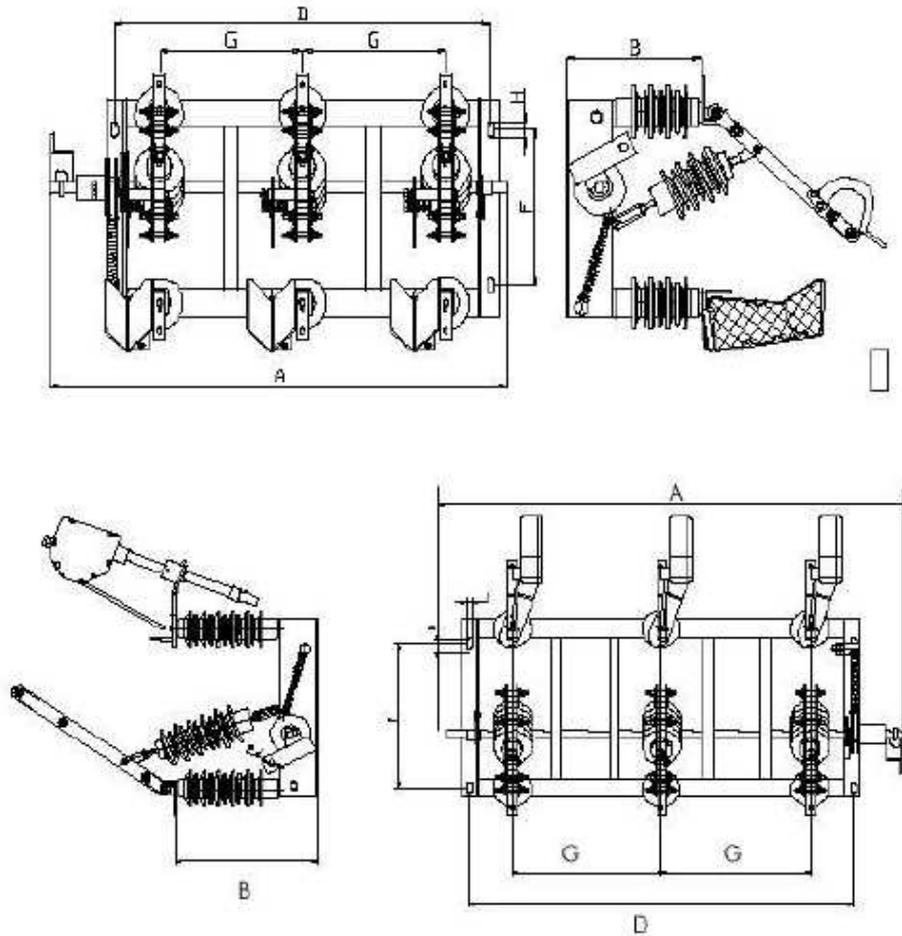
* **Otros poderes de corte bajo demanda** *Consulter autres pouvoirs de coupure* Other breaking capacities under request

yy: **Si poder de cierre (indicar) añadir SC** *avec pouvoir de coupure (indiquer) ajouter SC* With breaking capacity (to indicate) to add SC.

zz: **Indicar tensión e intensidad** *Indiquer tension et intensité* To indicate voltage and current

Características eléctricas: ver pagina 4 y 5.
Caracteristiques electriques: voir pag. 4 et 5.
Electrical characteristics: see pag. 4 and 5.

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES	CARACTERISTIQUES DIMENSIONALES	DIMENSIONAL CHARACTERISTICS
--	---	--



	A	B	D	G	F	H	Linea de fuga Ligne de fuite Creepage distance (mm)
IA104LA 12 kV	1125	325	920	350	350	35 x 16	440
IA104ALA 12 kV	1125	420	920	350	350	35 x 16	600
IA104LA 24 kV	1125	325	920	350	350	35 x 16	440
IA104ALA 24 kV	1125	420	920	350	350	35 x 16	600
IA104DG 36 kV	1385	415	1160	450	450	35 x 16	600
IA104JDG36 kV	1385	505	1160	450	450	35 x 16	900

**CARACTERÍSTICAS
ELECTRICAS**

**ELECTRICAL
CHARACTERISTICS**

**CARACTERISTIQUES
ELECTRIQUES**

TENSIÓN NOMINAL RATED VOLTAGE TENSION NOMINALE	NIVELES DE AISLAMIENTO INSULATION LEVELS NIVEAUX D'ISOLEMENT				INTENSIDAD NOMINAL RATED CURRENT COURANT NOMINALE	INTENSIDADES MÁXIMAS RATED MAXIMUM CURRENTS COURANTS MAXIMES		AISLADOR INSULATOR ISOLATEUR
	Tensión soportada a impulsos tipo rayo Rated impulse withstand voltage Tension de tenue aux ondes de choc		Tensión soportada a frecuencia industrial Power frequency withstand voltage Tension de tenue à fréquence industrielle			Intensidad admisible de corta duración 1 seg. Short time current 1 sec. Courant de courte durée admissible 1 sec.	Máxima intensidad admisible Peak short circuit current Valeur de crête de courant de court circuit	
	A tierra y entre polos To earth and between poles A la terre et entre pôles	Sobre la distancia de seccionamiento Across the isolating distance Sur la distance d'isolement	A tierra y entre polos To earth and between poles A la terre et entre pôles	Sobre la distancia de seccionamiento Across the isolating distance Sur la distance d'isolement				
kV	kV _{pk}	kV _{pk}	kV _{rms}	kV _{rms}	A	kA _{pk}	kA _{pk}	
17.5	95	110	38	45	800 1250	31.5	80	C4-95
24	125	145	50	60	800 1250	31.5	80	C4-125
36	170	195	70	80	800 1250	31.5	80	C4-170
52	250	290	95	110	800 1250	31.5	80	C4-250
72.5	325	375	140	160	800 1250	31.5	80	C4-325

* Bajo demanda otras intensidades. Under request other currents. Sur demande autres intensites

10 CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS



características eléctricas de las celdas SM6

■ Tensión asignada (Un) – aislamiento.

tensión asignada (kV)	7,2	12	24
50 Hz/1 mn aislamiento (kV)	20	28	50
seccionamiento	23	32	60
tipo rayo aislamiento (kV cresta)	60	75	125
seccionamiento	70	85	145

■ Tensión asignada (Un) – límite térmico (Ith) – intensidad asignada (In).

serie 12,5 (12,5 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
serie 16 (16 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
serie 20 (20 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
serie 25 (25 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	NO

(En las celdas de protección por fusibles tipo PM y QM, la intensidad asignada es de 200 A, ya que viene limitada por el calibre del fusible. Para armonizar nos referimos a la intensidad del interruptor.)

■ Valor de cresta de la intensidad de corta duración: $2,5 \times I_{th}$ (kA cresta).

■ Poder de corte (Pdc) máximo.

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, IMR GCSD, GCSI, GCMD, GCMI, NSM	400-630 A
PM, PMBD, PMBI	400-630 A (interruptor) 25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
QM, QMC, QMBD, QMBI	400-630 A (interruptor) 25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
DM1-C, DM1-D, DM1-I, DM1-W, DM1-A	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV
DM2	20 kA-12 kV / 16 kA-24 kV
CRM sin fusibles	10 kA-7,2 kV / 8 kA-12 kV
CRM con fusibles	25 kA-7,2 kV / 12,5 kA-12 kV
SM, SME	No tiene Pdc

Nota: el poder de corte que se indica para las celdas PM, QM, CRM es el propio del aparato de maniobra (interruptor o contactor). El poder de corte en caso de cortocircuito será el propio de los fusibles.

■ Poder de corte (Pdc) del interruptor SF6:

□ Pdc transformador en vacío: 16 A.

□ Pdc cables en vacío: 25 A.

■ Poder de cierre del interruptor SF6: $2,5 \times I_{th}$ (kA cresta).

■ Poder de cierre del seccionador SF6: no tiene.

■ Poder de cierre de los seccionadores de puesta a tierra (Spat) en kA cresta.

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, GCSD GCSI, GCMD, GCMI, NSM, IMR PM, QM, QMC	$2,5 \times I_{th}$ Spat superior: $2,5 \times I_{th}$ Spat inferior: 2,5 kA cresta
PMBD, PMBI, QMBD, QMBI	Spat superior: $2,5 \times I_{th}$ Spat inferior: NO LLEVA
DM1-C, DM1-W, DM1-A, CRM DM1-D, DM1-I, DM2	40 kA cresta / 50 kA cresta Spat superior sin poder de cierre
SM	NO TIENE poder de cierre
SME	NO LLEVA Spat
GAM	40 kA cresta / 50 KA cresta

■ Endurancias.

celas	endurancia mecánica	endurancia eléctrica
IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, IMR, GCSD, GCSI, GCMD, GCMI, NSM, PM, PMBD, PMBI	CEI 265, UNE 20104 1000 maniobras	CEI 265, UNE 20104 100 ciclos cierre-apertura a In cos φ = 0,7
QM, QMB, QMC	CEI 265, UNE 20104 1000 maniobras	CEI 265, UNE 20104 100 ciclos cierre-apertura a In cos φ = 0,7 CEI 420 (ensayo de intensidad de transición) 3 aperturas (cos φ = 0,2) a: 1730 A / 12 kV 1400 A / 24 kV
DM1-C, DM1-D, DM1-I, DM1-A, DM2, DM1-W	CEI 56, UNE 21081 10.000 maniobras	CEI 56, UNE 21081 40 cortes a Pdc asignado 10.000 cortes a In, cos φ = 0,7
CRM	CEI 56, UNE 21081 300.000 maniobras (R400) 30.000 maniobras (R400 D)	CEI 56, UNE 21081 300.000 ciclos cierre-apertura a 250 A 100.000 ciclos cierre-apertura a 320 A

Compatibilidad electromagnética:

■ Para los relés (VIP, SEPAM, permutadores): nivel 4 kV sobre la alimentación, según la recomendación CEI 801.4.

■ Para los compartimentos:

□ Campo eléctrico:

– 40 dB de atenuación a 100 MHz.

– 20 dB de atenuación a 200 MHz.

□ Campo magnético: 20 dB de atenuación por debajo de 30 MHz.

Temperaturas:

■ Almacenaje: de -40 °C a +70 °C.

■ Funcionamiento: de -5 °C a +40 °C.

■ Otras temperaturas, consultar.

Altitud:

■ Estas celdas están concebidas para funcionar a una altitud igual o inferior a 1000 m. Para otras altitudes se ruega consultar.

11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

- Transformadores de distribución según UNE 21428-1, UNE-EN 60076.
Distribution transformers according to CENELEC HD 428, IEC 60076 and UNE-EN 60076.

Potencia/Power	kVA	*25	50	100	160	250	400	630	*800	1.000	*1.250	*1.600	*2.000	*2.500	
Grupo de conexión/Vector group		Yzn11	Yzn11	Yzn11	Yzn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	
Hasta/Up to 24 kV	Pérdidas en vacío <i>No-load losses</i>	W	115	190	320	460	650	930	1.300	1.550	1.700	2.130	2.600	3.100	3.800
	Pérdidas en carga a 75°C <i>Load losses at 75°C</i>	W	700	1.100	1.750	2.350	3.250	4.600	6.500	8.100	10.500	13.500	17.000	20.200	26.500
	Tensión de cortocircuito <i>Short-circuit voltage</i>	%	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
	Corriente de vacío 100%v <i>No-load current 100%v</i>	%	4	3,5	2,5	2,3	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
	Corriente de vacío 110%v <i>No-load current 110%v</i>	%	8,5	7,5	6	5,5	5	4,8	4,5	4	3,6	3	2,5	2,4	2,3
	Potencia acústica <i>Acoustic level</i>	dB(A)	49	52	56	59	62	65	67	68	68	70	71	73	76
	Hasta/Up to 36 kV	Pérdidas en vacío <i>No-load losses</i>	W	160	230	380	520	780	1.120	1.450	1.700	2.000	2.360	2.800	3.300	4.100
Pérdidas en carga a 75°C <i>Load losses at 75°C</i>		W	800	1.250	1.950	2.550	3.500	4.900	6.650	8.500	10.500	13.500	17.000	20.200	26.500
Tensión de cortocircuito <i>Short-circuit voltage</i>		%	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	6	6	6	6	6
Corriente de vacío 100%v <i>No-load current 100%v</i>		%	5,2	3,8	3	2,5	2,4	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1
Corriente de vacío 110%v <i>No-load current 110%v</i>		%	15	10	8	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,6	2,5
Potencia acústica <i>Acoustic level</i>		dB(A)	52	52	56	59	62	65	67	68	68	70	71	73	76

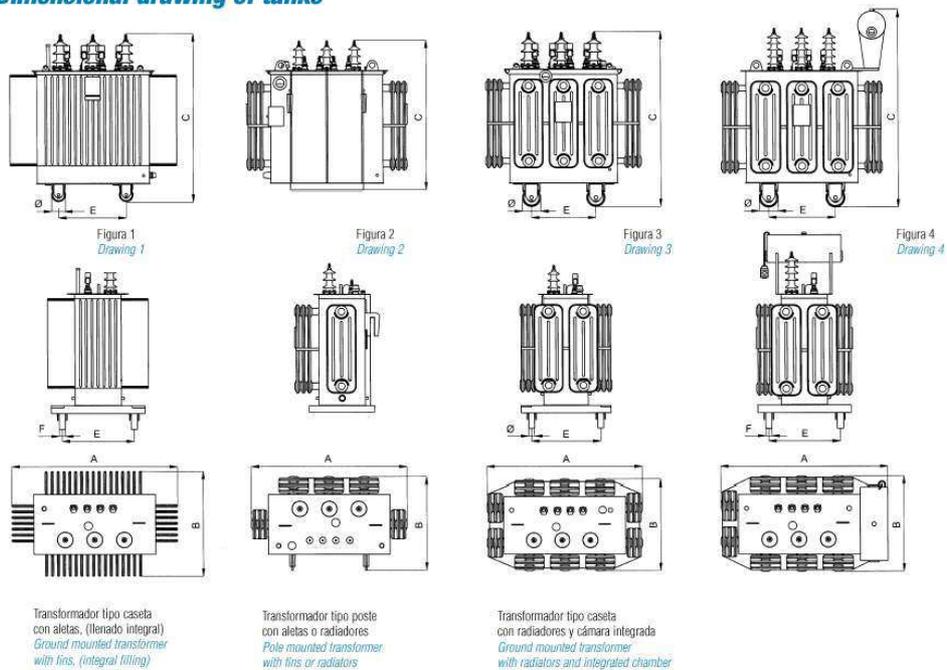
Las potencias marcadas con asteriscos (*) no están contempladas en la UNE 21428
Power rating marked with asterisk (*), are not included in the CENELEC HD 428.

- Transformadores de distribución en líquidos aislantes según UNE 21428-1, UNE-EN 60076 *Mineral oil distribution transformers according to CENELEC HD 428, IEC 60076 and UNE-EN 60076*

Potencia/Power	kVA	50	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500		
Distancia entre ejes <i>Wheels axis distance</i>	E	mm.	520	520	520	670	670	670	670	670	820	820	1.070		
Ancho de rueda <i>Wheel width</i>	F	mm.	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70		
Diámetro de rueda <i>Wheel diameter</i>	Ø	mm.	125	125	125	125	125	125	125	200	200	200	200		
Hasta/Up to 24 kV	Longitud <i>Length</i>	(A)	mm.	1.110	1.100	1.200	1.300	1.620	1.790	1.830	1.990	2.350	2.350	2.650	2.780
	Ancho <i>Width</i>	(B)	mm.	740	740	830	910	1.020	1.140	1.170	1.190	1.500	1.500	1.750	1.950
	Altura <i>Height</i>	(C)	mm.	1.520	1.520	1.570	1.680	1.750	1.870	1.940	2.080	2.240	2.240	2.600	2.600
	Peso <i>Weight</i>	kg.	790	790	1.050	1.400	1.750	2.400	2.900	3.400	3.600	4.500	4.700	5.000	
Hasta/Up to 36 kV	Longitud <i>Length</i>	(A)	mm.	1.100	1.100	1.300	1.350	1.670	1.850	1.930	2.050	2.270	2.450	2.640	2.850
	Ancho <i>Width</i>	(B)	mm.	780	780	850	980	1.050	1.170	1.200	1.200	1.480	1.550	1.810	1.980
	Altura <i>Height</i>	(C)	mm.	1.650	1.650	1.770	1.820	1.900	2.000	2.060	2.190	2.250	2.380	2.530	2.710
	Peso <i>Weight</i>	kg.	950	950	1.200	1.600	2.000	2.700	3.250	3.800	4.100	4.750	4.800	5.500	

Las dimensiones del transformador de 50 kVA son válidas para el transformador de 25 kVA.
 Las potencias marcadas con asteriscos (*) no están contempladas en la UNE 21428.
 Los pesos y dimensiones dados en el cuadro anterior equivalen a valores máximos.
 Dimensions of 50 kVA transformer are valid for 25 kVA transformer.
 Power rating marked with asterisk (*), are not included in the CENELEC HD 428.
 The weights and dimensions are maximum values.

Planos de cubas
Dimensional drawing of tanks



BIBLIOGRAFÍA



INDICE

- **Cálculo de líneas eléctricas de Alta Tensión (Julián Moreno Clemente)**
- **Sistemas Eólicos de producción de energía eléctrica. (J. L. Rodríguez Amenedo, J. C. Burgos Díaz, S- Arnalte Gómez.)**
- **Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta Tensión – LAT**
- **Normas Técnicas de construcción y montaje de las instalaciones eléctricas de distribución (Compañía suministradora Endesa Sevillana Electricidad)**
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión – RBT**
- **Documentación asignatura Generación Eléctrica Mediante Energías Renovables (impartida por mi tutor de proyecto, Luís Miguel Fernández Ramírez)**
- **Portal Web: www.windpower.org**

